



Mejora en la construcción por medio de lean construction y building information modeling: caso estudio

Improvement in construction through lean construction and building information modeling: case study

Gonzalo José Francisco Pérez Gómez Martínez

Universidad Autónoma de Coahuila, México
gonzalo.perez_gomez@uadec.edu.mx

Héctor Yair Del Toro Botello

Universidad Autónoma de Coahuila, México
hectordeltorobotell@uadec.edu.mx

Areli Magdiel López Montelongo

Universidad Autónoma de Coahuila, México
areli.lopez@uadec.edu.mx

doi: <https://doi.org/10.36825/RITI.07.14.010>

Recibido: Julio 18, 2019

Aceptado: Octubre 22, 2019

Resumen: El objetivo del trabajo es Implementar conceptos de LC (*Lean Construction*) y BIM (*Building Information Modeling*) a la gestión administrativa del proceso constructivo de vivienda popular (hasta 42.50 m² y 200 salarios mínimos) llevado a cabo en Torreón, Coahuila, México, para evaluar posibles beneficios económicos y de tiempo en la realización de la edificación. Tomando mediciones de producción reales de actividades con Cartas Balance, para demostrar el nivel de producción del personal obrero, enfocándose únicamente a las etapas de análisis y construcción. Posteriormente con los resultados obtenidos, se realizó una nueva propuesta de gestión de la obra con la metodología BIM, realizando un modelo 3D en *Revit* de las viviendas y con los resultados obtenidos del trabajo productivo y el *software Naviswork*, se obtuvo un proyecto BIM 4D, enfocado al tiempo de construcción de la obra. Con relación al análisis de la productividad realizado se exponen soluciones claras y concisas, para el incremento de este concepto en el desarrollo de la obra estudiada.

Palabras clave: *Lean Construction, Building Information Modeling, Productividad, Tiempo de Construcción.*

Abstract: The objective of the work is to implement concepts of LC (*Lean Construction*) and BIM (*Building Information Modeling*) to the administrative management of the construction process of low-income family housing (up to 42.50 m² and 200 minimum wages) carried out in Torreón, Coahuila, Mexico, to evaluate possible economic and time benefits in the realization of the building. Taking actual production measurements of activities with Balance Letters, to demonstrate the level of production of workers, focusing only on the stages of analysis and construction. Subsequently, with the results obtained, a new proposal for the management of the work with the BIM methodology was made, performing a 3D model in *Revit* of the houses and with the results obtained from

the productive work and the Naviswork software, a BIM 4D project was obtained, focused on the construction time of the work. In relation to the analysis of the productivity carried out, clear and concise solutions are exposed, for the increase of this concept in the development of the work studied.

Keywords: *Lean Construction, Building Information Modeling, Productivity, Construction Time.*

1. Introducción

El sector de la construcción alcanza una gran importancia en el crecimiento de una nación, indica la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción [1] que el sector en el 2017 con el 7.5% fue la cuarta actividad en la producción total, y con un 13.9% fue la tercera generadora de empleos. La edificación abate las necesidades de infraestructura, para actividades culturales, económicas, de desarrollo y sociales [2]. Pero en el sistema tradicional de la obra, las fallas de planeación se traducen en pérdidas económicas y de tiempo [3].

La mejora de la productividad en la construcción conjuga la comprensión científica y la experiencia [4]. El Instituto *Lean Construction* (ILC) ofrece una filosofía [5] que se enfoca en una metodología dirigida hacia la administración de la producción en la edificación, cuya función principal es la minimización de las actividades que no aportan valor (entiéndase pérdidas). Lo anterior al generar un sistema de construcción delgada que minimice las pérdidas, para lo cual usa herramientas puntuales aplicadas en el proceso de desarrollo de la obra [6]. LC se liga a BIM, la cual es una tecnología que presenta una evolución en la generación del proyecto arquitectónico frente a las herramientas de CAD tradicionales, permite incluir información específica procedente de una base de datos con vistas volumétricas sobre las características materiales del edificio y aportar la generación de imágenes tridimensionales renderizadas desde la fase inicial del proyecto, asegurando una actualización global continua e inmediata de los cambios realizados en cualquiera de los datos parciales presentes en el edificio [7].

Como recomiendan [8] el uso de tecnologías y herramientas computacionales resultan apropiadas, tal es el caso de LC Y BIM, ya que apoyan en la investigación de la planeación de las obras ayudando a reducir el grado de indecisión, dado que en la actualidad, el desarrollar estos trabajos es basándose en la experiencia del constructor. Se debe lograr la integración práctica de LC y BIM como una estrategia a largo plazo, [9] los resultados obtenidos en anteriores investigaciones son apenas una pequeña parte de un largo viaje para poder lograr que estas metodologías se conjunten de una manera eficiente. Además, en investigaciones anteriores se ha detectado que en la fase del modelado 4D por medio de BIM, la mayoría de las conclusiones apunta a que esta herramienta apoya a que la logística de la construcción ubique fácilmente posibles problemáticas [10].

Buscar soluciones a la problemática de la obra puede ser con modelos de información [11]. La logística entre LC y BIM tiende a una conjunción para la mejora de la obra, [12] al ser una estrategia de gestión, logran un desarrollo hacia la inversión, al considerar al proyecto como la unidad básica organizativa para la dirección. BIM permite proyectar en 3D la información gráfica de proyectos, generan modelos sobre las necesidades de cada etapa; al proporcionar datos por medio de volúmenes, planos, recursos, cantidades, tablas, costos, tiempo y calidad; para construir sustentable y eficientemente. Además facilita encontrar posibles situaciones adversas con tiempo suficiente, para determinar el mejor proceso, disminuyendo costos, tiempos para incrementar la calidad [12].

2. Lean Construction

LC comienza en la edificación en 1992 debido al trabajo de Lauri Koskela [9], como una idea dirigida a mejorar la ejecución de las obras, en la actualidad se aplica a todas las etapas del proceso constructivo. Puede entenderse que apoya desde la idea conceptual hasta la puesta en marcha del proyecto integrando, de esta forma considera el ciclo de vida completo. LC representa una filosofía de gestión, de trabajo y una cultura empresarial que busca la eficiencia de procesos y flujos [13].

Lean Construction es una filosofía que tiene su origen en el concepto *Lean Production*, que fue desarrollado en Japón por Toyota Motors a partir de los años cincuenta, este sistema ayudó a que sus fábricas pudieran elaborar

vehículos con más eficiencia que las armadoras norteamericanas, ya que requerían menos recurso, menos tiempo, y los errores de fabricación se aminoraron considerablemente [14].

La filosofía LC trata de disminuir las pérdidas, al poner en práctica principios como la capacitación del personal, la reducción del inventario y la mejora de la productividad [13]. Para no almacenar recursos que se necesitaran en la producción futura, Toyota estableció alianzas con los proveedores para que sus insumos se entregaran en el momento preciso, en otras palabras, se aplicó el *Just in Time* (JIT) o producir lo que se necesita, en las cantidades necesarias, en el momento justo [15].

Lean Construction o Construcción sin pérdida, es una metodología de aplicación en todo el mundo, aunque es fácil detectar que no con una aplicación uniforme, ya que, su utilización es aún incipiente en países en vías de desarrollo, tal es el caso de México. Al contrario, naciones como Estados Unidos, Reino Unido, Brasil, Australia, Francia, Alemania, Chile, aplican esta filosofía comúnmente en la gestión de la obra [14][16][17].

El uso de esta nueva filosofía está incrementándose en todo el mundo. Sin embargo, la forma particular de implementarlo en cada nación determinará como se deben organizar las partes interesadas del proceso, para que la ejecución material del proyecto se pueda estructurar dentro del concepto de manejo de LC [18]. Su objetivo es lograr una construcción sin accidentes, sin desperfectos a los equipos, instalaciones, entorno y comunidad, que sea de acuerdo al contrato, sin errores, en el plazo pactado, respetando costos y con un enfoque hacia la reducción de las pérdidas, es decir, hacia las actividades que no generen valor [19].

3. Building Information Modeling

BIM utiliza herramientas de tecnología digital para favorecer el trabajo colaborativo al documentar de forma conjunta el ciclo de la edificación y las infraestructuras, utilizando programas computacionales busca crear un repositorio único de datos útiles para los participantes en el proceso de construcción [20].

El concepto de BIM, con poco tiempo de ser asociado a la gestión de la construcción y a su mejoramiento, favorece decididamente el uso efectivo y colaborativo de herramientas tales como AutoCAD, Civil 3D y *Revit*. En el sentido de generar la documentación necesaria, los sistemas presupuestarios *Presto*, *Siecons* y *Preswin*, para el control de la gestión del MS Project, y para la simulación es conveniente utilizar el *Naviswork*. Todos estos programas son un medio que asegura la preparación del proyecto, su navegación y su visualización. Además, la asignación de insumos al proyecto es efectiva, ya que, se estructura un proceso de integración continua, adelantando los problemas del proceso [12].

Building Information Modeling es una nueva herramienta que permite diseñar en tres dimensiones desde que se comienza a trabajar, e incorpora la información de cada uno de los conceptos que integran el proyecto, aspectos como ubicaciones, costos, tiempo, especialidades y toda clase de documentación que se considere relevante para ser compartida y comunicada a los diversos actores que colaboran en las etapas que van conformando el proyecto [21].

BIM conforma una base de datos digital donde la información de la edificación se va almacenando para su constante consulta. En tal sentido, BIM facilita la visión simultánea de las distintas actividades del proyecto provocando que la comunicación de la información y su interrelación entre los artesanos se dé en forma fluida y a tiempo [22]. Los conceptos para el desarrollo del modelo del proceso de obra en BIM 5D, se consignan en la estructura de la Fig. 1 [22].

4. Productividad

El sector de la edificación tiene gran relevancia para el desarrollo de la hacienda de una nación, así como para el progreso de su sociedad [22]. Pero también la construcción es uno de los sectores que más se resiste a progresar y a ofrecer mejores soluciones a las necesidades de las personas, ya que la satisfacción está en relación directa con la calidad y productividad de la industria [14]. El sector de edificación de vivienda no es ajeno a la problemática

derivada de la mala programación y planeación de los tiempos de obra, situación que se repercute en el valor final del producto.

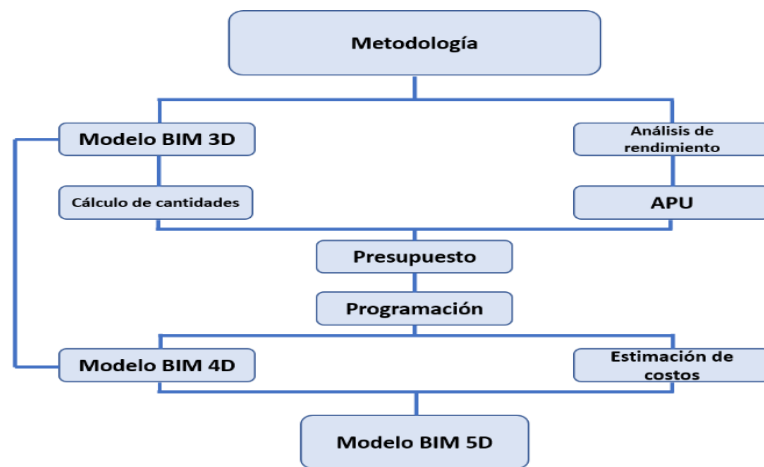


Figura 1. Estructura Modelo 5D. (Adaptada de Porras *et. al.*, [22]).

La productividad conjunta eficiencia y efectividad, ya que, no tiene objeto construir unidades de obra si estas presentan deficiencias en su calidad. Todo proceso de edificación debe conseguir una alta productividad, por medio de la eficiencia y efectividad [23]. Estudios realizados en Chile concluyen que, la baja productividad en la obra se debe en un alto porcentaje, a la ineficiencia en el manejo del recurso humano (viajes excesivos, esperas, paros, trabajos inefectivos, retrabajos, etc.), el estudio demuestra que el trabajo no productivo en ese país ronda un 30% del total del tiempo laboral [24]. En México este fenómeno no es distinto, ya que el desarrollo artesanal de la obra constituye un problema por la falta de capacitación y la desorganización del proceso constructivo, lo que repercute en que el producto sea más caro al cliente.

La productividad se relaciona con un proceso de transformación entendiendo que a este ingresan los insumos necesarios para generar un material, un bien o un servicio, el cual al finalizar el proceso se pueda comercializar como un producto o servicio terminado [25]. En la construcción, según el insumo [25], se pueden mencionar productividades en:

- **Materiales:** En la obra es fundamental que los materiales se utilicen racionalmente, para que se eviten pérdidas en este insumo.
- **Mano de obra:** Resulta un concepto crítico, porque es el recurso que determina el ritmo de la obra, y del que en gran medida depende la productividad que alcancen los otros recursos utilizados.
- **Maquinaria:** debido al alto costo de estos insumos se torna muy importante su rendimiento, por lo tanto, evitar pérdidas en este insumo apoya a la economía de la obra.

5. Tiempo de construcción

Es común que las constructoras no contraten a personal capacitado en las tareas de planeación y control, por lo que, el desarrollo de las acciones administrativas son efectuadas de manera constante por gerentes y/o supervisores. La falta de preparación tiene como único resultado la merma en la calidad laboral y tiempo perdido, lo que conduce a la problemática del valor del producto, que eleva su precio para solventar las ineficiencias del personal. Además, las organizaciones no ocupan algún software profesional, para la planeación y el control del proceso de obra [26]. Se debe considerar además que, en los conceptos de tiempo y costo se integrara la calidad, la sustentabilidad y la constructabilidad, siendo el gerente de operaciones quien debe tomar las decisiones para alcanzarlos [27].

La Carta Balance es un gráfico que, a partir de información estadística tomada en campo, define detalladamente una actividad para optimizarla. En este instrumento se miden en tiempos cortos, como se utilizan

los recursos ocupados en esa tarea [28]. Las actividades son catalogadas en tres tipos; Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributivo (TC) y Trabajo No Contributivo (TNC). La idea de la Carta Balance es ver si la cuadrilla está equilibrada dependiendo de la eficiencia del método constructivo. No va a determinar la eficiencia de los obreros ni a conseguir que trabajen más, sino que lo hagan de manera más inteligente [14].

Se muestra a continuación en la Tabla 1 un ejemplo del formato de una Carta Balance, la cual será utilizada para obtener el porcentaje de TP, TC, TNC en el análisis de la construcción de un desarrollo habitacional de vivienda de nivel popular.

Tabla 1. Carta Balance.

Trabajo a Realizar			
TIEMPO (MIN)	OBR 1	OBR 2	OBR 3
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			

TRABAJO PRODUCTIVO - TP	
CEP	COLOCACIÓN DE ESTACAS EN PLANCHA
CPP	COLOCACIÓN DE PUENTES EN PLANCHA
CH	COLOCACIÓN DE HILO
MPC	MARCADO EN PISO CON CAL

TRABAJO CONTRIBUTIVO - TC	
CVE	CORTAR VARILLA PARA ESTACAS
INS	RECIBIR/DAR INSTRUCCIONES
PM	FABRICACIÓN DE PUENTES DE MADERA
TM	TRANSPORTE DE MATERIAL
MED	MEDICIONES
VM	VERIFICACIÓN DE MEDIDAS

TRABAJO NO CONTRIBUTIVO - TNC	
VI	VIAJE IMPRODUCTIVO
E	ESPERAS
TR	TRABAJO REHECHO
TO	TIEMPO OCIOSO

CARGO	NOMBRE Y APELLIDOS
OBRERO 1	

Fuente: Rodríguez *et al.*, [14].

6. Desarrollo

El análisis del caso fue en la Cerrada Girasoles del Grupo SADASI, en Torreón Coahuila. Desarrollo de vivienda popular con 24 unidades de 42 m² construidos cada una. Los datos utilizados se recabaron octubre del 2018 a enero del 2019, y sirvieron para conocer el nivel del trabajo productivo de la empresa, y poder así compararlo con el estatus de trabajo óptimo según la filosofía *Lean Construction* [25]. El desarrollo de una actividad de obra como ya fue adelantado, para su revisión [28] debe ser segmentado en:

- **Trabajo Productivo (TP):** Es el que incide de forma directa en la producción, ejemplo la elaboración de muros, enjarres o el vaciado de dalas o castillos.
- **Trabajo Contributivo (TC):** Se refiere al trabajo de apoyo al productivo. ejemplos son recibir indicaciones, leer planos, retirar cimbras, limpiar el área de trabajo, etc.
- **Trabajo No Contributivo (TNC):** Es cualquier actividad que no corresponda a las anteriores, por ejemplo: movimientos sin sentido, esperar al término de otro trabajo, fumar, etc.

Para determinar los tiempos óptimos en obra según LC, en varias obras se han efectuado seguimientos de los parámetros de trabajo, y en las cuales cuando se han incorporado sistemas de mejoramiento de la productividad, se han logrado valores que resultan tanto aceptables como referentes [21], siendo estos:

- Trabajo Productivo (TP): 60%
- Trabajo Contributivo (TC): 25%
- Trabajo No Contributivo (TNC): 15%

Con el seguimiento por medio de las cartas balance en cada una de las actividades que se llevaron a cabo para el análisis del caso en estudio, se pudo obtener el TP, TC y TNC de cada una de las partidas revisadas, lo que permitió conocer el grado de productividad del proceso de edificación.

Posteriormente y ya con la definición del Trabajo Productivo, del Trabajo Contributivo y del Trabajo No Contributivo, se comenzó con la implementación de la metodología BIM, para esto ha sido utilizado el *software* denominado “Revit”, con él se pudo realizar el modelo tridimensional manejando toda la información de materiales a utilizar.

El siguiente *software* que fue utilizado es el “Microsoft Project Pro 2010” para generar el diagrama de Gantt. Con la información de las cartas balance y los rendimientos de las cuadrillas obtenidos de estas, se realizó una nueva programación de obra. Finalmente, el uso del *software* “Naviswork” en el cual se desarrolló el estudio 4D correspondiente al análisis de tiempo. La Fig. 2 representa la interfaz, donde se comenzó a realizar el modelado de las viviendas con las diferentes herramientas que otorga el *software* Revit.

Una vez realizado el modelo 3D con los datos necesarios para llevar a cabo la construcción del desarrollo habitacional, como se puede visualizar en la Fig. 3, se exportó el modelo a un nuevo *software* llamado “Naviswork”, compatible con Revit, ya que es de la misma compañía Autodesk. En este se realizó el análisis BIM 4D que representa el tiempo de la obra, Figura 4.

Ya en este programa se tuvo que hacer la clasificación de cada elemento en el árbol de selección, cada concepto se pasó a un nuevo conjunto. Todas las actividades consideradas son las que se van a construir. De esta forma se les puede asignar un tiempo.

Terminado el árbol de selección y la asignación en cada uno de los “conjuntos” (Fig. 5), la programación de elementos a construir se exportó a un nuevo programa denominado “Microsoft Project 2010”. El *software* por medio de un Diagrama de Gantt estableció una programación de obra optimizada, como indica la Fig. 6, esta información se trabajó con los tiempos de las Cartas Balance de LC, haciéndolos eficientes.

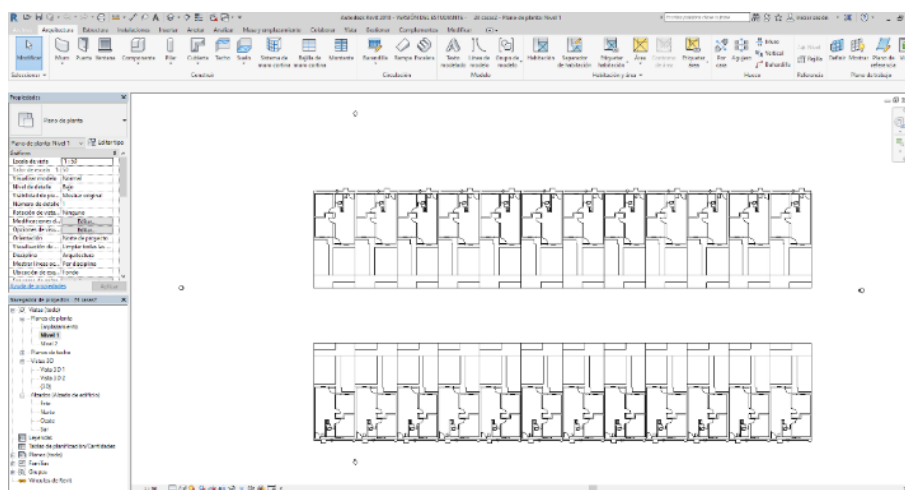


Figura 2. Modelado Desarrollo Habitacional (Elaboración propia).

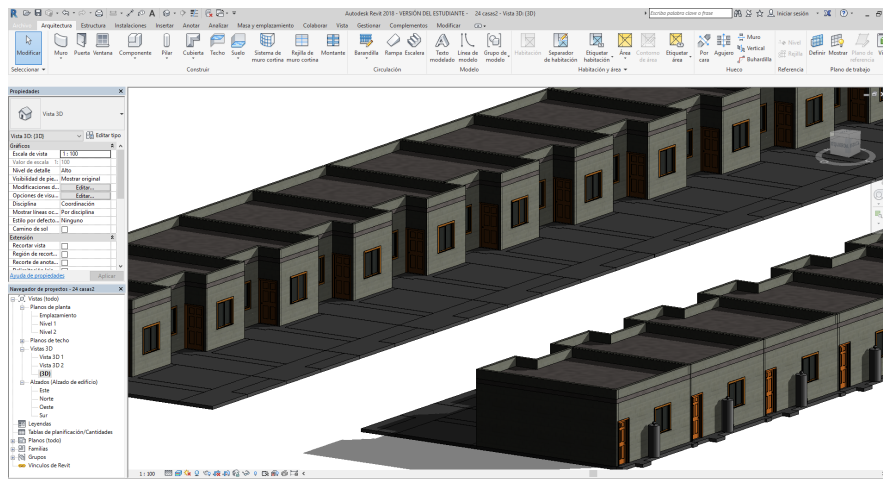


Figura 3. Modelo 3D Desarrollo Habitacional (Elaboración propia).

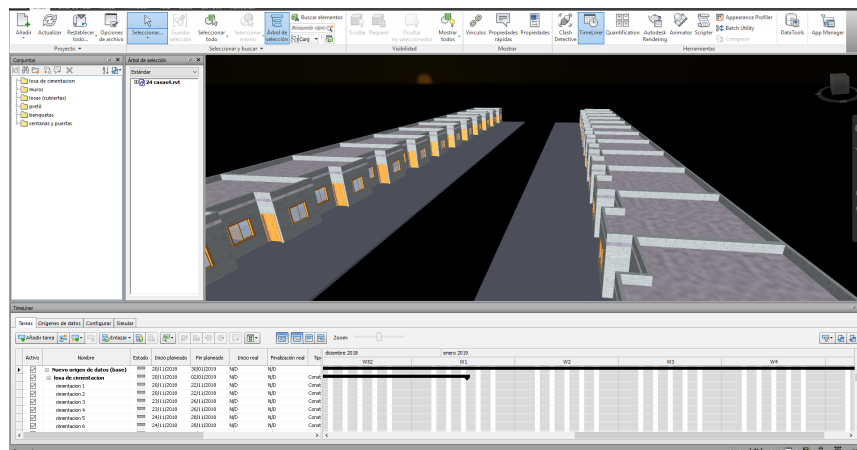


Figura 4. Modelo 3D Desarrollo Habitacional en Naviswork (Elaboración propia).

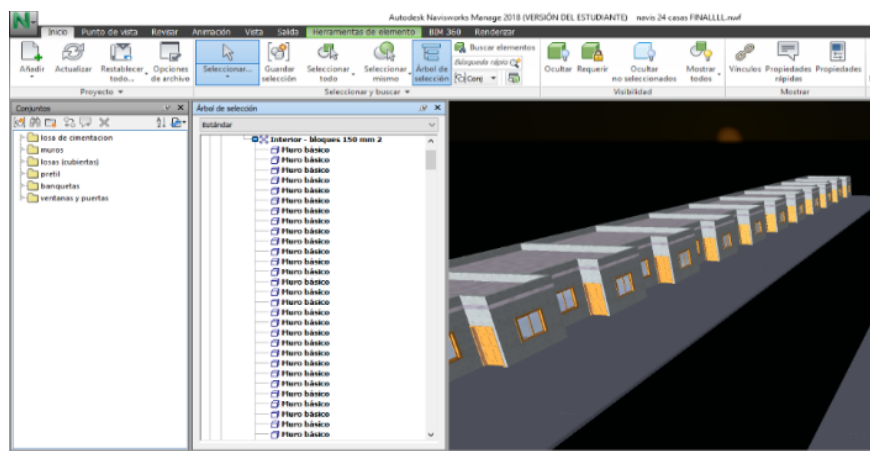


Figura 5. Programación Conjunto Habitacional (Elaboración propia).

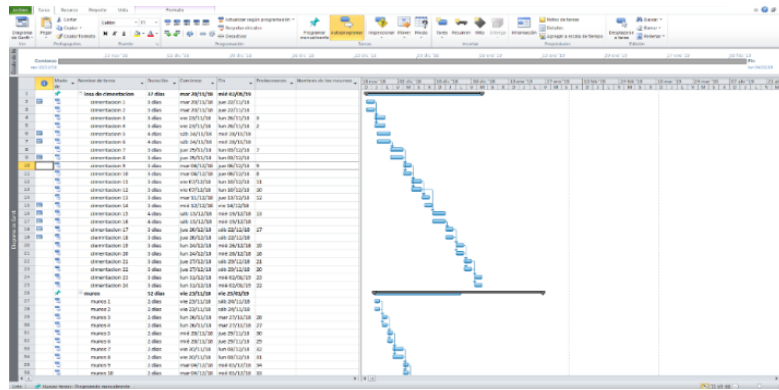


Figura 6. Nueva Programación de Obra. Diagrama de Gantt en Microsoft Project (Elaboración propia).

Ya terminada la programación de obra y vaciada en el Diagrama de Gantt del *Microsoft Project Pro 2010*, los datos se importaron al software “*Naviswork*”, entonces se observó cargada la nueva programación de la construcción en la ventana “*TimeLiner*” (Fig. 7).

En la ventana *TimeLiner*, además de presentar la nueva programación y analizar con detenimiento las fechas de cada una de las tareas que se deben realizar en el proceso de edificación, se pudo elaborar la simulación 4D (Fig. 8) a partir del modelo original en *Revit 2018*. La programación se ofreció en formato de video donde, se va constatando el progreso de la construcción, con la fecha determinada para cada actividad realizada en el caso del desarrollo habitacional estudiado.

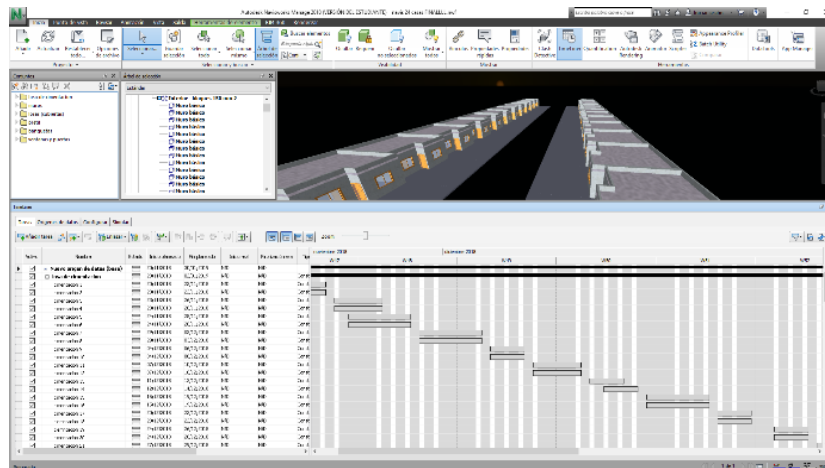


Figura 7. Programación *Microsoft Project* Importada a *Naviswork* (Elaboración propia).

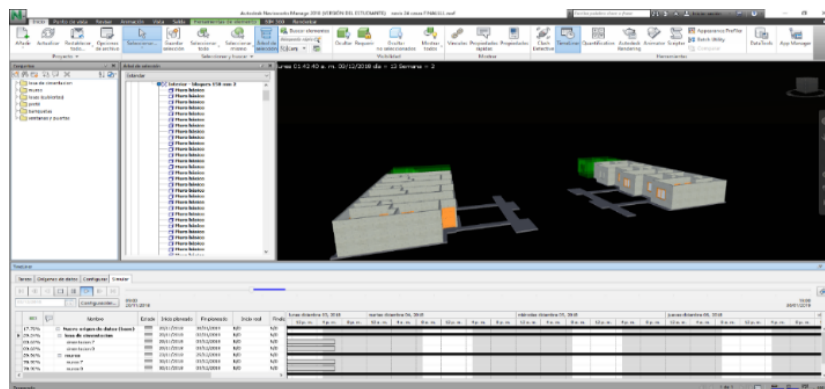


Figura 8. Ventana *TimeLiner* con Simulación 4D y mostrando días de cada etapa en la obra (Elaboración propia).

Tabla 2. Tiempos no contributivos.

Concepto	Tiempo Utilizado	Tiempo Optimizado
Terracerías	126 minutos	100 minutos
Muros	34 minutos	27 minutos
Cimbra	115 minutos	91 minutos
Habilitado	126 minutos	100 minutos
Losa		
Vaciado	125 minutos	99 minutos

Fuente: Elaboración propia.

7. Conclusiones

En esta investigación, con la implementación de LC y BIM se obtuvo como resultado una optimización importante en el tiempo de construcción, se redujo lo establecido por la desarrolladora para terminar las 24 viviendas de 14 semanas, a concluirse con la nueva programación en 11 semanas. **Ahorro en tiempo de un 26.56%**, lo que repercute en una disminución del precio de venta de la vivienda al reducir los costos indirectos y directos de mano de obra. El análisis general de las cartas de balance elaboradas demostró que el TP de la obra se situó en un 43%, el TC rondó un 25% y el TNC un 32%, último concepto muy alto. En la Tabla 2 se muestra la relación de los TNC de las actividades revisadas, indicando según los resultados encontrados, que tiempo es el que debió de haberse ocupado.

Durante el tiempo que se realizaron los análisis de las actividades, la toma y clasificación de los tiempos, se pudo observar diferentes situaciones que bien podrían indicar mala gestión en el proceso de construcción de las viviendas (Fig. 9). Una de las causas que más repercutieron en este desarrollo es que los supervisores desconocen los rendimientos que deberían de tener cada cuadrilla de obreros, se basan solo en la experiencia obtenida a través de los años en esta industria.

**Figura 9.** Grandes cantidades de desperdicio (Fuente propia).

Desconocer rendimientos de los trabajadores provoca que el abastecimiento de los materiales no sea adecuado, el atraso es totalmente responsabilidad de los supervisores. Los obreros al no contar con el material para realizar sus actividades disminuían considerablemente el Trabajo Productivo, aumentando el Trabajo no Productivo que tiene como consecuencia la pérdida de tiempo y dinero.

La utilización de BIM en este tipo de edificación (en la vivienda en general) resulta innovadora, dado que permitió comprobar que se puede tener una mejor gestión de los tiempos y por ende tener un impacto positivo en el valor del producto, al disminuir los costos de la mano de obra. los proyectos implican el trabajo de diversos grupos de personas, donde la comunicación efectiva es clave para el éxito del proceso [29]. Entonces, el conocimiento multidisciplinario acumulado es requerido para poder solventar los complicados problemas de la

producción [30], por lo que se hace indispensable el establecer canales de comunicación constantes y efectivos, que permitan solventar de manera eficaz las problemáticas previstas o imprevistas de la construcción.

Con un mayor análisis de la obra se llegó a la conclusión de que las pérdidas de tiempo y económicas no solo se deben a los residentes de obra, sino desde la logística empleada por la constructora, ya que la empresa no habilitó una bodega en el sitio de la construcción, la bodega externa provoca pérdidas de tiempo en el traslado de materiales por una comunicación ineficiente y porque no existe una coordinación adecuada para el suministro oportuno.

A todas estas variables de la mala gestión de la obra se agrega el ausentismo del personal de las diferentes cuadrillas, al no contar con todos sus trabajadores el rendimiento de estas fue muy bajo, además, la ausencia del residente de obra, que cabe mencionar no se tenía uno asignado en esas viviendas dio por resultado, el tener un conocimiento tardío de este hecho.

Por último, ir teniendo eventos que se tradujeron en pérdidas de tiempo y dinero, y que pueden ser relacionados con una mala gestión, no provocó más resultado que la disminución en la calidad del producto. Además, los atrasos también fueron causa de los trabajos rehechos (Fig. 10), lo que, aunado a la poca supervisión ya mencionada en los procesos de la obra, fue causa de pérdidas.



Figura 10. Muro caído (Fuente propia).

8. Referencias

- [1] Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (2017). *Situación Actual y Perspectivas de la Industria de la Construcción en México*. México: CEESCO.
- [2] Venemedia comunicaciones C. A. (2019). *Definición de Industria de Construcción*. Recuperado de: <http://conceptodefinicion.de/industria-de-construccion/>
- [3] Singh, A. R., Delhi, V. S. K. (2018). Site Layout Planning Waste, Typology and it's Handling Through Ar-Bim Concept: A Lean Approach. Presentado en el *26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Chennai, India. Doi: <https://doi.org/10.24928/2018/0475>
- [4] Dozzi, S., Abourizk, S. (1993). *Productivity in Construction*. Canadá: NRC Construction. Recuperado de: <http://web.mit.edu/parmstr/Public/NRCan/nrcc37001.pdf>
- [5] Montilla Duque, A. (2018). *Lean Construction: La Optimización en la Construcción*. Revista Digital. INESEM. España. Recuperado de: <https://revistadigital.inesem.es/disenyo-y-artes-graficas/lean-construction/>
- [6] Kömmerling. (2019). *Principios Básicos de Lean Construction*. Recuperado de: <http://retokommerling.com/principios-basicos-lean-construction/>
- [7] Piedecausa-García, B., Mateo Vicente, J. M., Pérez Sánchez, J. C. (2015). Enseñanza de Sistemas BIM en el Ámbito Universitario. En B. Fuentes Giner, I. Oliver Faubel (Eds.). *EUBIM: Congreso Internacional BIM, Encuentro de usuarios BIM*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València.

- [8] Gómez Cabrera, A., Quintana Pulido, N., Ávila Díaz, J. O. (2015). Simulación de eventos discretos y líneas de balance, aplicadas al mejoramiento del proceso constructivo de la cimentación de un edificio. *Ingeniería y Ciencia*, 11 (21), 157–175.
- [9] Bolpagni, M., Burdi, L., Ciribini, A. L. C. (2017). Integration of Lean Construction and Building Information Modeling in a Large Client Organization in Massachusetts. Presentado en *25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, Heraklion, Greece. doi: <https://doi.org/10.24928/2017/0311>
- [10] Pérez, C. T., Fernandes, L. L. A., Costa, D. B. (2016). A Literature Review On 4D BIM For Logistics Operations and Workspace Management. Presentado en *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, Boston, USA.
- [11] Vrijhoef, R., Dijkstra, J. T., Koutamanis, A. (2018). Modelling and Simulating Time Use of Site Workers With 4d BIM. Presentado en *26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, Chennai, India. doi: 10.24928/2018/0536
- [12] Oussouboure, G., Delgado Victore, R. (2017). La asignación de recursos en la Gestión de Proyectos orientada a la metodología BIM. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*. 11 (1), 1-11.
- [13] Pons Achell, J. F. (2014). *Introducción a Lean Construction*. España: Fundación Laboral de la Construcción. Recuperado de: <https://www.fundacionlaboral.org/uploads/documento/applications/arch5333ddd498d7a.pdf>
- [14] Rodríguez Romero, E. E. (2018). *Filosofía Lean Construction Aplicada Teóricamente en un Proyecto de Construcción* (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma de Coahuila. México.
- [15] Bamana, F., Lehoux, N., Cloutier, C. (2017). Just in Time in Construction: Description and Implementation Insights. Presentado en *25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, Heraklion, Greece. doi:10.24928/2017/0064.
- [16] Despradel, I., Guerrero, C., Jourdain, M., López, J., Núñez, A., Oliver, C. (2011). Lean Construction: Implicaciones en el uso de una nueva filosofía, con miras a una mejor administración de proyectos de Ingeniería Civil en República Dominicana. Presentado en *9th Latin American and Caribbean Conference (LACCEI)*, Medellín, Colombia.
- [17] Ballard, G. (2000). *Lean Project Delivery System. White Paper LCI*. Recuperado de: http://leanconstruction.org.za/wp-content/uploads/2018/04/Lean_Project_Delivery_System.pdf
- [18] Brioso Lescano, X. M., Humero Martín, A. E. (2016). Un aspecto positivo derivado de la crisis inmobiliaria: Aplicación de los principios de la construcción sin pérdidas a través de la figura del lean Construction y su relación con el entorno BIM (Modelado de Información de Edificio). *Revista Aranzadi de Urbanismo y Edificación*, (36), 1-25.
- [19] Maia, L. C., Alves, A. C., Leão, C. P. (2013). Sustainable Work Environment with Lean Production in Textile and Clothing Industry. *International Journal of Industrial Engineering and Management (IJIEM)*, 4 (3), 183-190.
- [20] Gosalves López, J., Murad Mateu, M., Cerdán Castillo, A., Fuentes Giner, B., Hayas López, R., López García, J., Zuñeda Ruiz P. P. (2016). *BIM en 8 puntos, Todo lo que necesitas conocer sobre BIM. Documento de difusión*. España: es.BIM. Recuperado de: https://www.esbim.es/wp-content/uploads/2017/01/Documento_difusion_BIM.pdf
- [21] Saldías Silva, R. O. L. (2010). *Estimación De Los Beneficios de Realizar una Coordinación Digital de Proyectos con Tecnologías BIM* (Tesis de Licenciatura). Universidad de Chile. Chile.
- [22] Porras Díaz, H., Sánchez Rivera, O. G., Galvis Guerra, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: Una revisión actual. *Revista Avances Investigación en Ingeniería*, 11 (1), 32-53. doi: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.298>
- [23] Botero Botero, L. F., Álvarez Villa, M. E. (2004). Guía de Mejoramiento Continuo para la Productividad en la Construcción de Proyectos de Vivienda (Lean Construction como Estrategia de Mejoramiento). *Revista Universidad Eafit*, 40 (136), 50-64. Recuperado de: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/864>
- [24] Martínez C., L. F., Verbal R., R., Serpell, A. (1990). Recomendaciones para Aumentar la productividad en la Construcción. *Revista Ingeniería de Construcción*, (8), 1-11. Recuperado de: <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/331>

- [25] Cantú, A., Moreno, J., Gallina, M., García, G. (2009). Productividad Real en Obras Civiles. Análisis de un Caso. Presentado en *Encuentro de Investigadores y Docentes de Ingeniería (EnIDI)*, San Rafael, Mendoza, Argentina.
- [26] González, J. A., Solís, R., Alcudia, C. (2010). Diagnóstico sobre la Planeación y Control de Proyectos en las PYMES de Construcción. *Revista de la Construcción*, 9 (1), 17-25. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2010000100003>
- [27] Arcudia Abad, C. E., Pech Pérez, J., Álvarez Romero, S. O. (2005). La Empresa Constructora y sus Operaciones bajo un Enfoque de Sistemas. *Revista Ingeniería UADY*, 9 (1), 25-36. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46790104>
- [28] Castillo Muñoz, C. N., Flores Ccahuana, M. A. (2016). *Optimización de la Mano de Obra Utilizando la Carta Balance en Edificios Multifamiliares. Caso: Cerezos de Surco* (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Martín de Porres. Perú.
- [29] Long, D., Arroyo, P. (2018). Language, Moods, and Improving Project Performance. Presentado en *26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Chennai, India.
- [30] Díaz Rosabal, E. M., Gorgoso Vázquez, A. E., Díaz Vidal, J. M., Santiesteban Reyes, D. C. (2017). Las TIC y la gestión del conocimiento. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información (RITI)*, 5 (10), 27-34. Recuperado de: <http://www.riti.es/ojs2018/inicio/index.php/riti/article/view/60>