

Lean Construction: implicaciones en el uso de una nueva filosofía, con miras a una mejor administración de proyectos de Ingeniería Civil en República Dominicana

Ian Despradel

(Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Santo Domingo, República Dominicana, ian.despradel@gmail.com)

Camila Guerrero

(Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Santo Domingo, República Dominicana, ing.cguerrero@gmail.com)

María Jourdain

(Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Santo Domingo, República Dominicana, mariajourdain@gmail.com)

Jonathan López

(Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Santo Domingo, República Dominicana, ing.jonlopez@gmail.com)

Alexander Núñez

(Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Santo Domingo, República Dominicana, alexnu22@gmail.com)

Carmen Oliver

(Instituto Tecnológico de Santo Domingo, Santo Domingo, República Dominicana, carmenoli6@gmail.com)

RESUMEN

El objetivo general de esta investigación es evaluar la posibilidad de aplicación en República Dominicana de la filosofía de Lean Construction y las implicaciones de uso en proyectos de Ingeniería Civil. Se evaluaron las variables, importancias y facilidad de logro de las competencias necesarias para la aplicación de un grupo de herramientas de esta filosofía, y se comparó esta filosofía con los métodos convencionales mediante el simulador LEAPCON. Se obtuvo que es posible la aplicación de algunas de las herramientas de Lean, especialmente la del Último Planificador y mediante el simulador se mostró que esta nueva filosofía presenta beneficios significativos en los proyectos de construcción.

Palabras claves: Lean Construction Último Planificador, Administración de la Construcción.

ABSTRACT

The main objective of this research is to evaluate the possible application of Lean Construction philosophy in Dominican Republic and the implications for use in civil engineering projects. The variables, relevance and ease of achieving the necessary skills were assessed for the application of a toolkit on this philosophy, and this philosophy was compared with the conventional methods using the simulator LEAPCON. It was found that it is possible to apply some of the tools of Lean Construction, especially the Last Planner and, through the simulator, was verified that this new philosophy presents significant benefits in construction projects.

Keywords: Lean Construction, Last Planner, Construction Management.

1. INTRODUCCIÓN

La construcción como actividad productiva presenta numerosos factores que afectan su rentabilidad o beneficio final esperado. De acuerdo a Koskela (1993), el exceso en consumo de materiales en la obra es de

aproximadamente 10%. En cuanto a los procesos de flujo de trabajo, la proporción media del tiempo de trabajo utilizado en actividades de valor añadido se estima en 36% (Oglesby, et al., 1989). En los últimos años han surgido propuestas concretas para optimizar de forma drástica la práctica constructiva, se ha experimentado y se han obtenido datos favorables frente a nuevas técnicas de administración.

Las ideas de la filosofía Lean nacieron en Japón en el año 1950, como una alternativa para mejorar los sistemas de producción. La aplicación más prominente fue la ejecutada en el sistema de producción de la Toyota, por el ingeniero Ohno (Monden, 1983; Shingo, 1984; Ohno, 1988; Ohno, 1988; Shingo, 1988; Koskela, 1992). De esto nace la visión de Lean Construction como una manera de reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al producto final y a optimizar las actividades que sí agregan valor. No obstante, en República Dominicana no se tienen casos de aplicación de la misma.

2. ¿QUÉ ES LEAN CONSTRUCTION?

Según el Instituto de Lean Construction (ILC), Lean Construction es una filosofía orientada hacia la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas). Se enfoca en crear un sistema de producción ajustado que minimice residuos y herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución de proyectos.

3. PRINCIPIOS DE LEAN CONSTRUCTION

La industrialización de la construcción es muy compleja, por esto es importante regirse de normas o principios que encaminen hacia un mejor entendimiento de lo que implica la implementación de Lean Construction en cualquier proyecto de ingeniería civil. Algunos principios por los cuales podemos regirnos en la filosofía Lean son:

- Identificar el valor del proyecto e incrementarlo bajo las necesidades del cliente
- Programar el flujo de valores (Value stream mapping)
- Simplificar y minimizar pasos y etapas (Flow)
- Implementar la entrega por demanda (Pull)
- Buscar la perfección y el desarrollo continuo
- Reducir la variabilidad
- Reducir los tiempos de ciclo
- Incrementar de la flexibilidad
- Incrementar la transparencia
- Otorgar poder de decisión a los trabajadores
- Benchmarking (Modelos de éxito)

4. HERRAMIENTAS DE LEAN CONSTRUCTION

Para un entendimiento óptimo de Lean Construction, es necesario entender cuáles son las funciones de cada una de las herramientas que forman parte del mismo. Estas existen, como forma de simplificar la aplicación de Lean Construction en los procesos de administración y gestión de una obra. Según distintos autores (Picchi, 1993; Womack, et al., 1996; From seeing to doing, 1999; Bertelsen, 2001) las herramientas no son más, que la aplicación de los principios teóricos a la práctica profesional.

4.1 ADMINISTRACIÓN DE PROCESOS POR DEMANDA (PULL-DRIVEN PROCESS MANAGEMENT)

Consiste en ejecutar una actividad sólo cuando sea pre-requisito inmediato de otra actividad. Su objetivo es construir de forma óptima en términos de tiempo y costo, sin olvidar la calidad.

4.2 JUSTO A TIEMPO (JUST IN TIME)

“JIT (De sus siglas en inglés Just In Time) es una herramienta usada para describir la transportación de materiales al sitio de la construcción, implicando que estos materiales serán trasladados a su destino para su fácil instalación y serán instalados inmediatamente lleguen a su localización final, sin ningún tipo de demora como ser almacenados en algún lugar o área definida (Tommelein, et al., 1999).

4.3 REINGENIERÍA EN EL PROCESO DE NEGOCIO (BUSINESS PROCESS REENGINEERING)

Reingeniería es el acto de rediseñar y repensar ciertos procesos de la producción. Es realizar los cambios necesarios para una mejora en costo, calidad, servicio y tiempo de entrega (Hammer, et al., 1993).

4.4 SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN BASADO EN LA LOCALIZACIÓN (LOCATION BASED MANAGEMENT SYSTEM)

Esta herramienta es un sistema técnico de administración natural de Lean Construction, que se concentra en pronosticar el ciclo de obra mientras este se ejecuta a través de las localizaciones de los equipos de trabajo, conjunto a su distribución y movimiento, lo que permite identificar posibles tiempos de holgura. El sistema se basa en cuatro principios básicos: Punto de referencia o línea base, flujo, progreso y pronóstico (Seppänen, et al., 2010).

4.5 GESTIÓN DE CALIDAD TOTAL (TOTAL QUALITY MANAGEMENT)

Es un conjunto de estrategias de gestión basadas en conseguir que se cumplan las demandas del cliente. Se enfoca en el cumplimiento de los procesos y en la mejora continua de estos. La calidad debe estar controlada y aprobada antes de que una actividad sea caracterizada "completa". Con esto, se asegura que las actividades subsecuentes no se realicen a partir de actividades defectuosas (Misfeldt, et al., 2004).

4.6 ÚLTIMO PLANIFICADOR (LAST PLANNER SYSTEM)

El sistema denominado Último Planificador, herramienta más utilizada dentro de la filosofía de Lean Construction, presenta cambios fundamentales en la manera como los proyectos son controlados y planificados. El método incluye la definición de unidades de producción y el control del flujo de actividades, mediante asignaciones de trabajo. Adicionalmente facilita la obtención del origen de los problemas y la toma oportuna de decisiones relacionada con los ajustes necesarios en las operaciones para tomar acciones a tiempo, lo cual incrementa la productividad” (Botero Botero, et al., 2005).

El Último Planificador está compuesto por tres fases o componentes, las cuales se enfocan en diferentes periodos de tiempo y a su vez en detalles de planificación:

La primera de estas es la Planificación General i.e. el plan maestro de la ejecución del proyecto. En segundo orden la Planificación Intermedia (Lookahead), que consiste en detallar por periodos de 4 a 6 semanas la Planificación General, de modo que no existan desperdicios (materiales y tiempo); por último se tiene la Planificación Semanal, donde se realiza por medio del Porcentaje de Actividades Completadas (PAC), midiendo el porcentaje del plan completado y permitiendo aprender de las causas de no cumplimiento.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

Para desarrollar el alcance que la filosofía podría adquirir en la República Dominicana, las variables que se estudiaron fueron: 1) Importancia y facilidad de logro de las competencias necesarias para la aplicación de las herramientas de Lean Construction, 2) Posibles beneficios de la aplicación de esta filosofía.

Para medir las variables 1, se elaboró un listado de competencias (32) asociadas a cada herramienta de Lean, basado en un estudio previo (Prioritising Lean Construction Barriers in Uganda's Construction Industry, 2009) y una validación de expertos locales. Se elaboraron dos cuestionarios uno por cada variable (importancia y facilidad de logro) donde en una escala numérica 1-5 se podían evaluar cada competencia. La muestra consistió en 134 ingenieros civiles con más de 5 años de experiencia laboral en construcción.

El resultado de estas, pretende expresar, primero, la importancia que le merece a los ingenieros las distintas competencias en la construcción; segundo, la facilidad de ser logradas las competencias según el criterio de los mismos ingenieros, entendiendo por el término subrayado, la habilidad de ser alcanzadas las competencias en un futuro, cercano o no, sin relación a la situación actual dominicana; tercero, la relación que guarda la valoración de las competencias en base a su importancia y su facilidad, pudiendo responder esto, si el enfoque de recursos de lo que se cree “importante” superar o cumplir, es realmente lo más fiable a realizar, teniendo en cuenta el efecto del uso de tales competencias en la productividad de la construcción; Cuarto, establecer a partir de los datos recogidos, cuál o cuáles herramientas, Dominicana, en base a la muestra, está más próxima a cumplir.

Para la parte 2 se aplicó el simulador LEAPCON, para estudiar las ventajas de la nueva filosofía en comparación a la filosofía convencional de la construcción. Las variables a medir por el simulador LEAPCON son: Costo, Tiempo y Calidad. A partir de una muestra de 20 Ingenieros Civiles y 20 estudiantes de término, de la misma carrera, se realizaron dos rondas de simulación.

El simulador Technion LEAPCON (Technion Lean Apartment Construction), desarrollado por el Dr. Rafael Sacks, representa la construcción de un edificio de 8 niveles con 4 apartamentos en cada piso. Fue inicialmente desarrollado para probar el impacto del modelo de administración Lean propuesto como respuesta al desperdicio característico que fue identificado en la metodología convencional de planificación y manejo de construcción en edificios residenciales de gran altura. LEAPCON aplica las herramientas de Lean Construction: entrega por demanda y uso de equipos polivalentes. El proceso de construcción es realizado y dirigido por 10 personas que juegan diversos roles que intervienen en un proyecto de construcción. Estos roles son: Director de Proyecto, Gerente de Servicios al Cliente, Controlador de Calidad, Operador de Grúa, Subcontratista de Piso, Subcontratista de Particiones, Subcontratista de Ductos, Subcontratista de Techo, Seleccionador de Opciones y Receptor. La metodología de medición, es en base a los resultados que presenta el mismo juego, estos son: Tiempo de Ciclo, Rendimiento del equipo de trabajo, WIP (De las siglas en inglés Work In Progress), calidad y el flujo de caja.

6. RESULTADOS

6.1 NIVEL DE IMPORTANCIA Y FACILIDAD DE LOGRAR

Del estudio se obtuvieron los datos siguientes:

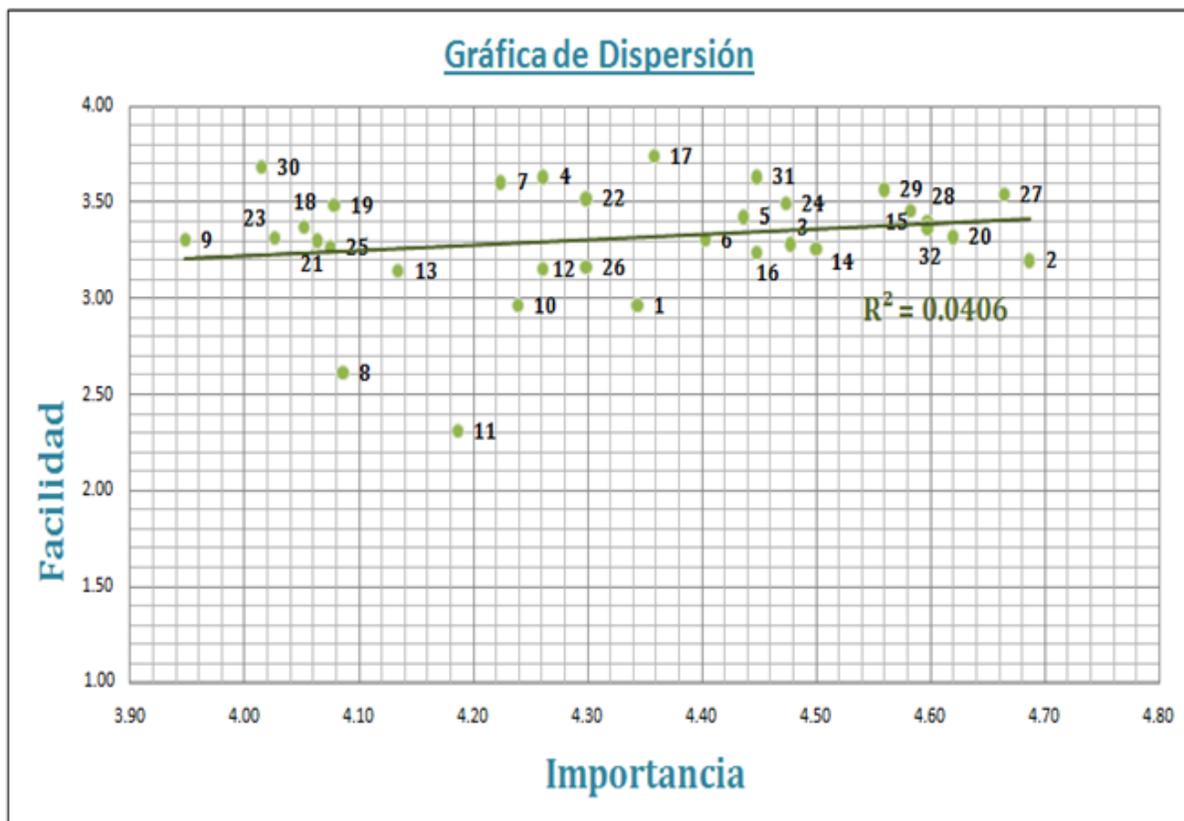
Tabla 1: Competencias más importantes para la productividad

1. Coordinación entre los equipos de trabajo
2. Materiales de calidad
3. Suministro de materiales y herramientas justo cuando sean requeridos
4. Diseños completos
5. Compromiso de trabajo constante

Tabla 2: Competencias más fáciles de ser logradas

1. Documentar los acuerdos y procedimientos
2. Utilización de piezas estándares
3. Capacidad de medir el rendimiento y progreso del equipo
4. Objetivos bien dirigidos del equipo
5. Diseños factibles de construir

El promedio de importancia considerado por los encuestados es de 4.47, siendo el valor más alto 4.69 correspondiente a la competencia Coordinación entre los equipos de trabajo mostrado en la Tabla 1. Los encuestados valoran la facilidad de las competencias en un promedio de 3.42, siendo la competencia más fácil de ser lograda Documentar los acuerdos y procedimientos con un 3.74, mostrado en la Tabla 2.



Gráfica 1: Dispersión Importancia vs. Facilidad

Tabla 3: Competencias más importantes y fáciles

27. Materiales de calidad
2. Coordinación entre los equipos de trabajo
20. Suplir de materiales y herramientas justo cuando sean requeridos
28. Compromiso de trabajo constante
29. Entendimiento de las necesidades del cliente

A partir de la Gráfica 1 se determinan las competencias más importantes y a la vez más fáciles de ser logradas (Ver Tabla 3). Lo que se observa en la Gráfica 1, es la relación de las competencias encuestadas en base a la

Importancia vs. facilidad de ser logradas. Las competencias que se encuentran en una relación mayor, son las que son más importantes y a la vez de las que se tiene mejor percepción en base a la facilidad de ser logradas, mostradas en la Tabla 3. El coeficiente de correlación que se presenta es de $R^2=0.0406$.

Se cuestionó además, de manera hipotética, si existiera una metodología para reducir las barreras que impiden aplicar estas competencias, si se estaría dispuesto a invertir tiempo y dinero en su aplicación, de ser afirmativa la respuesta tendrían que especificar, entre una lista dada, la cantidad de horas que invertiría a modo de un curso o diplomado. Los resultados fueron:

De acuerdo a la decisión de poder invertir tiempo y dinero en una metodología para reducir las barreras que impiden aplicar estas competencias, un 89%, respondieron de manera afirmativa mostrado en la Gráfica 2. De estos, la mayor parte de los encuestados, un 39% respondió tener la disposición de participar 4-16 horas mostrado en la Gráfica 3. Esta cantidad de horas, puede significar participar en un seminario.



Gráfica 2: Disposición a invertir tiempo y dinero en la aplicación



Gráfica 3: Tiempo a invertir

7. SIMULADOR LEAPCON

Se realizaron 4 rondas del simulador, cuyos resultados fueron:

Tabla 4: Resultados

Ronda 1	Departamentos Completados y Aprobados (Unidades)	Departamentos Defectuosos (Unidades)	Departamentos Totales (Unidades)	Trabajo en Progreso W.I.P. (Unidades)	Rendimiento (Unidades/min)	Flujo de Dinero (\$)
Convencional 1	3	1	4	12	0.36	-\$ 11,500
Convencional 2	15	1	16	6	2.07	\$ 500
Lean Construction 1	21	3	24	1	2.73	\$ 6,500
Ronda 2	Departamentos Completados y Aprobados (Unidades)	Departamentos Defectuosos (Unidades)	Departamentos Totales (Unidades)	Trabajo en Progreso W.I.P. (Unidades)	Rendimiento (Unidades/min)	Flujo de Dinero (\$)
Convencional 1	6	2	8	10	0.68	-\$ 9,000
Convencional 2	9	3	12	10	1.31	-\$ 8,500
Lean Construction 1	16	3	19	3	2.23	\$ 2,000
Ronda 3	Departamentos Completados y Aprobados (Unidades)	Departamentos Defectuosos (Unidades)	Departamentos Totales (Unidades)	Trabajo en Progreso W.I.P. (Unidades)	Rendimiento (Unidades/min)	Flujo de Dinero (\$)
Convencional 1	3	1	4	15	0.36	-\$ 14,500
Convencional 2	16	0	16	8	1.98	\$ 0
Lean Construction 1	24	2	26	5	2.78	\$ 5,000
Ronda 4	Departamentos Completados y Aprobados (Unidades)	Departamentos Defectuosos (Unidades)	Departamentos Totales (Unidades)	Trabajo en Progreso W.I.P. (Unidades)	Rendimiento (Unidades/min)	Flujo de Dinero (\$)
Convencional 1	0	0	0	16	0.00	-\$ 16,000
Convencional 2	10	2	12	6	1.90	-\$ 3,000
Lean Construction 1	13	0	13	5	1.80	\$ 1,500

Las rondas 1 y 2, tabla 4, fueron realizadas por Ingenieros Civiles que ejercen la carrera en República Dominicana actualmente. Las rondas 3 y 4, tabla 4, fueron realizadas por estudiantes de término de ingeniería civil.

Los departamentos aprobados son aquellos que cumplen con el tipo de apartamento y calidad especificada. Los departamentos totales es la suma de los departamentos aprobados y los departamentos defectuosos. El trabajo en progreso es la cantidad de apartamentos que quedaron en construcción después de finalizada la ronda. El flujo de dinero se calcula de la siguiente forma, se paga \$1500 por cada apartamento completado y aprobado, pero se cobra \$1000 por cada apartamento que iniciara su construcción; es decir, por cada apartamento completado y aprobado se tiene una ganancia neta de \$500.

8. CONCLUSIONES

1. Para los ingenieros civiles dominicanos, merece importancia vasta la totalidad de competencias presentadas y encuestadas, lo que indica la posibilidad de que, de existir los recursos suficientes, las mismas pueden ser un foco de atención para estos.
2. No se tiene una correspondencia entre importancia y facilidad, en cierto modo, los recursos que se establecen en la administración de la construcción, no están enfocados a aquellas competencias que son más fáciles de lograr, y que en ciertos aspectos pueden mejorar la productividad del proceso constructivo.
3. Concluyendo a partir de los resultados de la gráfica de dispersión, y correspondiendo tales competencias con su relación a los principios de Lean Construction, se tiene que los dos principios más cercanos a la actualidad dominicana son el trabajo en equipo y lograr un flujo de trabajo ininterrumpido.

4. Esto indica, en definitiva, que es posible la aplicación del sistema del Último Planificador, y con este, aumentar la productividad en la construcción dominicana.
5. Los resultados del simulador LEAPCON, permitieron ilustrar las ventajas de la filosofía Lean frente a la situación convencional, observándose un aumento de productividad en el 75% de los casos y un aumento considerable en el flujo de caja en todos los casos observados.

REFERENCIAS

Bertelsen, Sven. 2001. *Lean Construction As An Integred Production*. Holte : s.n., 2001.

Botero Botero, Luis Fernando and Alvarez Villa, Martha Eugenia. 2005. *Last Planner, un avance en la planificacion y control de proyectos de construccion*. 2005, Ingenieria & Desarrollo, pp. 1-13.

Hammer, M and Champy, J. 1993. *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. London : Harper Collins, 1993.

Koskela, Lauri. 1992. *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Stanford University, Ca : CIFE, 1992.

Misfeldt, Esben and Bonke, Sten. 2004. *Quality Control in Lean Construction*. Copenhagen : IGLC, 2004.

Monden, Yasuhiro. 1983. *Toyota Production System*. Norcross, GA : Industrial Engineering and Management Press, 1983. pp. Monden, Yasuhiro. 1983. *Toyota Production System*. Industrial Engineering and Management Press.

Mwanaki Alinaitwe, Henry. 2009. *Prioritising Lean Construction Barriers in Uganda's Construction Industry*. 2009, Journal of Construction in Developing Countries, p. 17.

Oglesby, Clarkson H, Parker, Henry and Howell, Gregory. 1989. *Productivity Impromovement in Construction*. New York : McGraw-Hill, 1989.

Ohno, Taiichi. 1988. *Toyota production system*. Cambridge, MA : Productivity Press, 1988.

Ohno, Taiichi. 1988. *Workplace management*. Cambridge, MA : Productivity Press, 1988.

Picchi, Flávio A. 1993. *Lean Principles and the construction mainflows*. 1993.

Seppänen, Olli, Ballard, Glenn and Pesonen, Sakari. 2010. *The Combination Of Last PLanner System And Location-Based Management System*. s.l. : Lean Construction Journal, 2010.

Shingo, Shigeo. 1988. *Non-stock production*. Cambridge, Ma : Productivity Press, 1988.

Shingo, Shigeo. 1984. *Study of 'TOYOTA' Production System*. Tokyo : Japan Management Association, 1984.

Tommelein, Iris D. and Weissenberger, Markus. 1999. *More Just-In-Time: Location of buffers in structural steel supply and construction processes*. Berkeley : University of California, 1999.

Womack, J. and Jones, D. 1996. *Lean Thinking*. s.l. : Simon And Shuster, 1996.

Womack, J.P. 1999. *From seeing to doing*. Atlanta : s.n., 1999. Proc. Lean Summit 99. p. 11.

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a Laccei para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. Laccei o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.