

Guías Comparativas para Seleccionar Método de Construcción Tradicional vs. Prefabricado

*Ivis A. Olmo Valle
Ingeniería Civil
Carlos J. González Miranda Ph.D
Departamento de Ingeniería Civil
Universidad Politécnica de Puerto Rico*

Resumen — *Este artículo está basado en la comparación de dos métodos de construcción: el tradicional (fundido in situ) y el método de hormigón prefabricado, además se incluye una revisión literaria abarcadora acerca de las ventajas y desventajas entre ambos métodos. Se pretende poner en perspectiva los parámetros más importantes a la hora de tomar la decisión de que método de construcción es más apropiado para la construcción dependiendo del posible uso de la obra (comercial, institucional o industrial). Se utilizarán como parámetros: tiempo de construcción y el costo total de construcción.*

Términos Claves — *Construcción Industrializada, Método Prefabricados, Método Tradicional (Fundido in situ), Uso Prospectivo.*

INTRODUCCIÓN

La optimización de procesos es esencial para el uso eficiente de los recursos. La merma en el mercado de la construcción en los últimos años obliga a este sector a incrementar su productividad, por lo tanto necesitan utilizar menos recursos, para lograr la misma producción sin sacrificar la calidad. El uso eficiente de los recursos le permite a las empresas minimizar los costos por lo tanto maximizan las ganancias, lo que le permitirá a este sector prevalecer durante la merma. Ante la necesidad de minimizar el uso de recursos la construcción industrializada se abre paso.

Se conoce como construcción industrializada al sistema constructivo basado en el diseño de producción mecanizado de componentes y subsistemas elaborados en serie que, tras una fase de montaje, conforman todo o una parte de un edificio o construcción [1]. Uno de los elementos más conocidos y utilizados de la construcción industrializada es el hormigón prefabricado.

El hormigón prefabricado es un método industrial, basado en el moldeo de piezas, y elementos de diferentes dimensiones y tipos, según su destino. El mismo optimiza las condiciones de producción, ya que hace posible disminuir los días de ejecución y aumenta la calidad del material. Otra ventaja significativa es que al disminuir la variabilidad en el método de construcción y montaje disminuye las posibles fuentes de error.

Por otro lado el fundido en situ, representa la técnica tradicional de construcción de los pasados años. Mediante esta técnica el hormigón se deposita en el lugar en el que se requiere para endurecer como parte de la estructura [2]. Su mayor ventaja es la versatilidad de construcción, no se restringe a una forma o tamaño, en particular. Las desventajas de esta técnica en comparación con el hormigón prefabricado son muchas. Entre estas se encuentran la fluctuación en gastos debido a errores cometidos por la mano de obra (defectos de ejecución), se ve mucho más afectado por las condiciones climatológicas, y la calidad de la pieza fundida in situ depende de un sinnúmero de variantes, como la vibración, calidad de hormigón y los empleados que están llevando a cabo la operación.

Hoy por hoy en la mayoría de las obras se construye de forma tradicional y, aunque desde el punto de vista técnico todo está resuelto para adoptar el prefabricado, el costo inicial en muchos casos no resulta competitivo como la construcción tradicional. El abaratamiento de este método de construcción llegara de la mano con el aumento de la compra del mismo, por el alza en exigencias y rigurosidad en los reglamentos de construcción. Esto debido a que el método tradicional no puede afrontar la creciente demanda en calidad. Por esto es necesaria una mayor industrialización de los

procesos de construcción los cuales incluyen un alza en la racionalización, mecanización y automatización de los sistemas y técnicas de construcción.

En Puerto Rico, la utilización del hormigón prefabricado puede representar un gran avance en la industria de la construcción. Ya que la climatología tropical de la Isla afecta grandemente los periodos de construcción, atrasando por días y en muchos casos hasta por semanas los calendarios de trabajo. Esto ocurre de forma más grave durante la temporada de huracanes, donde las obras se encuentran a merced de los cambios climáticos. Por otro lado nos encontramos situados en un área susceptible a terremotos y las construcciones tradicionales pueden sufrir desde fracturas hasta colapsos debido a terremotos. Las construcciones prefabricadas no están exentas de este tipo de daños, pero debido a su resistencia a presión por compresión son más resistentes a las vibraciones.

Descripción

Este artículo está basado en la comparación de dos métodos de construcción: el tradicional (fundido in situ) y el método de hormigón prefabricado, además se incluye una revisión literaria abarcadora acerca de las ventajas y desventajas entre ambos métodos. Se pretende poner en perspectiva los parámetros más importantes a la hora de tomar la decisión de que método de construcción es más apropiado para la construcción dependiendo del posible uso de la obra (comercial, institucional o industrial). Se utilizarán como parámetros: tiempo de construcción, el costo total y las necesidades del cliente (basado en los ingresos futuros de la obra). Finalmente se harán recomendaciones en base a las diferentes variables de la obra y su uso, creando de esta manera un marco de referencia. Se utilizará la data de proyectos que solicitaron financiamiento a bancos locales para construir estructuras para fines comerciales, institucionales e industriales ya sea el edificio principal o de estructuras adicionales a las existentes

Objetivos

Este artículo proveerá asistencia a la hora de seleccionar el método de construcción de edificaciones (tradicionales o prefabricadas) para usos comerciales utilizando como elementos principales para el análisis el costo, el tiempo y las necesidades del cliente. Para este análisis se asumirá como el ingreso que el cliente pretende generar luego de que la estructura esté finalizado.

REVISIÓN LITERARIA

La industria de la construcción es conocida por su baja productividad, debido a que los proyectos de construcción son dependientes del rendimiento de sus equipos y de sus trabajadores para conseguir buenos resultados. Tradicionalmente los proyectos son dependientes en su mayoría de la mano de obra. Esto es un problema dado que la productividad del proyecto se ve afectada directamente, por los accidentes, las ausencias y los errores del personal. Las tres situaciones descritas anteriormente son generalmente las causantes de la inflación de los costos de un proyecto.

Día por día más empresas de construcción están compitiendo para mejorar la administración de los lugares de construcción e incrementar la productividad. Por productividad debemos entender la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla. Estos recursos productivos, incluyen el factor trabajo, capital y otros gastos como la tierra, energía, materias primas e, incluso, la información. Una productividad mayor significa la obtención de más resultados con la misma cantidad de recursos, o el logro de una mayor productividad en volumen y calidad con el mismo costo.

Para mejorar la productividad en preciso estandarizar los métodos de construcción. Al convertir la construcción en un proceso repetitivo, se minimiza la variabilidad. Por lo tanto los errores se disminuyen y la calidad se mantiene. Dentro de la estandarización es necesario incluir el uso de tecnología, para abaratar costos y eliminar la

variabilidad. Esta variabilidad es introducida mayormente por el factor humano en el proyecto.

Respondiendo a la necesidad de la estandarización de la construcción, el hormigón prefabricado se ha establecido como una de las opciones más aceptada en el mercado constructivo [3]. Las ventajas y desventajas de este método sobre el tradicional se discutirán a continuación:

Ventajas

A continuación se presentan algunas de las ventajas del hormigón prefabricado.

- **Fase de diseño:** el hormigón prefabricado favorece la previsión, anticipación y adaptación a las situaciones posteriores en la obra.
- **Control de costos y plazos:** Estas construcciones permiten mejorar los tiempos de obra con una reducción de gastos fijos; control eficiente de relación horas/hombre.
- **Exhaustivo control de calidad:** La producción en instalaciones especializadas por personal experto permite un control de calidad intenso, garantizando el cumplimiento de requisitos proyectuales y/o legales [2]. Generalmente se utiliza un Sistema de Calidad certificado bajo la norma ISO 9001:2000 para el control de procesos, maquinaria, instalaciones, equipos y trazabilidad de los prefabricados. La producción en fábrica, permite estandarizar los procesos, especializar y cualificar la mano de obra, aumentando los estándares de calidad y seguridad.
- **Rapidez de ejecución y montaje:** Esta tecnología permite disminuir los plazos de ejecución ya que se eliminan los tiempos en blanco entre las distintas tareas de obra. Todos los trabajos responden a una metodología de trabajo paso a paso, enlazando una tarea a la siguiente o sea se agiliza el ritmo de obra por la producción de elementos en serie.
- **Durabilidad:** Debido a las técnicas modernas de producción y al uso de programas informáticos en el diseño y fabricación, se consiguen unas tolerancias dimensionales muy

bajas y las propiedades mecánicas están totalmente garantizadas. Además, la baja relación agua/cemento utilizada en la fabricación de los hormigones empleados y la optimización de los métodos de compactación y curado confieren a los elementos prefabricados de hormigón unas excelentes propiedades en acabados, resistencia y durabilidad en comparación con otras formas de construcción tradicional.

- **Resistencia al fuego.** La excelente respuesta del hormigón ante el fuego, con valores RF de hasta 240, evita la ignifugarían obligada en otros materiales reduciendo el coste de construcción y aumentando la seguridad de las instalaciones. Utilizando el prefabricado de hormigón, el cliente se beneficia con un menor coste en seguros de incendios y una mayor tasación bancaria.
- **Seguridad en obra:** El prefabricado de hormigón permite realizarse fuera de la obra y en instalaciones controladas. Además, el estudio previo de todas las piezas y procesos permite una reducción de los riesgos y una mayor efectividad de las medidas de protección colectiva e individual.
- **Reducción de trabajo:** El personal en la industria de prefabricados son obreros con mayor especialización y calificación que las brigadas de trabajos de construcción “in situ” [1]. Eso deriva en una reducción significativa de los accidentes laborales de los trabajadores.
- **Medio ambiente:** El proceso productivo industrializado y controlado tiene como consecuencia el mayor aprovechamiento de las materias y de las energías empleadas ya que permite optimizar las dimensiones de las piezas, mejorar la resistencia al fuego sin tratamientos químicos, reduciendo tanto los costos como el impacto ambiental. Por otro lado, se ha demostrado que la masa térmica del hormigón contribuye a una mayor eficiencia energética reduciendo el consumo y el costo en climatización.

Desventajas

A continuación se presentan algunas de las ventajas del hormigón prefabricado.

- **Flexibilidad en el diseño o problemática modular:** En una construcción industrializada es complejo utilizar componentes de diferentes proveedores debido a la incompatibilidad entre las distintas marcas comerciales [4].
- **Inversión inicial:** Para desarrollar una obra con prefabricados la inversión inicial es significativamente mayor que el de una construcción tradicional, cuyo principal “modus operandi” es la subcontratación de los servicios.
- **Montajes:** Debe disponerse de equipos pesados para el montaje de elementos estructurales y tener el espacio suficiente para maniobrar con esta maquinaria.
- **Manipulación y transporte:** El recogido, manipulación y forma de transporte puede afectar a las piezas si estas operaciones no son efectuadas por personal capacitado.

METODOLOGÍA

La data utilizada fue en base a proyectos que solicitaron financiamiento a bancos locales para construir estructuras para fines comerciales, institucionales e industriales ya sea el edificio principal o estructuras adicionales a las existentes y cuyo método de construcción ya estuviera definido.

Se clasificó la data de las tres categorías principales para este análisis:

- Estructura para fines comerciales
- Estructura para fines institucionales
- Estructura para fines industriales

Se evaluaron los documentos sometidos por los dueños.

- Estimados de costos de construcción de contratistas locales
- Estudios ambientales
- Permisos

- Características físicas de los diseños propuestos.
- Altura de la estructura o número de pisos
- Uso propuesto
- Particiones si alguna

Se realizó una revisión literaria de las ventajas y desventajas de ambos métodos y se evaluó el impacto en costo y tiempo en proyectos propuestos para construcción en Puerto Rico.

Se realizó una comparación entre el costo por pie cuadrado de construcción por ambos métodos.

Se realizó un flujograma en el que se muestran las tareas necesarias para desarrollar un proyecto dependiendo el tipo de construcción seleccionada.

Se desarrolló un itinerario de construcción en el cual se le asigna tiempo de ejecución para las actividades con el fin de determinar el tiempo total de construcción hasta las fachadas de acuerdo al método de construcción seleccionado.

Finalmente, se analizaron los resultados obtenidos y se procedió a desarrollar una lista de cotejo para asistir a los contratistas y dueños a la hora de decidir con cual método de construcción desean ejecutar la obra.

ANÁLISIS DE DATOS

Los datos de cada proyecto se segregaron de acuerdo a su uso prospectivo: comercial, institucional o industrial. Además, se clasificaron de acuerdo al método de construcción: tradicional (vertido in-situ) o prefabricado, previamente seleccionado. En adición, se muestran datos como el costo total de construcción, área de construcción y el costo por pie cuadrado de construcción. En la Tabla 1 se muestran los datos utilizados para el análisis.

Tabla 1
Datos Utilizados Para el Análisis

Proyecto	Método construcción	Área Construcción (pie ²)	Costo de Construcción	Costo por pie ²
Comercial	Tradicional	10,250	\$ 1738,746.45	\$ 169.63
Comercial	Prefabricado	3,196	\$ 974,997.00	\$ 305.07
Institucional	Tradicional	27,424	\$ 2212,000.00	\$ 80.66
Institucional	Prefabricado	32,000	\$ 10935,855.69	\$ 341.75
Industrial	Tradicional	22,512	\$ 968,365.96	\$ 43.02
Industrial	Prefabricado	50,400	\$ 3831,287.00	\$ 76.02

La información que se desprende de la revisión literaria y los análisis de los datos serán discutidos en la sección de resultados. Esta información fue utilizada para preparar una lista de cotejo que ayude a los dueños a seleccionar el método de construcción que más se ajuste a sus necesidades y a las de su proyecto.

Luego de analizar la data de cada proyecto se procedió a hacer una representación gráfica de la comparación de ambos métodos de construcción utilizados para construir estructuras con características similares. En la Figura 1 se muestra una representación gráfica de la comparación del costo por pie cuadrado según el tipo de construcción seleccionado.

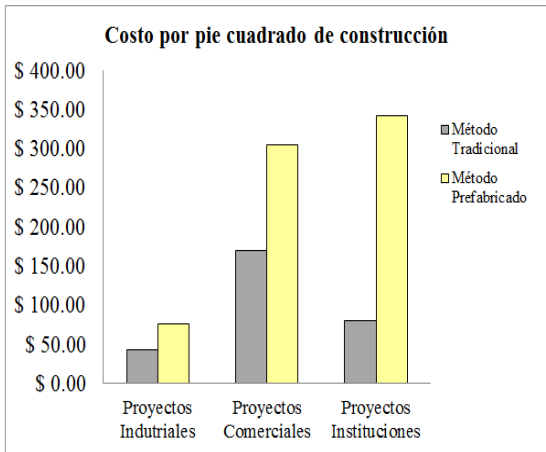


Figura 1
Costo por Pie Cuadrado

Una vez analizado el impacto en el costo de cada método de construcción se procedió a hacer un análisis de las tareas requeridas para cada uno de los métodos. Para ello se desarrollaron dos diagramas que presentan el orden de ejecución de las tareas. A través, de estos diagramas de distribución de tareas se pretende mostrar las similitudes y diferencias de ambos métodos. La Figura 2 muestra la distribución y el orden de las tareas necesarias para ejecutar un proyecto de construcción por el método prefabricado y la Figura 3 muestra la distribución y el orden de las tareas necesarias para ejecutar un proyecto de construcción por el método tradicional (fundido in situ)

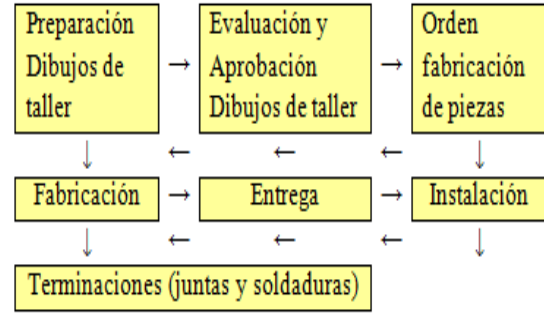


Figura 2
Tareas Método Prefabricado

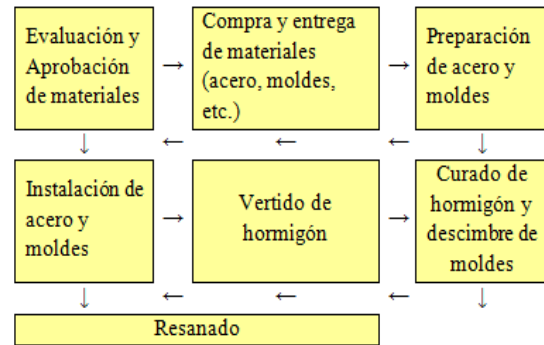


Figura 3
Tareas Método Tradicional

Luego de desglosadas las tareas requeridas. Se procedió a desarrollar una estructura típica con el fin de determinar el tiempo de ejecución de una obra dependiendo del método de construcción utilizado.

La estructura utilizada para este análisis tiene una longitud de 50 pies de ancho y 100 pies de largo y consta de 10,000 pies cuadrados de construcción divididos en dos niveles. La Tabla 2 muestra los datos adicionales de la estructura que se utilizó para desarrollar los itinerarios de construcción por ambos métodos.

Tabla 2
Datos de la Estructura Analizada

Elementos Estructurales	Cantidad	Dimensiones (B,A,H)
Columnas	15	2', 2', 25'
Vigas	44	2', 1.5', 25'
Paredes	24	8'', 25'', 12'
Losas	3	4.5''

La Figura 4 muestra el itinerario de construcción utilizando el método prefabricado.

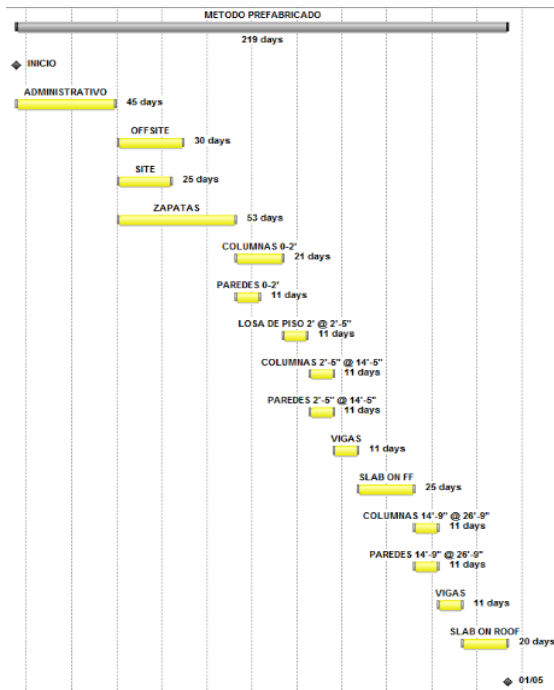


Figura 4
Itinerario Método Prefabricado

La Figura 5 muestra el itinerario de construcción utilizando el método tradicional.

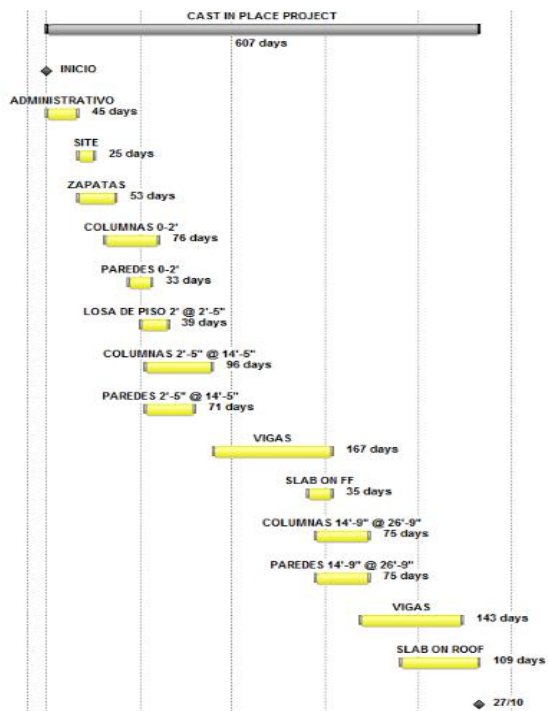


Figura 5
Itinerario Método Tradicional

Resultados

El costo por pie cuadrado de construcción de proyectos construidos por el método prefabricado fue mayor en hasta un 44% en proyectos industriales, 45% en proyectos comerciales y 77% en proyectos institucionales.

El tiempo de construcción de la fachada fue de 607 días por el método tradicional mientras que por el método prefabricado fue de 219 días lo que representa una diferencia de un 64% en el tiempo de construcción. Para este análisis se utilizó una estructura estándar descrita anteriormente.

De acuerdo a la evaluación de los datos utilizados para este análisis, los proyectos realizados por el método prefabricado son estructuras que se requieren en un periodo determinado de tiempo con el fin de comenzar operaciones ya sea por el dueño o porque ya existe un contrato de arrendamiento. En conclusión una vez la estructura esté lista para usar la misma va a generarle ingresos al dueño. Por otra parte los proyectos realizados por el método tradicional se refieren a proyectos que de igual manera le generen ingresos al dueño pero a menor escala, siendo propiedades mayormente utilizadas por sus dueños donde el tiempo no es un factor por el cual estén dispuestos a hacer una inversión mayor. Sin embargo se mostraron un tanto desinformados a la hora de cuestionarle porque habían escogido el método de construcción.

CONCLUSIÓN

Los proyectos construidos por el método prefabricado son más costosos que los construidos por el método tradicional sin importar su uso propuesto. Sin embargo, los proyectos construidos por el método prefabricado se ejecutan en un tiempo menor. En Puerto Rico, el uso de prefabricados se ha limitado a compañías multinacionales que repiten su diseño en varios pueblos de la isla, pero a través de este informe se le pretende dar la herramienta a comerciantes locales para determinar si el método prefabricado le conviene para su proyecto particular. Es por esto

que se desarrolló la siguiente lista de cotejo que les ofrece a estas personas la herramienta para evaluar y seleccionar el método de construcción que más se ajusta a sus necesidades.

Lista de Cotejo

Elementos para determinar el método de construcción

- ¿Altura mínima de la estructura?
 - Menor de 20 pies (Método Tradicional)
 - Mayor de 20 pies (Método Prefabricado)
- ¿Forma de la estructura?
 - Rectangular (Método Prefabricado)
 - Arqueada (Método Tradicional)
- ¿Desea construir estructuras similares en otros lugares?
 - No (Método Tradicional)
 - Si (Método Prefabricado)
- ¿El tamaño del predio de trabajo es adecuado para la accesibilidad para grúas?
 - Limitado (Método Tradicional)
 - Adecuado (Método Prefabricado)
- ¿Es para usted importante el control de desperdicios?
 - No (Método Tradicional)
 - Si (Método Prefabricado)
- ¿Está dispuesto a hacer una inversión inicial mayor con tal de que el proyecto esté finalizado en un tiempo menor?
 - No (Método Tradicional)
 - Si (Método Prefabricado)
- ¿Espera recibir ingresos significativos una vez culminado el proyecto?
 - No (Método Tradicional)
 - Si (Método Prefabricado)

REFERENCIAS

- [1] Pérez, C. E. (s.f.). “Evolución de los sistemas de construcción industrializado a base de elementos prefabricados de hormigón”. Departamento de Resistencia de Materiales y Estructuras a la Ingeniería. Vol 60, 510; págs. 35 / 51. Julio / sept. 2008.
- [2] Gómez Muñoz, D., Tutores: Aguado de Cea, A. y Fernández Lillo, C. “Estudio comparativo entre distintas metodologías de industrialización de la construcción de

viviendas”. Departamento de Ingeniería de la Construcción (UPC). Barcelona, Junio 2008.

- [3] Solas, A. “Armadura de cosido ente hormigones prefabricados y ejecutados in situ”. Pontificia Universidad Católica de Chile. Informes de la Construcción, Vol. 39 n.º 394, marzo/abril, 1998.
- [4] Salas, J. “De los sistemas de prefabricación cerrada a la industrialización sutil de la edificación: algunas claves del cambio tecnológico”. Informes de la construcción, Vol. 60, 512, 19-34. Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (CSIC). Octubre-Noviembre 2008.