SISTEMA DE EDIFICACIÓN DE VIVIENDAS CON ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN ARMADO

Otto Santiago Caballero Vinueza[1], Ing. Julio Rodríguez Ríos[2]

[1]Ingeniero Civil 2004
[2]Director de Tesis, Ingeniero Civil, Universidad Católica Santiago de Guayaquil, 1976, Diplomado en Manejo de Utilitarios Informáticos bajo Windows, 2000-2001, Profesor de la ESPOL desde Noviembre de 1990.

RESUMEN

La elaboración de esta tesis tiene por objetivo, dar a conocer en mayores proporciones las ventajas de la Prefabricación en la Ingeniería Civil.

El modelo de la vivienda que se presenta en esta tesis, no es el único que existe, se puede diseñar una infinidad de variedades, desde una vivienda de dos niveles hasta un edificio de varios pisos de altura. Los elementos prefabricados serán construidos con hormigón armado, que es el material más común en nuestro medio.

El diseño de paneles y de la estructura de la vivienda, se basó en las consideraciones que establece el Reglamento para las Construcciones de Concreto Estructural del ACI 318-99.

Al final se hará una comparación a los costos de construcción de los dos métodos, comprobando así que la prefabricación puede ser una de las soluciones a los problemas habitacionales que tiene nuestro país.

INTRODUCCIÓN

Los métodos convencionales han constituido uno de los principales sistemas constructivos, son la forma tradicional de construcción en cualquier obra.

En nuestro país la Prefabricación de Elementos de Hormigón Armado para Viviendas, no ha sido desarrollada en toda su magnitud, existen compañías que han empezado a introducirse en este campo, pero desarrollando viviendas de un tipo sencillo y con limitaciones para posteriores proyecciones.

Ante el desarrollo de nuevas técnicas de construcción, y la importancia de mejoras habitacionales en el Ecuador, es necesario crear un sistema de edificación que cumpla con las exigencias constructivas y que permita reducir el alto déficit habitacional existente en el país.

El sistema de construcción mecanizada debe cumplir con los siguientes objetivos:

- Reducir el tiempo de edificación de una obra.

- Obtener el mejor rendimiento de los materiales, mano de obra y equipos, con una planificación, de la producción y del montaje de los elementos.

CONTENIDO

Desarrollo Habitacional

Las estadísticas demográficas realizadas en nuestro país evidencian el aumento de la población en los grandes centros urbanos dando lugar a la existencia de un gran déficit de viviendas, problema que se ha generalizado en los países desarrollados y subdesarrollados.

Ante un déficit habitacional del país que asciende a 1'200.000 viviendas y crece anualmente a 60.000 viviendas, entre las que faltan y no reúnen las características para vivir con dignidad, se considera que acceder a una vivienda completamente terminada es un lujo inalcanzable que ante la falta de recursos suficientes y al bajo financiamiento proporcionado por el Estado, hacen que la construcción no sea aprovechada en su totalidad.

Soluciones Habitacionales

Constituyéndose el Sistema de Edificación de Viviendas con Elementos Prefabricados de Hormigón Armado, la mejor alternativa constructiva, que permitirá dar soluciones habitacionales gracias a las ventajas que presenta como lo son:

- ✓ Máximo rendimiento y avance de obra.
- ✓ Economía de materiales (cemento, agregados, aditivos, hierro).
- ✓ Economía en los encofrados.
- ✓ Economía en la mano de obra.
- ✓ Continuidad del proceso.

Prefabricación de Viviendas de Hormigón Armado

El concepto de la prefabricación industrializada está conformado con la idea de moldear las piezas o módulos de hormigón armado fuera de obra y luego ser montadas en la edificación a construir.

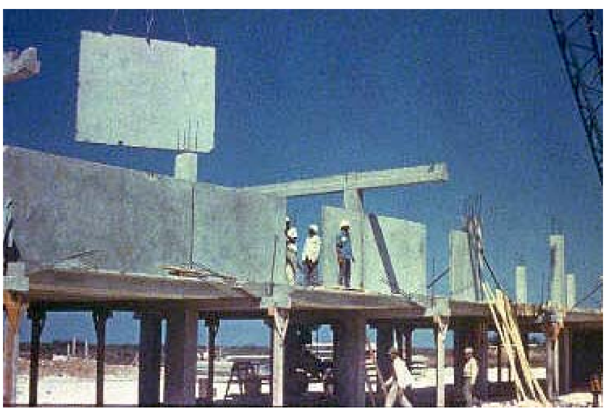

Fig. 1. Montaje de un Edificio Prefabricado

<u>Fábrica para la Producción de Viviendas</u>

Las fábricas se pueden clasificar de diferente orden:
- ✓ De acuerdo a su producción.
- ✓ Sistema de comercialización de productos.
- ✓ Fábricas fijas y móviles.
- ✓ Por su capacidad.
- ✓ Dimensiones.
- ✓ Instalaciones.
- ✓ Organización.

<u>Fabricación en Cadena</u>.- La mecanización en una fabricación en cadena; agrupa algunas tareas con el fin de que los trabajos en las distintas fases de producción tengan tiempos iguales.

Las fases de producción se las puede distinguir de esta manera:
1. Preparación del Elemento a prefabricar.
2. Preparación del Hormigón.
3. Colocación de la Armadura.
4. Vertido del Hormigón.
5. Acabado.

Se pueden distinguir también dos tipos de fabricación en cadena, según los encofrados, estos pueden ser:
- ✓ Encofrados Horizontales.
- ✓ Encofrados Verticales.

<u>Preparación del Hormigón Armado</u>.- Los hormigones utilizados en la prefabricación deben tener 3 características principales:
- ✓ Tener una buena trabajabilidad.
- ✓ Consistencia blanda.
- ✓ Alcanzar tempranamente altas resistencias.

Tabla 1

Tablas de Dosificación para distintas Mezclas de Hormigón.

Resistencia Especificada f'c 28 días		Dosificación kg/m^3 de hormigón				Densidad del Hormigón
(MPa)	(kg/cm^2)	Agua Total	Cemento Rocafuerte IP	Piedra Homogenizada	Arena Homogenizada	(kg/m^3)
17.6	180	245	275	850	845	2215
20.6	210	246	294	875	805	2220
27.5	280	248	347	915	720	2230
29.4	300	249	375	935	676	2235
34.3	350	250	410	950	630	2240

<u>Desencofrado</u>.- El proceso del desencofrado es un paso importante en la industria de la prefabricación en el que intervienen muchos factores como son los económicos; ya que un rápido desencofrado permite tener mayor rendimiento de los encofrados, al reducir los costos de mano de obra y evitar los tiempos muertos por el retraso en la elaboración del siguiente elemento. El elemento de hormigón puede ser desencofrado cuando este haya alcanzado como mínimo el 50 % de la resistencia característica a los 28 días; ésta resistencia puede darse en un lapso de 15 a 20 horas después del vaciado del hormigón, siempre que la mezcla haya sido dosificada correctamente para obtener las altas resistencias requeridas tempranamente.

<u>Almacenado</u>.- Después de la fabricación del elemento es necesario almacenarlo debido a la siguiente razón:

- ✓ El elemento de hormigón al ser desencofrado solamente tiene una parte de su resistencia total, por lo que es preciso almacenar el producto hasta que este alcance su resistencia nominal y pueda ser montado en obra.

Es aconsejable almacenar los elementos en la misma posición que se colocarán en obra. Entonces los elementos fabricados, que se utilizarán como pared es recomendable almacenarlos verticalmente; un segundo consejo consiste en apilar elementos iguales en tamaño y peso.

<u>Montaje</u>.- La etapa final de la prefabricación de elementos de hormigón armado es el montaje, en esta parte se debe escoger una maquinaria adecuada para este tipo de trabajo y que este acorde al costo del proceso.
Las maquinarias más utilizadas para el montaje de elementos de hormigón son:

- ✓ Autogrúas.
- ✓ Grúas Torre sobre carriles.
- ✓ Grúas Pórtico sobre neumáticos.

Siendo la primera opción, la más empleada para este tipo de construcción.

<u>Características de la Vivienda a Prefabricar</u>

Proyecto: Sistema de Edificación de Viviendas con Elementos Prefabricados de Hormigón Armado.

Ubicación:

Área de Terreno:	240.00 m^2.
Área de Construcción:	245.10 m^2.

Acabados:

Paredes:	Interiores enlucidas y empastadas.
Puertas:	De Laurel.
Ventanas:	De aluminio, vidrios color bronce.
Cubierta:	Estructura Metálica.
Inst. Eléctrica:	Empotrada de 110 v. y 220 v.
Inst. Sanitaria:	Empotrada con tubería de P.V.C.
Pisos:	Recubiertos con cerámica.
Otros:	Baños y mesones de cocina recubiertos de cerámica.

Elementos Componentes de la Vivienda

Para una mejor comprensión se ha identificado a cada panel con un código, esta identificación es indispensable durante la fabricación y el montaje de los paneles. Por ejemplo:

PV 4300	P:	Panel
	V:	Ventana (Panel con hueco para ventana)
	4300:	Longitud expresada en mm.

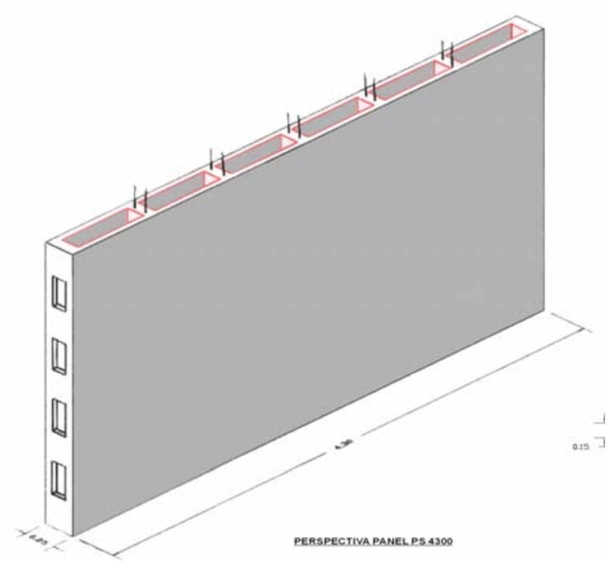

Fig. 2. Paneles Tipo. Panel PS4300

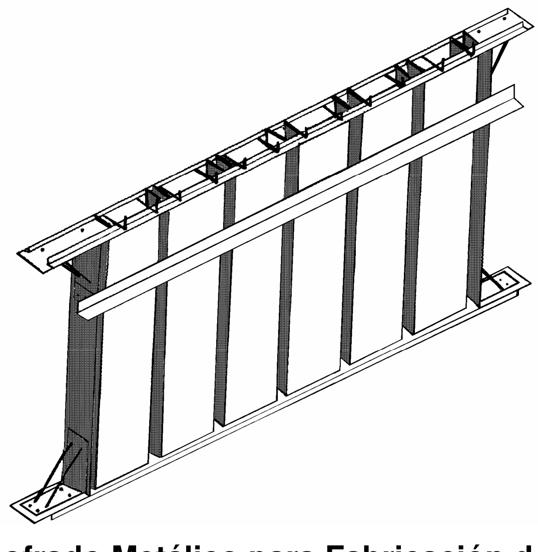

Fig. 3. Encofrado Metálico para Fabricación del Panel

Análisis Estructural de la Vivienda

Para el análisis estructural de la vivienda, se utilizó el Reglamento para las construcciones de concreto estructural ACI 318-99. Se utilizó un Análisis Sísmico Estático en la Vivienda, tal como lo indica el código, en estructuras de 2 niveles.

Las combinaciones de carga que se emplean para el análisis estructural son las que dispone el Reglamento para las Construcciones de Concreto Estructural (ACI 318-99), estas combinaciones fueron introducidas en el programa de análisis estructural SAP2000, el que permite ver todos los esfuerzos que se producen en la estructura de la vivienda, así como el comportamiento de la estructura frente a un sismo. Con los resultados obtenidos del SAP2000, se procede a realizar el diseño de la estructura de la vivienda, así como sus componentes.

Construcción y Montaje de la Vivienda

Subestructura: Cimentación

Para realizar una cimentación adecuada, en la cual se pueda edificar una vivienda con este tipo de construcción, se deben realizar los siguientes ensayos de laboratorio, para obtener los parámetros correspondientes a partir de los cuales se pueda diseñar la cimentación correcta.

Los ensayos que se realizarán son:

- ✓ Límites de Atterberg.
- ✓ Análisis Granulométrico.
- ✓ Resistencia a la Compresión Simple.
- ✓ Consolidación.
- ✓ Ensayo de Compresión Triaxial.

Realizando todos estos ensayos y comprobando sus resultados, se procede al trazado del terreno y la ubicación precisa de las zapatas. La excavación para las zapatas, se las realiza una vez que se ha alineado correctamente el terreno.

La preparación del terreno, se encuentra lista, entonces se procede al armado de las zapatas, el armado parcial de las columnas se las realiza también, debido a que forman parte del alineamiento y sostenimiento del panel que se va a montar.

Ahora se procede a encofrar las zapatas de la manera tradicional, en la armadura que se va a disponer para la zapata es necesario, que se dejen varillas con longitudes de 20 cm. verticalmente, estas varillas deben ser colocadas de manera correcta con el fin de que encajen verticalmente dentro de las cajonetas de los paneles. Las varillas que forman parte de la columna deben tener una longitud de 50 cm. y también deben estar alineadas correctamente, para poder empatarlas con la columna que viene suspendida en el panel, mediante soldadura; se prepara el hormigón y se vierte sobre el cimbrado de las zapatas.

Superestructura: Armado Total

Completada la fase de cimentación, inmediatamente son montados los paneles de la vivienda. El procedimiento se inicia en el enganche e izado de los paneles desde el remolque o cualquier medio que los haya transportado.

Montaje de Paneles en Planta Baja.

En la zapata de la cimentación deben quedar expuestas varillas que servirán para el encastramiento de los paneles, de igual manera en el lugar donde irán ubicadas las columnas las varillas deberán estar bien alineadas para luego ser soldadas y unidas con la estructura de la columna que viene suspendida en el panel.

Una vez que el panel se encuentre alineado y en su posición final, o sea, totalmente vertical, se procede a apuntalarlo, para realizar este trabajo en el panel se deja insertado un tubo en su espesor, este dispositivo sirve de enganche con el puntal.

Obtenida la verticalidad y un seguro apuntalamiento del panel se procede a llenar con mezcla las cajonetas hasta la altura en que se encuentra la varilla de encastramiento del panel, esto significa, que la cajoneta será llenada 20 cm. con hormigón, El llenado de estas cajonetas se las realiza solamente en las cajonetas que no tengan en su interior ningún tipo de instalación eléctrica o sanitaria. En cuanto, a las cajonetas que servirán de columnas se las llena totalmente hasta la altura del panel, con hormigón de alta resistencia, manteniendo siempre la verticalidad de la estructura de la columna.

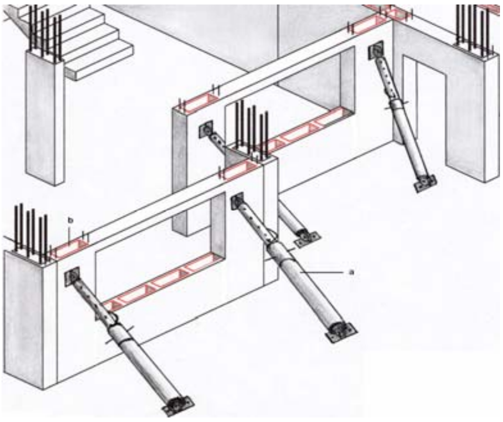

Fig. 4. Montaje de Paneles Planta Baja

<u>Montaje de Losas.</u>

El montaje de las losas debe realizarse una vez que los paneles portantes estén completamente rígidos, el elemento puede ser soltado, sin necesidad de que la unión con los demás paneles este completa. Pero, es recomendable que la unión sea hecha lo más pronto posible. La orientación del montaje de una losa, debe ser dirigido por un ingeniero, y tratar de evitar que los obreros circulen por debajo o se coloquen encima de los paneles, por el peligro que representa manipular una pieza de gran tamaño.

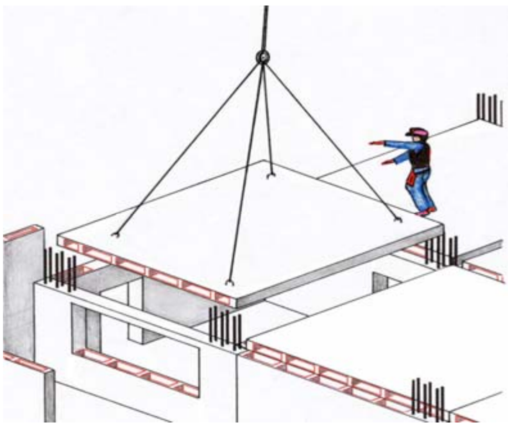

Fig. 5. Montaje de Losas

El montaje de los paneles superiores es un proceso similar a los paneles inferiores, los paneles serán encastrados de igual manera que los paneles inferiores, para el empalme de la estructura de las columnas se realiza el mismo procedimiento, los paneles superiores también tienen cajuelas en sus costados para recibir mezcla fina y adherirlos a los siguientes elementos.

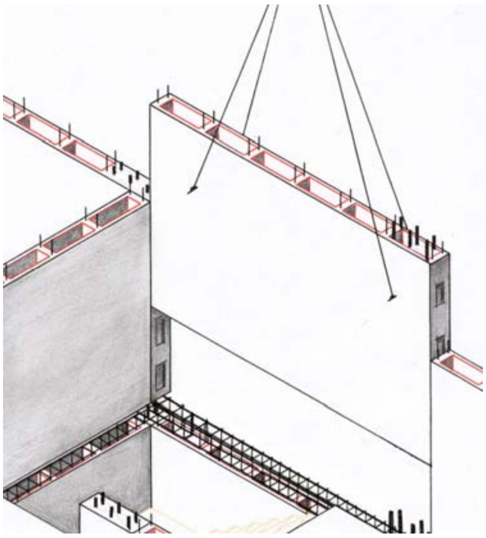

Fig.6. Montaje Paneles Superiores

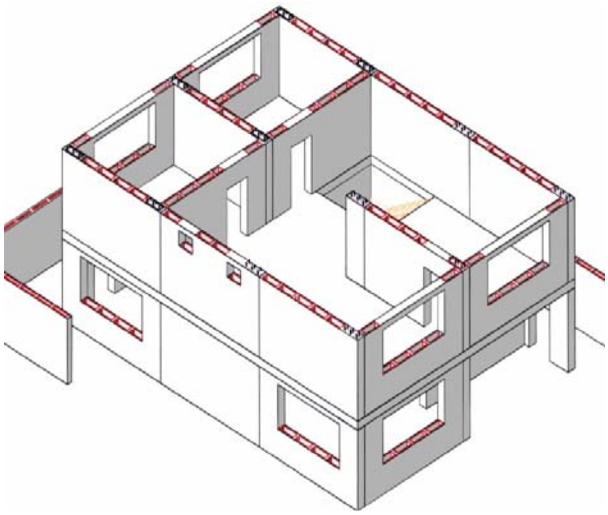

Fig. 7. Distribución Final de los Paneles

Todos estos equipos serán detallados a continuación:

- ✓ Grúas de 20 Ton.
- ✓ Cables de acero para levantamiento de paneles.
- ✓ Puntales de Sección Tubular con tuerca extensible y de longitud variable.
- ✓ Regletas y juego de niveles, para la alineación de los paneles.
- ✓ Andamios para el hormigonado exterior de las juntas.
- ✓ Máquinas de Soldar de 250 Amp. para unión de varillas en las vigas de amarre y en la estructura de cubierta.
- ✓ Encofrados metálicos tradicionales para la fundición de las vigas.
- ✓ Instrumentos de albañilería para trabajos secundarios y remates de obra.

Costos y Programación

El precio unitario de una vivienda, esta compuesto por:

- ✓ Costo Directo.
- ✓ Costo Indirecto.
- ✓ Utilidad.
- ✓ Otros Costos.

Los principales rubros a ser tomados en consideración en este proyecto son la elaboración y montaje de los paneles prefabricados, así como el costo del hormigón, zapatas y demás componentes estructurales de una vivienda; porque de ahí parte la comparación con los costos de una vivienda edificada de la manera convencional.

Los costos unitarios compuestos por los rubros de cubiertas, recubrimientos de pisos, cerámica, pintura y tumbado, no son representativos debido a que son costos establecidos que no pueden ser comparados con la prefabricación.

De los análisis de precios unitarios que se obtuvo, el costo de un panel tipo PS4300 es de $\$ 115.62 / m^3$, y del panel de losa PL4150 es de $\$126.18 / m^3$; se escogen estos valores por ser los paneles más complejos y más grandes de fabricar.

Al hacer un resumen con los volúmenes de hormigón armado que necesita la vivienda prefabricada en sus paneles y al compararlos con la mampostería de las viviendas de construcción tradicional, obtengo una diferencia significativa de $ 10,129.28; lo que significa la gran ventaja económica que representa la prefabricación de una vivienda.

Para conocer o estimar el avance de construcción de una obra, es necesario realizar un diagrama de Gant, en el cual se pueda visualizar las respectivas listas de tarea, los plazos en que se deben cumplir dichas tareas; y la de prever y prevenir numerosos problemas.

El diagrama de Gant que se utiliza en este trabajo, determina el tiempo de construcción de tres viviendas, tomando en cuenta que el tiempo de manipulación de los elementos prefabricados es de 20 minutos por cada pieza.

La edificación de las tres viviendas es realizada por una sola cuadrilla de trabajadores. Esto quiere decir que si se tienen 5 cuadrillas de obreros, en el lapso de 4 semanas, se tendrían 30 viviendas listas para ser habitadas, lo que significaría, una vivienda por día, una cifra aceptable para un país que no ha explotado en gran magnitud las ventajas de las edificaciones prefabricadas.

CONCLUSIONES

Los sistemas de edificación de viviendas prefabricadas son muy variados, y abarcan un amplio campo dentro de la construcción.

En las edificaciones prefabricadas es importante conocer la acción de una fuerza sísmica, por eso, se cálculo el cortante basal y las fuerzas que actuaban en los pórticos de la vivienda. Por lo general en una vivienda de dos niveles, las fuerzas sísmicas no son de mayor consideración, como las fuerzas que ocurren en edificios de varios niveles.

Para el diseño estructural de la vivienda se tomaron en cuenta todas las consideraciones que establece el Reglamento para las Construcciones de Concreto Estructural ACI 318-99, y se empleo el programa SAP2000, con el cual se obtuvieron los valores de cortantes y momentos, una vez obtenidos estos valores se procedió al diseño de todos los elementos.

Una vez diseñado y explicado los procedimientos de montaje de los paneles prefabricados de hormigón armado, se puede concluir de acuerdo al análisis de precios unitarios y al costo final de la vivienda, que el sistema de construcción por elementos prefabricados, resulta más económico que construir de la manera tradicional, principalmente en lo que se refiere a la superestructura de una vivienda.

REFERENCIAS

1. Otto S. Caballero Vinueza, “ Sistema de Edificación de Viviendas con Elementos Prefabricados de Hormigón Armado “ (Tesis, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2004)
2. Arthur H. Nilson, Diseño de Estructuras de Concreto, 1999.
3. Joseph E. Bowles, Foundation Analysis and Design, 1968.
4. J. A. Fdez. Ordoñez, Prefabricación. Teoría y Práctica. 1973.
5. Instituto Mexicano del Cemento y Concreto, Reglamento para las construcciones de concreto estructural y Comentarios, 1999.
6. Cámara de la Construcción de Guayaquil, Publicación Técnica Construcción y Desarrollo, Junio 2003.
7. Rodríguez Ríos Julio, Memorias de Cálculo.
8. Editores Técnicos Asociados, Prefabricación e Industrialización en la Construcción de Edificios., 1968.
9. Miguel Payá Peinado, Prefabricados de Hormigón, 1981.
10. Cabezas Armijos Flor Elizabeth, Tesis de grado, 1994.