

**1er. CONGRESO DE  
ADMINISTRACIÓN Y  
TECNOLOGÍA PARA LA  
ARQUITECTURA, DISEÑO E  
INGENIERÍA**

**14**



**ESTUDIO DE LAS TAREAS  
ELEMENTALES EN LOS  
PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN  
DE VIVIENDA MASIVA.**

**Ing. Josué Gerardo Pech Pérez  
Ing. Verónica D. Elorriaga**

GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN ADMINISTRACIÓN PARA EL DISEÑO

## **ESTUDIO DE LAS TAREAS ELEMENTALES EN LOS PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MASIVA.**

**Ing. Josué Gerardo Pech Pérez  
Ing. Verónica D. Elorriagas**

### **ABSTRACT**

El estudio de la productividad de la mano de obra en la industria de la construcción es uno de los temas que están llamando la atención tanto de las empresas constructoras como de los investigadores del área. En la facultad de Ingeniería de la Universidad autónoma de Yucatán se han llevado a cabo varias investigaciones sobre el tema en fechas recientes, en el área de la construcción de vivienda de interés social. Los estudios realizados indican una baja productividad en la mayoría de las tareas que se observaron y se identificaron algunos de los factores que pueden estar influyendo en ella.

Este trabajo plantea la aplicación de la metodología del estudio de campo para analizar la ejecución en el campo del proceso constructivo que realizan los trabajadores, observando cada una de las tareas elementales que componen los procesos de 5 de las actividades más importantes en la construcción de viviendas de interés social en la ciudad de Mérida, Yucatán, con el objetivo de contar con mediciones que nos indiquen la influencia de cada una de las tareas elementales sobre la productividad de los procesos constructivos seleccionados.

Se presentarán los resultados parciales que se han obtenido hasta la fecha.

# ESTUDIO DE LAS TAREAS ELEMENTALES EN LOS PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA MASIVA.

Ing. Josué Gerardo Pech Pérez  
Ing. Verónica D. Elorriagas

## ANTECEDENTES

El costo, la duración y la calidad de un proyecto son los tres principales indicadores para medir la forma en que se lleva a cabo el desarrollo del mismo. La reducción del costo del proyecto conservando en un mismo nivel los otros dos, es una de las preocupaciones constantes de las empresas constructoras y está directamente relacionado con el mejoramiento de la productividad, que en su acepción más común se entiende como la obtención de una mayor producción sin un aumento en el consumo de recursos.

En un estudio sobre la productividad en la construcción de viviendas de interés social en la ciudad de Mérida, realizado por Salinas<sup>1</sup> se mencionan algunos factores que afectan directamente al rendimiento de la obra en general como son: condiciones climáticas, costumbres del lugar, interrupciones del trabajo por falta de materiales, tiempos perdidos por acarreos de material, falta de un buen plan de trabajo para disponer en tiempo y cantidad apropiada los recursos para la construcción, entre otros.

En otro estudio, realizado por Corona<sup>2</sup>, se establece que existen varios factores, además del método constructivo y el control de materiales, que impactan en la calidad y en la productividad de la mano de obra. En el estudio se menciona que el 25% de la pérdida de productividad se debe a problemas relacionados con una mala coordinación en el flujo

1 Salinas, C., "Estudio de tiempos y movimientos en la construcción de viviendas de interés social", Tesis inédita, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, México, 1995

2 Corona, G., "Cambio de método y de control de materiales en la construcción en serie de viviendas de interés social y su impacto en la calidad", Tesis inédita, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, México, 1999.

de los materiales, falta de disponibilidad de herramientas, tiempos de traslado excesivos, y falta de supervisión en el inicio y terminación de las labores de los trabajadores. Los resultados del estudio muestran que el porcentaje de trabajo directo, esto es, el trabajo realmente efectivo, es muy bajo en los conceptos que se estudiaron, por ejemplo: 37.85% para el muro de block de concreto, 5.49% para los castillos de concreto reforzado, 12.50% para los cerramiento de concreto reforzado y 20.14% en el armado de la losa de azotea.

En un estudio realizado por Arcudia, Solís y Baeza<sup>3</sup> sobre los factores que afectan la productividad, se concluye que la productividad puede ser mejorada si se adoptan medidas que traten de disminuir el absentismo y propiciar las estabilidad en el empleo y, por otro lado, mejorar las capacidades de la mano de obra por medio de la capacitación para el trabajo que desarrollan, puesto que para el mismo trabajo, se observaron diferencias significativas en el desempeño de los distintos grupos. También concluyen que el aprendizaje de las habilidades parece ser fácil y que podría darse dentro de la misma obra.

Existen muchas alternativas disponibles para mejorar la productividad, entre ellos sin duda se encuentra el factor humano. A los trabajadores no se les debería no se les debería posicionar en un segundo plano si se quieren afrontar de manera seria los problemas de calidad y productividad<sup>4</sup>. Sin embargo, enfocarse en la mano de obra no es la única solución disponible, puesto que existen otras herramientas que pueden contribuir al mejoramiento de la productividad, como las siguientes:

- Mejorar los esquemas de trabajo, el flujo de trabajo o el manejo de materiales.
- Entrenamiento para efectuar una eficiente supervisión.
- Simplificación del trabajo.
- Rediseño de sistemas de trabajo.
- Estudios sobre actitudes de trabajo.
- Planes de incentivos.
- Programas de sugerencias.
- Programas de reducción de costos.

3 Arcudia, C., Solís, R. y Baeza, J. "Determinación de los factores que afectan la productividad de la mano de obra de la construcción", Ingeniería Revista Académica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, Vol. 8, No. 2, p.145-154.

4 Otis, I., "Productivity... What's in a Word", Viewpoing, p. 210, Spring 1980.

Para mejorar la productividad los analistas o administradores deben examinar las operaciones actuales y las prácticas administrativas actuales, para decidir de qué manera se puede mejorar toda función en el futuro. Pero, en primer lugar los administradores deben ser capaces de medir la productividad. Además deben entender cómo usar los recursos para desempeñar diferentes actividades que contribuyan a superar la productividad actual.

Un método para lograr lo anterior se conoce como el análisis de operaciones que se define como: "El estudio de una operación o un conjunto de operaciones donde se involucran personas, equipos, maquinaria, materiales y un proceso determinado, con el propósito de investigar la efectividad de una actividad en específico o de un grupo de ellas, en las que se pueden tomar acciones para mejorar su ejecución, el cual podrá incrementar la productividad, reducir los costos, mejorar la calidad, reducir los riesgos de accidentes y alcanzar los objetivos de la empresa."<sup>5</sup>

Para poder identificar aquellos factores, características, plazos y deficiencias en el desempeño actual de la empresa, es necesario determinar de una manera más precisa el rendimiento y la productividad de las diversas actividades que se realizan en la construcción. Para lograrlo es necesario identificar las actividades que se desarrollan; analizar la ejecución de cada una de las actividades en: tiempo, proceso y utilización de recursos; determinar el proceso de trabajo; causas de retrasos, existencia de desperdicios; y existencia de tiempos improductivos entre otros factores.

Antes de tomar cualquier acción de cambio, es esencial que el estado actual de la empresa sea conocido. En la medida en que sean sugeridas y evaluadas cualquier tipo de mejoras, éstas deben usarse como base para la comparación de estados. Sin este punto de referencia inicial, no hay un camino preciso que determine si los cambios propuestos realmente causarán un incremento en la productividad.<sup>6</sup>

#### **OBJETIVO GENERAL:**

Determinar el impacto que las tareas elementales tienen sobre la productividad de cinco de las actividades más importantes del proceso constructivo de una vivienda de interés

<sup>5</sup> Laurence, S. Aft., "Productivity Measurement & Improvement", 2nd. Edition, Prentice Hall, Georgia, 1992, p. 26.

<sup>6</sup> Hamlin, "Productivity Improvement: An Organized Effort", Proceedings of the AIIE Annual Spring Conference, 1978.

social típica en esta región, de manera que se puedan hacer propuestas de mejoras en los procesos de producción en campo para lograr un aumento en la productividad actual.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Seleccionar las actividades del proceso constructivo que se estudiarán
- Obtener el flujo de trabajo que actualmente siguen los obreros en la ejecución de las actividades seleccionadas, identificando las tareas elementales que se desarrollan durante la ejecución de la actividad.
- Obtener el tiempo ejecución promedio en que se realizan cada una de las tareas elementales identificadas y la productividad actual.
- Proponer cambios a los flujos actuales de trabajo buscando mejorar la productividad
- Calcular una productividad teórica considerando los ajustes realizados en el proceso y compararla contra la productividad que actualmente se tiene.

#### **METODOLOGÍA**

El alcance de este trabajo fue de tipo exploratorio no experimental y buscó describir y evaluar cuáles son, cómo se ejecutan, qué impacto tienen, qué características presentan y qué factores afectan a la ejecución efectiva de las tareas elementales que conforman los procesos en la construcción.

Se recogió información de manera independiente de las cinco actividades seleccionadas. La información recolectada incluyó tiempos de ejecución, tiempos efectivos, tiempos de esperas, causas de retrasos y demás factores relevantes para esta investigación, que sirvieran como base para indicar qué tareas son las más determinantes para lograr un aumento de productividad en la mano de obra de una empresa constructora en la región. El tipo de muestra fue no probabilística de estudio de caso, analizando el desempeño de la mano de obra en cuanto a tiempos de trabajo efectivos se refiere, en una construcción de vivienda masiva que se estaba ejecutando en la región.

Para la realización del estudio, en primer lugar se seleccionó una obra que estaba en la etapa de inicio de la construcción en campo, con facilidades para el acceso a la misma y se contactó con la empresa responsable para obtener información sobre el presupuesto de construcción y

el permiso para realizar las observaciones. Con el presupuesto detallado del costo de la mano de obra por actividades, se procedió a seleccionar las actividades que tuvieran el mayor costo dentro del presupuesto. Estas actividades resultaron ser las siguientes:

1. Muro de bloques huecos de concreto de 15x20x40 cm.
2. Cimiento de mampostería de piedra 30 cm de espesor.
3. Losa de vigueta pretensada tipo 12-3 y bovedilla de concreto de 15x25x56 cm colada con concreto  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ .
4. Calcreto en azotea con mortero cemento-cal-polvo-grava 1:18:27:36 para impermeabilizar y dar pendientes.
5. Firme de concreto  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$  de 5 cm de espesor

La metodología para el estudio se basó en el "Análisis de Proceso" de las cinco actividades seleccionadas. El análisis de procesos se puede definir como la descripción y el análisis del proceso completo de trabajo, con el objetivo de encontrar y eliminar los tres grandes problemas de toda industria (desperdicios, irracionalidad, e inconsistencia) en o entre cada uno de los pasos a seguir para completar el proceso completo de trabajo, identificando en cada punto las necesidades de mejoras.

Así, el análisis de procesos se enfoca al flujo global del trabajo en cuestión para encontrar los puntos donde es posible mejorar dicho flujo. Para llevar a cabo este método es preciso tener en cuenta que se debe realizar una observación continua de aquellas tareas que requieren ser mejoradas. El análisis de procesos consiste en lo siguiente:

- Estudiar detalladamente el flujo del proceso identificando las tareas elementales que se distinguen en cada uno de los procesos.
- Hacer mediciones sobre el tiempo de ejecución de las tareas elementales y de la productividad del proceso completo
- Encontrar en qué parte del flujo del proceso existen desperdicios
- Considerar qué parte del proceso puede ser reestructurado en una secuencia más eficiente
- Identificar qué parte del proceso se lleva a cabo de una manera fluida y eficiente, y donde se presentan problemas de equipo, herramientas o de transporte.
- Identificar qué tarea o tareas de todas las que se estén llevando a cabo en todo el proceso son realmente necesarias y qué ocurriría si las actividades superfluas son removidas.

- Calcular una productividad teórica considerando los flujos después de la reestructuración del proceso de las actividades.

El estudio de procesos de las cinco actividades seleccionadas se realizó en cada caso observado tres viviendas diferentes con 3 cuadrillas distintas para cada proceso.

Antes de comenzar la recopilación de datos en campo, desde gabinete se prepararon una serie de herramientas necesarias para este estudio, entre las cuales se pueden mencionar el equipo de grabación, el trípode, las cintas para las grabaciones, las tablas donde se fueron asentando todos aquellos datos de campo que se consideraron necesarios y que pudieran aportar información válida para esta investigación.

La obtención de datos en obra se llevó a cabo mediante la grabación fija en un área específica seleccionada por el investigador, a una cuadrilla determinada, por medio de una cámara de video digital.

Al mismo tiempo que se llevaba a cabo la grabación, se fueron recopilando datos de la observación directa, se hicieron preguntas al trabajador, y consultas con los residentes.

Una vez obtenidas las distintas grabaciones y los datos de campo de cada una de las actividades seleccionadas en este estudio, se procedió a trabajar en gabinete, donde se asentaron todos aquellos datos que ayudaron al presente estudio, por medio de la observación repetida y detallada de las grabaciones, y lectura de tablas y datos obtenidos por medio de la observación directa en campo.

### **RESULTADOS OBTENIDOS**

Las observaciones se hicieron en un proyecto de construcción de vivienda que se está llevando a cabo en la zona noreste de la ciudad de Mérida, en el costado norte de la carretera Mérida-Cholul.

El proyecto contempla la construcción de 138 viviendas y actualmente se encuentra en su tercera etapa; las casas son de dos plantas con 3 recámaras, de aproximadamente

160.21 m2 de construcción, con su urbanización, instalaciones subterráneas y áreas verdes correspondientes.

En la Figura 1, se muestra un plano de conjunto de la obra con la ubicación de las viviendas en donde se realizaron las observaciones.

A continuación se describen algunas condiciones de la obra que el observador consideró que podían tener alguna importancia al momento de analizar los datos de campo:

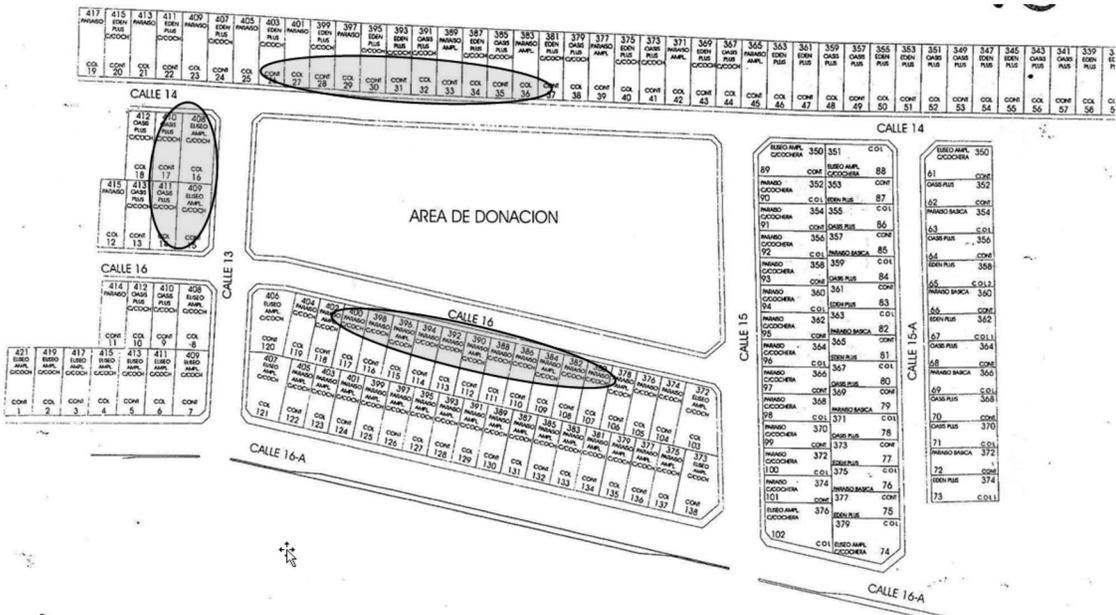


Figura 1. Plano del conjunto y ubicación de las viviendas.

- La construcción de la tercera etapa (138 viviendas) está a cargo de cuatro ingenieros residentes de obra, cada uno es responsable de una cantidad determinada de viviendas, aparte del equipo de urbanización.
- Los servicios necesarios para llevar a cabo la construcción fueron solicitados en tiempo y forma, con respuesta satisfactoria. El agua para todo el área de trabajo se extrae de un pozo ubicado en la intersección de las calles 13 y 14, con una profundidad de 13.7 m. A partir de allí, se activan las bombas según sea necesario y se distribuye el agua a las distintas áreas del terreno mediante mangueras de

1" o 2" de diámetro. La iluminación pública está en funcionamiento a partir de la segunda semana de trabajo, pero por problemas con los vecinos no se pudo implementar de manera subterránea.

- A simple vista, son muy notorias las fallas que se presentan en el control de calidad de la construcción de vivienda, existiendo diferencias importantes entre el trabajo de una cuadrilla y otra, específicamente en la elaboración de muros de bloques, colado de dados y colado de trabes de las viviendas.
- Las condiciones de seguridad del trabajador son prácticamente escasas, existiendo así, una probabilidad muy alta de que se presenten accidentes de trabajo en la obra.
- Asimismo, no se observan controles de limpieza de cualquier tipo de desperdicio, ya sean plásticos, orgánicos, restos de comida, o los propios desperdicios que se generan en la construcción.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la actividad Muro de bloques huecos de concreto en planta baja. Los datos obtenidos se plasmaron en varias tablas; una de ellas es una tabla donde se presentan los tiempos y distancias (si existen) de las distintas tareas elementales en que se desglosa la actividad mencionada anteriormente, donde se obtienen tiempos totales y promedios de tiempos de cada tarea elemental.

En otra tabla, y de acuerdo a la observación del observador, se presenta una calificación del trabajador que corresponde a su desempeño (lento – normal – rápido); También se obtiene un diagrama de flujo de acuerdo a la secuencia promedio que llevan a cabo los obreros, obteniéndose datos de tiempos por actividad, tiempos por traslados, tiempos por descansos, entre otros.

Por último pero no menos importante, de campo se obtiene un croquis de trabajo general, donde se observa gráficamente dónde se desarrollan las distintas tareas, y los recorridos y ubicaciones del equipo o herramientas de trabajo.

Las tareas elementales que se identificaron en la actividad fueron:

1. Acarrear los bloques al sitio en que se hará el muro.
2. Preparar mortero para pegado de los bloques
3. Acarrear mortero del sitio de preparación al sitio de pegado.
4. Colocar mezcla para pegar los bloques
5. Cortar los bloques para hacer los traslapes o ajustes
6. Colocar pegar y nivelar los bloques en su sitio final.
7. Recortar la mezcla sobrante y hacer detalles finales.

En las Tablas 1 y 2 se muestran los resultados de las mediciones efectuadas en dos de las tareas elementales del proceso de construcción de los muros de bloques de concreto en la planta baja de una vivienda.

**Tabla 1. Mediciones de la tarea de acarrear bloques.**

Tarea elemental: Acarrear bloques				
NO.	Ti	Tf	Diferencia	Distancia
	hr:min:seg	hr:min:seg	Hr:min:seg	M
1	10:54:30 a.m.	10:55:12 a.m.	0:00:42	22
2	10:55:15 a.m.	10:59:10 a.m.	0:03:55	22
3	10:59:40 a.m.	11:00:46 a.m.	0:01:06	26.9
4	11:01:08 a.m.	11:02:20 a.m.	0:01:12	26.9
5	11:02:25 a.m.	11:03:36 a.m.	0:01:11	15.4
6	11:03:04 a.m.	11:04:20 a.m.	0:01:16	15.4
7	11:04:01 a.m.	11:05:17 a.m.	0:01:16	15.4
8	11:06:40 a.m.	11:07:43 a.m.	0:01:03	26.9
9	11:21:11 a.m.	11:22:13 a.m.	0:01:02	22
10	11:22:53 a.m.	11:23:39 a.m.	0:00:46	22
11	11:23:30 a.m.	11:24:28 a.m.	0:00:58	22
Piezas Acarreadas 12		Tiempo Total	0:14:27	236.9
		Prom. x Pza.	00:01:12	21.54

**Tabla 2. Mediciones de la tarea colocar, pegar y nivelar bloques**

Tarea elemental: Colocar, pegar y nivelar bloques				
NO.	Ti	Tf	Diferencia	Distancia
	hr:min:seg	hr:min:seg	Hr:min:seg	M
1	10:22:04 a.m.	10:22:55 a.m.	0:00:51	
2	10:26:49 a.m.	10:29:07 a.m.	0:02:18	
3	11:16:07 a.m.	11:17:12 a.m.	0:01:05	
4	11:22:27 a.m.	11:23:31 a.m.	0:01:04	

5	11:30:30 a.m.	11:32:05 a.m.	0:01:35	
6	11:33:04 a.m.	11:33:35 a.m.	0:00:31	
7	11:34:05 a.m.	11:35:26 a.m.	0:01:21	
8	11:36:38 a.m.	11:38:24 a.m.	0:01:46	
9	11:43:07 a.m.	11:44:00 a.m.	0:00:53	
10	11:44:18 a.m.	11:45:33 a.m.	0:01:15	
11	11:53:34 a.m.	11:54:28 a.m.	0:00:54	
Piezas Colocadas 12		Tiempo Total	0:13:33	
		Prom. x Pza.	00:01:08	

En la Tabla 3, se muestran los resultados promedio por bloque de concreto colocado obtenidos para las tres cuadrillas diferentes, en cada una de las tareas elementales que intervienen en la actividad. También se muestran los promedios para las tres cuadrillas.

En la Tabla 4, se presenta una estimación de la productividad para cada cuadrilla. En la Figura 2, se muestra el diagrama de proceso con el flujo de las tareas de la actividad.

**TABLA 3. Resultados para la fabricación de muros de bloques**

Tarea elemental	Cuadrilla A	Cuadrilla B	Cuadrilla C	Promedio
ACARREO DE BLOQUES	00:01:12	00:01:02	00:00:35	00:00:56
PREPARACION DE MEZCLA	00:05:52	00:01:33	00:01:05	00:02:50
ACARREO DE MEZCLA	00:00:41	00:00:56	00:00:42	00:00:42
COLOCACION DE MEZCLA	00:00:40	00:00:48	00:00:37	00:00:42
CORTE	00:00:36	00:00:11	00:00:11	00:00:19
PEGADO Y ACOMODO X PIEZA	00:01:08	00:00:52	00:00:42	00:00:54
TIEMPO DE LIMPIEZA Y DETALLES	00:00:33	00:00:45	00:00:30	00:00:36
TIEMPO TOTAL POR BLOQUE	0:10:42	0:06:07	0:04:22	0:07:04
Tiempo de espera de material	00:04:48	00:01:49	00:00:53	00:2:30
Tiempo de descanso personal	00:13:15	00:00:43	00:00:47	00:04:55

**TABLA 4. Estimación de la productividad para la fabricación de muros de bloques.**

Productividad	Cuadrilla A	Cuadrilla B	Cuadrilla C	Promedio
TIEMPO TOTAL POR BLOQUE	0:10:42	0:06:07	0:04:22	0:07:04
M2/HH	0.4486	0.7847	1.0992	0.6798
M2/Jor - 2 trabajadores	7.1776	12.5559	17.5878	10.8765

Figura 2. Diagrama de proceso del muro de bloques.

PROCESO: BLOQUEADURA									
No	PASOS	SÍMBOLO DE FLUJO	TIEMPO (min)	DISTANCIA (m)	○	⇒	□	▽	DESCRIPCIÓN:
1	Acarreo de bloques	⇒	00:01:12	21.54					
2	Preparación de mezcla	○	00:05:52						
3	Acarreo de mezcla	⇒	00:00:41	21.54					
4	Colocación de mezcla p/pegar bloques	○	00:00:40						
5	Corte de bloques (si es necesario)	○	00:00:36						
6	Acerca, pega y nivela bloques	○	00:01:08						
7	Limpia exceso de mezcla	○	00:00:33						
8	Fin	▽							
9									
10									
<b>TOTAL</b>	<b>No. DE PASOS</b>	8			5	2	0	1	
	<b>DISTANCIA</b>					0			
	<b>TIEMPO</b>		0:10:42		0:08:49	0:01:53		0:00:00	
COMENTARIOS									

## DISCUSIÓN

Los resultados de la productividad reflejan una gran variabilidad entre las cuadrillas estudiadas, lo cual, aunque no es un resultado inesperado, pone de manifiesto la necesidad de prestar mucha atención a la organización del trabajo en campo. Por ejemplo en el caso de acarreo de los bloques, la diferencia en el tiempo requerido, aunque la distancia de acarreo era la misma, una cuadrilla acarrea los bloques de uno en uno, en tanto que otra los acarrea de tres en tres. Algo similar sucede con la preparación de la mezcla. La falta de herramienta y equipo apropiado también influye en la falta de uniformidad de resultados en estas dos primeras tareas.

En las tareas de colocación de mezcla, pegado, nivelación, ajustes y limpieza se observa una menor diferencia en la ejecución. Sin embargo, esta diferencia si llega a ser significativa al calcular la productividad. En el este caso las diferencias se observan en la destreza del trabajador, y que de acuerdo con las conclusiones del estudio de Arcudia, Solís y Baeza, ésta puede ser fácil y rápidamente adquirida por el trabajo, pero se requiere una mayor participación del personal técnico a cargo de la obra.

De acuerdo al estudio de Arcudia, Solís y Baeza, anteriormente mencionado, una productividad considerada aceptable es de 0.995 m<sup>2</sup>/hh, la cual sólo es alcanzada por una de las cuadrillas estudiadas. Con respecto a esto, puede observarse de los resultados de las otras cuadrillas, que esta productividad puede ser alcanzada con sólo realizar algunas modificaciones en el proceso, básicamente en la disposición del sitio del trabajo (menores distancias de acarreo), y una cierta capacitación al obrero que coloca los bloques.

Existe un gran potencial para el mejoramiento de la productividad en las obras de construcción de vivienda masiva, pero se requiere que los problemas relacionados con la productividad sean tomados en cuenta por la alta administración de las empresas, que el personal técnico de campo sea conciente y haga conciente a los obreros del impacto negativo de una mala organización del sitio de trabajo y que de manera rutinaria se promueva la capacitación del personal obrero.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

- Arcudia, C., Solís, R. y Baeza, J. “Determinación de los factores que afectan la productividad de la mano de obra de la construcción”, Ingeniería Revista Académica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, Vol. 8, No. 2, 2004.
- Corona, G., “Cambio de método y de control de materiales en la construcción en serie de viviendas de interés social y su impacto en la calidad”, Tesis inédita, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, México, 1999.
- Hamlin, “Productivity Improvement: An Organized Effort”, Proceedings of the AIIE Annual Spring Conference, 1978.
- Laurence, S. AFT, “Productivity Measurement & Improvement”, 2nd. Edition, Prentice Hall, Georgia, 1992.
- Otis, I., “Productivity ... What’s in a Word”, Viewpoing, p. 293, Spring 1980.
- Salinas, C., “Estudio de tiempos y movimientos en la construcción de viviendas de interés social”, Tesis inédita, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán, México, 1995