

Operational Losses in Urbanization Construction: Causes and Solutions Analysis using the philosophy of Lean Construction

Carlos Rodríguez-Díaz, PhD, Gilbert Añazco-Campoverde, Ing, Johnny Sanchez-Buri, Ing, Kenny Escobar-Segovia, MSc.

Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Campus Gustavo Galindo Km 30,5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador

crodrigu@espol.edu.ec, ganazco@espol.edu.ec, johcrsan@espol.edu.ec, kescobar@espol.edu.ec

Abstract— This study presents an analysis of methodologies to improve productivity, based on the Lean Construction philosophy (Construction without losses), 3 methodologies were applied to the construction of an urbanization, first a Survey of detection of work losses, which is carried out to identify sources of losses and frequencies that occur within the work; second a Survey of detections and delays to identify the sources of interruptions of greater frequency and to quantify their times during the working day; and third, the Resource Balance Chart, which is applied on the field to the construction crews, with the objective of analyzing the efficiency of the construction methodology used. The activities chosen to carry out the analysis of the third methodology are: Wall Masonry, Facade Plastering and Floor Tiles; these items directly affect the construction project, since these activities together represent approximately 50% of the total budget allocated to finishings; that is, almost 20% of the total budget of the work [1]. Finally, solutions are proposed to the problems identified within the work, based on the criteria of Lean Construction. The problems encountered and their possible solutions can serve as a guide for future civil works projects, which seek to obtain high levels of productivity, competitiveness and profitability.

Keywords— Lean Construction, Construction Management, Resource utilization chart

Digital Object Identifier (DOI): http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.67 ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390
--

Pérdidas operacionales generadas en la construcción de una urbanización: análisis de sus causas y soluciones mediante la filosofía de Lean Construction

Carlos Rodríguez-Díaz, PhD, Gilbert Añazco-Campoverde, Ing, Johnny Sanchez-Buri, Ing, Kenny Escobar-Segovia, MSc.

Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, Campus Gustavo Galindo Km 30,5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador

crodrigu@espol.edu.ec, ganazco@espol.edu.ec, johcrsan@espol.edu.ec, kescobar@espol.edu.ec

Resumen.- En el presente estudio se analizan metodologías para mejorar la productividad, basadas en la filosofía Lean Construction (Construcción sin pérdidas). Se aplicaron 3 metodologías a la construcción de una urbanización, la primera una Encuesta de detección de pérdidas de obra, la cual se realiza para identificar fuentes de pérdidas y frecuencias con que ocurren dentro de la obra; la segunda una Encuesta de detecciones y demoras para identificar las fuentes de interrupciones de mayor frecuencia y cuantificar sus tiempos durante la jornada de trabajo; y la tercera, la Carta de Balance de Recursos, la cual se aplica en campo a las cuadrillas, con el objetivo de analizar la eficiencia del método constructivo utilizado. Las actividades escogidas para realizar el análisis de la tercera metodología son: Mampostería de Paredes, Enlucido de Fachada y Cerámica de Piso; estos rubros afectan directamente a la constructora, ya que estas actividades en conjunto representan aproximadamente el 50% del total de presupuesto destinado para el rubro de acabados; es decir, casi un 20% del presupuesto total de la obra [1]. Finalmente, se plantean soluciones a los problemas encontrados dentro de la obra, teniendo como base los criterios de Lean Construction. Los problemas encontrados y sus posibles soluciones pueden servir de guía para futuros proyectos de obras civiles, los cuales busquen obtener altos niveles de productividad, competitividad y rentabilidad.

Palabras claves.- Lean Construction, Construction Management, Carta de balances y recursos.

I. INTRODUCCIÓN

La construcción es uno de los sectores económicos más importantes en Ecuador, en el cual se invierten grandes cantidades de dinero y generan muchos puestos de trabajos. Según cifras de la Cámara de la Industria de la Construcción CAMICON, las fuentes de trabajo creadas en este sector de manera directa alcanzan alrededor de 500000 trabajadores; es decir que la construcción aporta con el 8% del empleo total nacional. Es por esto que las empresas constructoras tienen una gran influencia para el crecimiento y desarrollo de la economía nacional.

La medición del Producto Interno Bruto (PIB) realizado por el Banco Central del Ecuador ubica a la construcción como el quinto sector con mayor crecimiento en la última década, en el periodo 2005 y 2015, con un 85,5%. Sin embargo, la tasa de variación porcentual ha tenido un decrecimiento progresivo a partir del año 2011 debido a múltiples causas que han afectado

la economía del país a lo largo de estos años, como el bajo precio del petróleo, la destinación de menos recursos por parte del Gobierno a la inversión pública y a que el sector inmobiliario perdió dinamismo.

El escritor estadounidense Charles Bukowski dijo: “El conocimiento si no se sabe aplicar es peor que la ignorancia”, y es la realidad de muchas empresas constructoras. Existen pérdidas operacionales dentro de sus empresas, y muchas veces son debido a la falta de conocimiento que tienen sobre estas pérdidas, que tal vez parecen insignificantes, pero al final son un gran impacto negativo para la empresa. Las empresas constructoras no han tomado conciencia de varios factores que las perjudican, y Salvador Torres menciona en su libro “La reorganización y el modelo MAC4DV”, factores que afectan a las empresas como falta de liquidez (crédito), baja en las ventas (falta de clientes), robo, fraude, soborno y corrupción; además se puede agregar el excesivo desperdicio de material, los bajos rendimientos de trabajadores, mala administración de recursos, entre muchos factores más.

Debido a las razones antes mencionadas, las empresas constructoras deben optimizar y utilizar los recursos que son invertidos en ella de la manera más eficiente posible para poder afrontar la crisis que el país está afrontando, obtener una mayor ganancia y no tener pérdidas que perjudiquen a la empresa, o tratar de minimizar dichas pérdidas. Es por eso que se plantea este proyecto de “Pérdidas Operacionales generadas en la construcción de una urbanización: análisis de sus causas y soluciones mediante la filosofía de Lean Construction”.

Profesionales que han adaptado los conceptos de Lean Construction en sus proyectos han entregado al cliente un producto final en un menor tiempo, a un menor costo y con una mayor calidad, sin embargo, aún falta inculcar esta nueva filosofía a los encargados de las diferentes etapas de construcción, para que así obtener mejores resultados. La obra de construcción a la cual se realiza el estudio en cuestión es la construcción de una Urbanización en la ciudad de Guayaquil, gracias a la apertura por parte de “CJC OBRAS Y PROYECTOS CONSTJALKA S.A.”, la cual dio todas las facilidades para realizar el estudio.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.67>

ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

La filosofía Lean empezó hace más de dos décadas, siendo el sector automotriz el primero en adoptar esta idea y luego de a poco se fue extendiendo a otras industrias. Este nuevo modelo productivo se está adoptando de manera desigual según sectores y áreas geográficas, pero ya es un hecho a nivel global. En la construcción, los cambios son más lentos, pero se están produciendo grandes avances principalmente en Estados Unidos y su aplicación está creciendo rápidamente por todo el mundo.

En Reino Unido, Dinamarca, Finlandia y otros países europeos han comenzado a utilizar esta filosofía de Lean Construction, y en América Latina hay un enorme interés por la aplicación de Lean Construction, que se aprecia de manera notable en países como Chile, Colombia, Brasil, Perú o Panamá, en donde han obtenido buenos resultados en productividad, seguridad, calidad, reducciones significativas de tiempo de entrega de proyectos, entre otros [2].

Existen en el Ecuador, empresas constructoras que están empezando a utilizar esta filosofía desde el año 2001 [3].

Con este fin se planteó el siguiente objetivo general:

- Detectar pérdidas operacionales en la construcción de una urbanización.

Y los siguientes objetivos específicos:

- Detectar fuentes de pérdidas y las causas que las generan, a través de la filosofía Lean Construction.
- Cuantificar los rendimientos de las cuadrillas y el material utilizado para los rubros analizados.
- Dar soluciones para mejorar la productividad en futuras construcciones.
- Dar soluciones a los problemas encontrados dentro la construcción de la urbanización.

II. METODOLOGIA

Este estudio busca detectar las pérdidas más frecuentes que ocurren en una obra y que muchas veces son ignoradas; además de evaluar el impacto que tendría realizar una buena administración operacional en actividades de construcción como mampostería, albañilería y acabados, que se llevan a cabo en la urbanización.

Las actividades antes mencionadas se encuentran dentro de las actividades que presentan mayores porcentajes de pérdidas de acuerdo a las entrevistas realizadas al personal técnico de la obra. Aunque existen otras actividades, como fundición de hormigón en sitio y el movimiento de tierra que tal vez presenten mayores pérdidas, estas actividades ya habrían sido realizadas en la construcción, por lo que no se pudo realizar el análisis a estas actividades.

La información sobre pérdidas en la construcción se obtiene a partir de la revisión de literatura, ya sea en documentos, memorias de título o libros. Las pérdidas se pueden clasificar según su origen, estudiando las relaciones que existen entre sí. Aquellas actividades que no agregan valor son consideradas como pérdidas, ya que consumen tiempo, recursos y espacio, generando costos en el proceso de construcción [4]. Debido a que son actividades muy mecanizadas y muchas veces aprendidas de manera empírica; las pérdidas que generan la mampostería, albañilería y acabados han sido muy poco estudiadas. Muchas veces no se realiza el proceso constructivo de la manera correcta, eficiente y de buena calidad como se espera, sino que se deja ese trabajo en manos de los obreros, que por no tener una adecuada capacitación lo realizan mal. Todo esto genera que el producto final sea de baja calidad, que muchas veces se deba volver a realizar trabajos para corregirlos, ocasionando gastos extras e innecesarios, atrasos en actividades siguientes, multas y al final se atrasa toda la obra, perjudicando a la constructora encargada.

Características comunes en los proyectos de construcción tales como la baja productividad, tiempos de espera, procesos innecesarios, recursos en exceso, malos estándares de calidad, problemas de inseguridad industrial, pobres condiciones de trabajo, entre otras pérdidas que han ocurrido frecuentemente. Es por esto que la filosofía “Lean Construction” trata de minimizar o eliminar las pérdidas descritas anteriormente.

Debido a estas razones se debe desarrollar a corto o mediano plazo proyectos bajo el amparo de Lean Construction. En este estudio se plantean varias metodologías para detectar las pérdidas operacionales a la obra de construcción descrita anteriormente y a su vez se plantean posibles soluciones para los problemas encontrados para futuras construcciones.

Las metodologías de Lean Construction que se desarrollaron en el estudio son: “Encuestas de Detección de Pérdidas en obra”, “Encuestas de Detenciones y Demoras”, y “Carta de Balance de Recursos”. Una de las metodologías plantea la filosofía Lean Construction, la cual incentiva a reducir al mínimo estas pérdidas identificando los motivos de estas y aumentando la productividad, además de tener una visión general de las pérdidas que ocurren en una empresa, desde la parte administrativa hasta el proceso constructivo.

La “Encuesta de Detección de pérdidas en obra” fue elaborada por el Departamento de Gestión de la Construcción de la Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile, con el objetivo de identificar las fuentes de pérdidas y las frecuencias con que ocurren las mismas dentro de la obra en construcción [5]. Esta herramienta permite identificar de una manera general, las pérdidas que ocurren dentro de una obra desde la visión del equipo técnico de trabajo involucrados en la construcción de la misma, ya que son los que están presentes

durante la etapa de construcción, se obtiene las pérdidas más frecuentes, y los supervisores de la obra podrán conocer en donde están fallando y con esto, podrán focalizar su atención en los puntos encontrados y tomar correctivos para que no vuelva a suceder o se las pueda disminuir; esto será un trabajo en conjunto entre todo el equipo de trabajo para una futura construcción.

Con la metodología “Encuestas de Detección de Pérdidas” se establece tres rubros o actividades de la construcción para poder realizar el análisis específico a través de las dos últimas metodologías propuestas en este documento.

La metodología de Encuesta de Detenciones y Demoras es una herramienta para mejorar la evaluación y retroalimentación; es decir, permite identificar las causas de desviaciones en los costos unitarios e implementar una acción correctiva que le permita al mismo tiempo recolectar información no filtrada [6]. Esta herramienta se aplica a diferentes cuadrillas de trabajo, con el objetivo de identificar las fuentes de interrupciones de mayor ocurrencia, y además de cuantificar los tiempos de las detenciones y demoras que tienen los trabajadores durante la jornada de trabajo.

La Encuesta de Detenciones y Demoras es una planilla que debe ser llenada por el jefe de cuadrilla al finalizar la jornada laboral o durante el transcurso de ese día, en donde debe identificar y estimar lo más exacto posible el tiempo perdido debido a detenciones y demoras, las cuales están especificadas en la planilla o puede agregar alguna que considere necesaria. Esto permite determinar las pérdidas de horas-hombres durante la jornada laboral asociadas a alguna causa específica, las cuales influyen en el rendimiento de la cuadrilla.

La última metodología denominada Carta de Balance de Recursos conocida también como carta de equilibrio de cuadrilla es un gráfico de barras verticales que muestra el tiempo en minutos de los recursos (mano de obra, equipos, máquinas, entre otros), que son utilizados en el desarrollo de una actividad específica. Este gráfico tiene en su ordenada el tiempo del ciclo o el tiempo como porcentaje del tiempo total del ciclo, y en la abscisa se indican los diferentes recursos muestreados que son representados por cada barra; estas barras se subdividen en el tiempo según sea la secuencia de actividades en que participa el respectivo recurso considerando tiempos improductivos y trabajos inefectivos.

De acuerdo con Serpell (1990) [7], el objetivo de esta metodología es analizar la eficiencia del método constructivo utilizado, para conseguir que se trabaje de forma más inteligente, en vez de presionar a los obreros para que trabajen más duro y cumplan con actividades que no les corresponden.

Se realizan mediciones del tiempo utilizado por cada recurso para ejecutar alguna actividad específica de construcción, con las cuales se busca tener clara la secuencia constructiva empleada para posteriormente optimizar el proceso que se está analizando, la posibilidad de introducir un cambio tecnológico y determinar los porcentajes de ocupación del tiempo de cada recurso; todo esto con el objetivo de aumentar el trabajo productivo y disminuir los trabajos contributivos y no contributivos. Las mediciones deben ser realizadas en diferentes días, horas y cuadrillas para validar su precisión y variación; además, de acuerdo con Serpell (1992) [8], es necesario realizar 384 mediciones para que sean estadísticamente válidas.

La metodología de Carta de Balance se aplicará a tres rubros, los cuales fueron escogidos previamente en la metodología de Entrevista y Encuesta de Detección de Pérdidas, y estos son: Mampostería de Paredes, Enlucido de Fachada y Cerámica de Piso.

III. MARCO TEORICO

Desde algunos años, el gobierno impulsa una serie de políticas para dinamizar al sector de la construcción mediante incentivos, con la intención de solidificar el mercado y aportar beneficios económicos y sociales. De acuerdo a la Federación Interamericana de la Industria de la Construcción (FIIC), las inversiones realizadas por el gobierno, contribuyeron de forma significativa al Producto Interno Bruto (PIB) total, siendo la industria de la construcción la segunda de mayor crecimiento (9% promedio entre 2010 y 2013), superada solo por Seguridad y Defensa (14%). Con un crecimiento del 8,6% en 2013, 5,5% en 2014 y 10% en 2015, la construcción sigue ubicándose como uno de los sectores de mayor dinamismo de la economía y productividad.

Según expresa Coronel (2010) [9], la industria de la construcción es importante por las siguientes razones:

- Requerimientos de vivienda e instalaciones para la mayoría de actividades económicas y sociales, así como de infraestructura de un país.
- Importante utilización de recursos financieros (públicos y privados), ya que demanda una alta inversión para las obras que ejecuta.
- Fuente importante de empleo. En cada proyecto intervienen desde profesionales especializados y comerciantes, hasta un número considerable de obreros.
- Actividades indirectas, que activan otros sectores productivos de un país.

Es por esto que la industria de la construcción es una parte fundamental en el desarrollo de la sociedad y representa uno de los sectores económicos más importantes del país; más aún con los graves sucesos ocurridos en abril de 2016, donde el

terremoto de 7,8 en la escala de Richter golpeó la costa ecuatoriana causando innumerables daños constructivos en casas, edificios, carreteras, obras civiles y donde nuevamente la construcción pondrá de pie al país. La industria de la construcción es el motor que conduce al progreso de nuestra sociedad.

De acuerdo con Allmon (2000) [10], una mayor productividad significa hacer más con la misma cantidad de recursos o hacer lo mismo con menos capital, trabajo y tierra. Según Botero & Álvarez (2004) [11], Serpell define también a la productividad en la construcción como “la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado”, descrita en la figura 1.

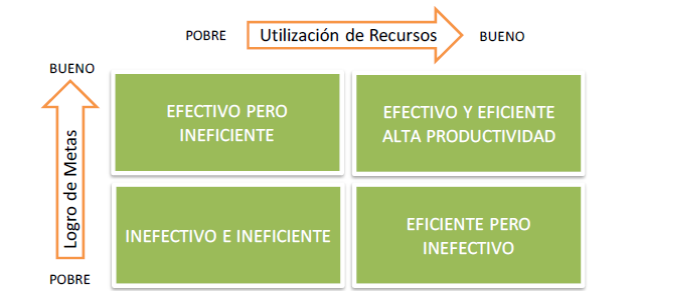


Fig.1 Relación entre Eficiencia, Efectividad y Productividad [7]

La productividad puede ser medida a través de los rendimientos, que es aquella cantidad producida de un cierto rubro y luego comparar con los recursos invertidos para realizar una unidad de obra, tal como se muestra en la figura 2 [12].

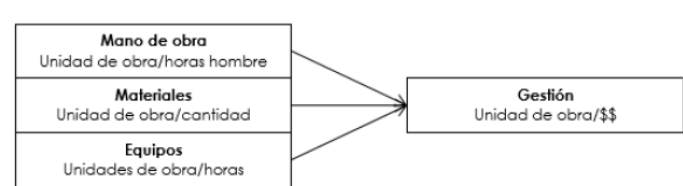


Fig. 2 Gestión de Productividad [12]

Para determinar los rendimientos de cuadrilla, se pueden clasificar en tres actividades de la construcción. [12]):

- A. - Trabajo Productivo: Trabajo que aporta en forma directa a la producción.
- B. - Trabajo Contributorio: Actividades necesarias para que pueda ejecutarse el trabajo productivo.
- C.- Trabajo No Contributorio: Cualquier actividad que no corresponde a las categorías anteriores (caminar con las manos vacías, comprar, fumar, mojarse la cara y las manos, conversar traslado de botellas de bebida, agua y alimentos, descansar, dormir, esperar sin hacer nada, inactividad por fuerza mayor, etc.).

A continuación en la figura 3, se muestran ejemplos de acciones de las tres categorías de niveles de actividad

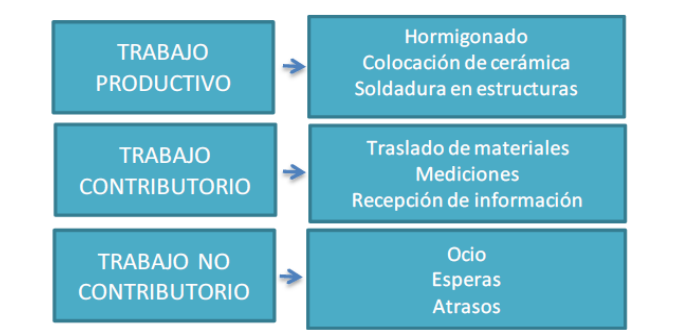


Fig. 3 Ejemplos de las tres categorías de niveles de actividad [13]

De acuerdo a Serpell (2002) [14], se realizó una investigación en proyectos de construcción en Chile en donde se pudo determinar los siguientes promedios:

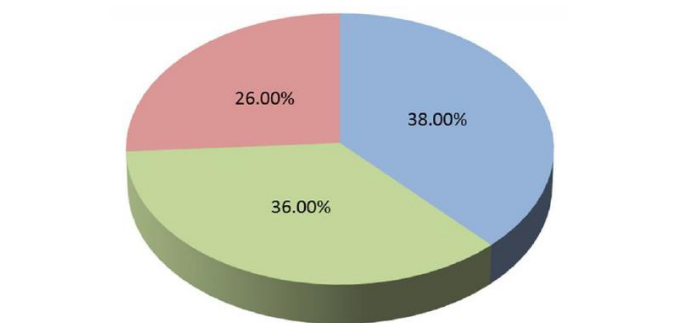


Fig. 4 Nivel de actividad de producción promedio [14]

Para conseguir los valores de tiempos improductivos en una obra, es necesario realizar un muestreo en campo; esta técnica, que ha sido utilizada por varios años, permite asegurar que el porcentaje de TNC varía entre 15% y 35%, y que en promedio da un valor del 24%.

Un 24% de Trabajo No Contributorio es igual a tener un desperdicio de 1/4 de los recursos y de mano de obra. Sin embargo, pensar en un 0% de TNC es algo irreal, ya que el cuerpo y la mente humana necesitan parar para tomar un descanso, por lo que es interesante poder estudiar el porcentaje mínimo aceptable de Trabajo No Contributorio.

Uno de los factores por los que existen pérdidas de la productividad en obra son los viajes excesivos; esto ocurre principalmente por las largas distancias que separan las instalaciones de trabajo, sumándole a esto las instrucciones poco claras que provocan viajes extras para aclarar las mismas; así como también la escasez de medios para transportar el material para poder tener un correcto abastecimiento del mismo. Las esperas y detenciones en obra se deben a la falta de equipos y materiales, al no tener una adecuada coordinación con el distribuidor provocando grandes retrasos a la hora de comenzar las labores diarias; así como también a la falta de

conocimiento de la labor que se va a realizar por parte de los trabajadores debido a una mala planificación y coordinación entre cuadrillas. Además de esto, pueden ocurrir accidentes, conflictos entre el personal de trabajo y traslados a otras áreas debido a la falta de mano de obra para poder terminar una labor; todo esto se traduce en una fuente importante de demoras (Borcherding, 1981).

Contreras (1995), comenta además que la mala capacitación por parte de los obreros, la falta de control y la mala planificación son factores por los que existe pérdida de la productividad.

Campero y Alarcón (2008) [15] mencionan algunas diferencias entre el proceso constructivo de una Filosofía Típica y una Filosofía Lean; que pueden ser complementadas con las descritas por Pons (2014) [16].

A continuación en la tabla 1, se muestran las diferencias más importantes.

TABLA 1

CUADRO COMPARATIVO ENTRE CONSTRUCCIÓN TÍPICA Y CONSTRUCCIÓN LEAN [15] Y [16]

Proyecto Tradicional	Proyecto Lean
Método de la Ruta Crítica.	Método del Último Planificador.
Sistema Push.	Sistema Pull.
Focalizados en Detectar y Corregir.	Focalizados en Prevenir.
No hay un compromiso por parte de todos los miembros de la empresa.	Compromiso por parte de todos los miembros de la empresa.
Aprendizaje irregular.	Aprendizaje continuo.
Fomenta el esfuerzo unilateral, asigna y transfiere el riesgo, no lo comparte	Anima, fomenta, promueve y apoya el intercambio abierto de información e ideas y la colaboración entre múltiples partes.
Una vez el proyecto está diseñado, entonces empieza el diseño de los procesos.	El proyecto y los procesos se diseñan de manera conjunta.
Se persigue el individualismo; el mínimo esfuerzo para el máximo beneficio; por lo general, basado primero en el costo.	Se persigue el trabajo en equipo, basado en la entrega de valor al cliente.
Existen actividades que agregan valor y otras que no agregan valor al producto.	Todas las actividades añaden valor al producto.
El control se realiza a través del costo de las actividades.	El control se realiza a través de tiempo, costo y valor del flujo.
Un especialista toma las decisiones e indica que se ejecuten.	Las partes interesadas aguas abajo participan de las decisiones que se toman aguas arriba.
Las mejoras se dan a través de la implementación de nuevas tecnologías.	Las mejoras se realizan a través de la reducción de las tareas de flujo y aumento de la eficiencia del proceso con mejoras continuas y tecnológicas.

De acuerdo a Lean Enterprise Institute, el pensamiento Lean es aplicable a todo, puesto que es una forma de pensar, una filosofía. El pensamiento Lean es “una forma de especificar valor, alinear acciones creadoras de valor en la mejor secuencia, conducir estas actividades sin interrupciones cuando alguien las solicite y desarrollarlas de una manera más y más eficiente. En resumen, el pensamiento de lean es lean porque provee la forma de hacer más y más con menos y menos –

menos esfuerzo humano, menos materiales, menos equipos, menos tiempo, menos espacio – mientras se acerca y se acerca más a proveer a los clientes con lo que ellos exactamente quieren”.

El objetivo de “Lean Construction” es mejorar el desempeño con que son llevados a cabo los proyectos de construcción; para lograr este mejoramiento continuo y un incremento en el desempeño, Koskela (1992) [17] menciona un conjunto de principios de mejoramiento.

- Incrementar la eficiencia de las actividades que agregan Valor al Producto a través de los Requerimientos del Cliente
- Reducir la Contribución de Actividades que No Agregan Valor
- Reducir la Variabilidad de los Procesos
- Reducir el Tiempo de Ciclo
- Simplificar mediante minimización del número de pasos y partes de un proceso
- Incrementar la Flexibilidad
- Incrementar la Transparencia de los Procesos
- Enfocar el control al proceso completo
- Estructurar el Mejoramiento Continuo de los Procesos
- Balancear el mejoramiento de los flujos y las conversiones
- Referenciar (Benchmarking)

En el “Lean Enterprise Institute” indica siete tipos de desperdicios que se pueden encontrar en cualquier proceso productivo [18]:

1. Defectos: Ejecutar los trabajos correctamente para evitar rehacerlos y corregirlos. Se evita el consumo de materiales, mano de obra para reprocesar, rehacer y para atender las quejas del cliente.
2. Sobreproducción: Hacer lo justo, no más de lo que se consume. Cuando se producen artículos para los cuales no existe demanda, se está queriendo empujar al cliente, aquí se puede aplicar fácilmente del principio de halar y no producir más de lo que es necesario.
3. Exceso de inventario: Tiene un costo por el espacio ocupado, la manipulación y transporte del material. Además, se pueden dañar los materiales y es un desembolso de capital que aún no produce un ingreso.
4. Movimiento excesivo: La disposición de lugar de trabajo debe ser diseñada para tener una ergonomía adecuada. Cuando existen excesivos movimientos innecesarios de personas o de la maquinaria no añade valor al producto.

5. Reprocesamiento: Pasos innecesarios en las actividades, procedimientos o procesos para alcanzar las exigencias del cliente.

6. Transportación: Se refiere al movimiento de materiales. Esto incluye transportar el trabajo en curso largas distancias, llevar y traer en camión a un almacén exterior. El material debería ser entregado en el punto de uso. Cada momento en que un material se mueve hay la posibilidad de que se dañe, se pierda o se pierda su control.

7. Esperas: Tiempo que durante el proceso productivo en el que no se añade valor. Esto incluye esperas de material, información, herramientas, retrasos en el proceso, averías, cuellos de botella.

En la construcción se pueden identificar pérdidas en el proceso constructivo y flujo de trabajo, además de desperdicios físicos en materiales, como madera, alambre, varilla, masilla de desecho, derrocamientos, escombros, etc. Ambas significan recurso, son costosas y, por lo tanto, se requiere eliminarlas para aumentar la productividad. Para poder elaborar e implementar un programa de mejoramiento de la productividad (PMP) para una obra específica se realiza un Estudio de Productividad, el cual consta de varias etapas:

Fase I. Diagnóstico: En esta fase se realiza un estudio para determinar los niveles de productividad de las distintas actividades que conforman la obra. En esta etapa se identifican los problemas de productividad, las fuentes de pérdidas y sus causas. Según Martínez & Alarcón (1988) [19], las herramientas que se pueden utilizar son las siguientes:

- Observación directa
- Muestreos del trabajo
- Análisis de la información de costos
- Encuestas de detección de pérdidas
- Encuestas de detenciones y demoras
- Carta de Balance de Recursos.
- Círculos de calidad

Fase II. Elaboración e Implementación del Programa: Una vez que se ha obtenido la información recopilada de la fase de diagnóstico, se debe seleccionar las técnicas y herramientas necesarias para solucionar los problemas encontrados en cada área. De acuerdo a Pons (2014) [16], las herramientas que se pueden utilizar son las siguientes:

- Last Planner System (LPS) o Sistema del último planificador
- Lean Project Delivery System (LPDS)
- Target Costing o Coste Objetivo
- Integrated Project Delivery (IPD)

Fase III. Fase de Seguimiento y Control: Esta fase consiste en la aplicación de varias técnicas, que están especificadas en el PMP, las cuales permiten una mejora continua a través de evaluación y retroalimentación, estas herramientas pueden ser (Martínez & Alarcón, 1988) [19]:

- Encuestas de detección de pérdidas
- Muestreos del trabajo
- Cuestionarios a los obreros
- Fotografías a intervalos de tiempo
- Filmaciones de video

En el presente documento se realiza el análisis de la fase de diagnóstico, a través de las tres metodologías mencionadas anteriormente. Una metodología que no se realizó en campo, pero que es de gran importancia conocer es Last Planner System o Sistema de Último Planificador.

López (1997) [18] indica que, planificar es determinar lo que se “debería” hacer para completar el proyecto y decidir lo que se “hará” poco a poco. Aunque no todo se “puede” cumplir por muchas limitaciones que puedan retrasar los planes. Lo que se “puede” no siempre es lo que se “hará”. En este sistema de Last Planner, se desarrolla a partir de lo que se “debería” hacer, se identifica y se libera lo que se “puede” avanzar para luego acordar lo que se “hará”.

IV. RESULTADOS

1) Encuesta de Detección de Pérdidas en Obra

Esta metodología consta de dos partes, la primera busca identificar los rubros o actividades de la construcción que generan mayores pérdidas, y la segunda parte permite determinar las fuentes de pérdidas y su grado de ocurrencia; todo esto de acuerdo a la perspectiva de los técnicos de la obra de construcción en estudio.



Fig. 5 Actividades con más pérdidas

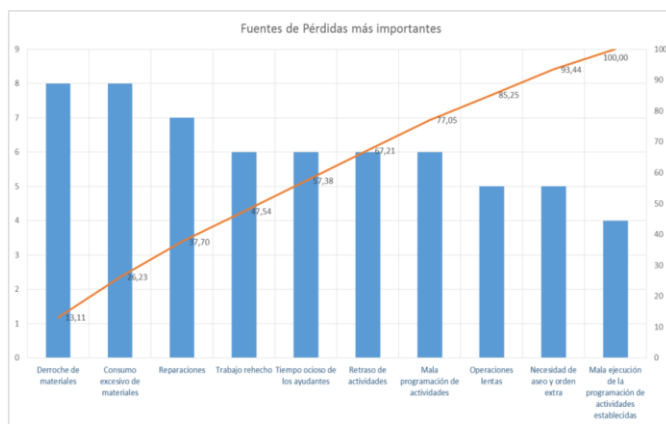


Fig. 6 Fuentes de pérdidas más importantes

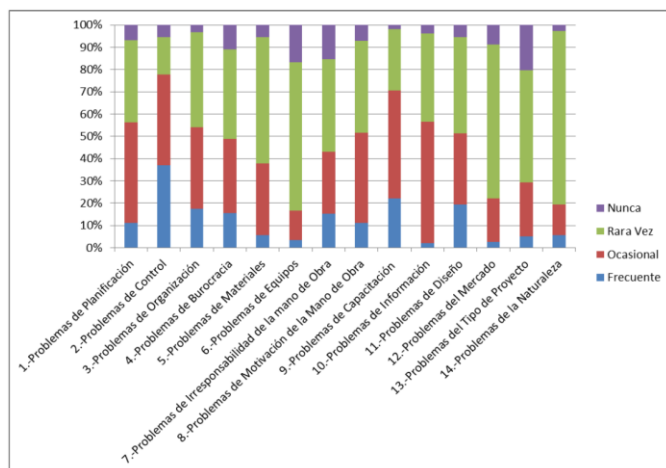


Fig. 7 Frecuencia de ocurrencia de problemas

2) Encuesta de Detenciones y Demoras

Las detenciones y demoras son aquellas porciones de tiempo en que el obrero no puede efectuar trabajo productivo, debido a varias restricciones que se presentan durante la jornada laboral. Esta metodología permite identificar las fuentes más frecuentes de interrupciones a las cuales están expuestos los trabajadores. Se debe desarrollar la encuesta durante 5 días consecutivos, que pueden ser de una semana a otra.

TABLA 2
TOTAL HORAS HOMBRE PERDIDAS

RESUMEN ENLUCIDO					
Problemas que producen interrupciones en el trabajo	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
Esperando por materiales (bodega interna)	1,83	4,83	6,17	4,75	4,33
Esperando por materiales que no llegan a la obra	0,00	0,00	8,58	0,00	0,00
Esperando por herramientas de trabajo	1,92	1,83	3,58	2,33	2,08
Chequeo deficiente del trabajo previo	0,33	0,00	0,67	0,83	0,00
Descoordinación entre cuadrillas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Moverlos del sitio de trabajo para realizar otras actividades	1,92	1,17	0,00	1,33	0,58
Conflictos laborales	0,67	0,00	1,00	0,25	0,92
Esperando Instrucciones o aclaraciones del trabajo	2,08	1,83	0,00	1,67	1,83
Áreas de trabajo distantes	0,25	1,17	0,00	1,83	0,00
Problemas con energía eléctrica	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agotamiento físico	0,58	3,17	2,33	2,50	3,50
TOTAL HH PERDIDAS AL DÍA POR TODAS LAS CUADRILLAS	9,58	14,00	22,33	15,50	13,25

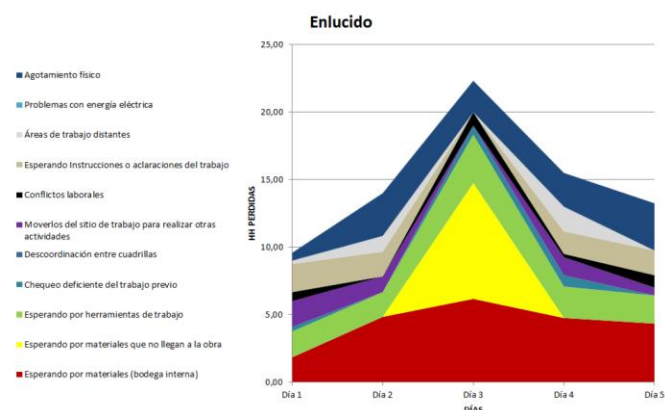


Fig. 8 Evolución diaria de detenciones y pérdidas acumuladas

3) Carta de Balance de Recursos

Esta metodología consiste en analizar la eficiencia del método constructivo utilizado para conseguir que se trabaje de forma más inteligente, en vez de presionar a los obreros para que trabajen más duro y cumplan con actividades que no les corresponden. Consiste en un gráfico de barras verticales que muestra el tiempo en minutos de los recursos (mano de obra, equipos, máquinas, entre otros), que son utilizados en el desarrollo de una actividad específica.

TABLA 3
REPRESENTACIÓN DE CADA ACTIVIDAD

T.P.	Colocación de Bloque con Mortero	
T.C.	Trazo de Replanteo	
T.C.	Preparación del Área de Trabajo	
T.C.	Transporte de Mezcla Seca	
T.C.	Preparación de Mezcla Húmeda	
T.C.	Transporte de Materiales	
T.C.	Mediciones	
T.C.	Preparación de Mezcla Seca	
T.N.C.	No Trabaja	
T.N.C.	Ausente	
T.N.C.	Espera	

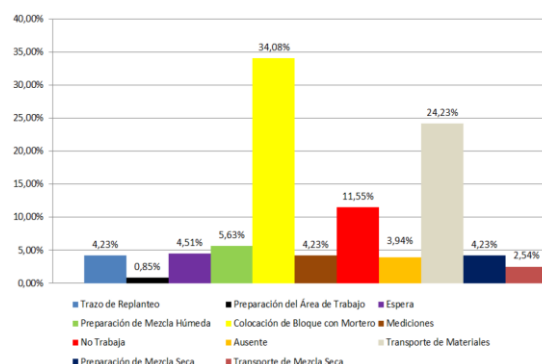


Fig. 9 Porcentaje de tiempo de actividades

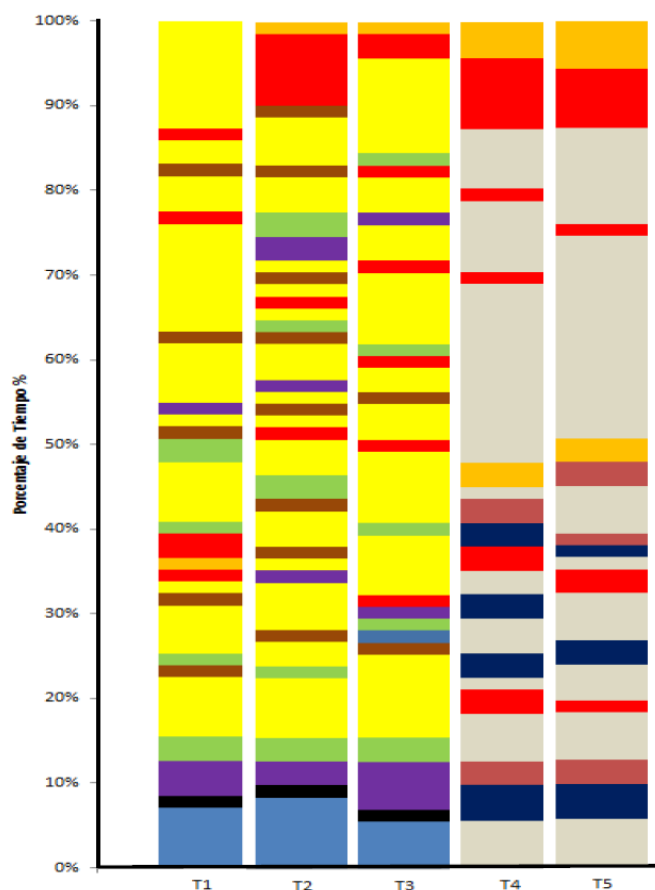


Fig. 10 Carta de Balance

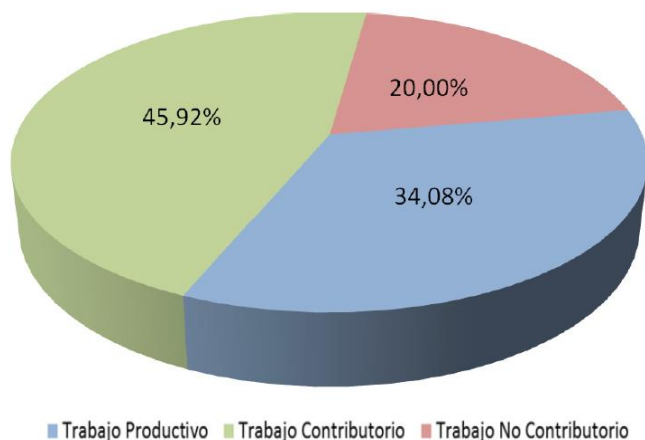


Fig. 11 Niveles de actividad.

V. CONCLUSIONES

De la primera metodología, se indica que los rubros en donde más se considera que existen pérdidas son: los enlucidos, instalación de cerámica, mampostería, fundición de hormigón preparado en sitio y encofrados de estructuras. La causa más

destacada para indicar lo anterior, es la gran cantidad de desperdicio de material y el consumo excesivo del mismo, ya sea, cemento, arena, piezas de cerámica, bloques, madera y clavos; otra de las fuentes de pérdidas más importantes, son las reparaciones, retrabajo, tiempo ocioso de los ayudantes y el retraso de las actividades. Uno de los problemas más frecuentes detectado fue la falta de control (37%), ya sea por parte del residente o maestro de obra, aunque este valor pueda considerarse bajo, sin embargo, se debe tomar en cuenta los porcentajes de frecuencia ocasional, esto se eleva a un valor del 78%.

De la segunda metodología, en la encuesta a los jefes de cuadrillas, se puede concluir que, en los enlucidos, la causa por la que más se pierde tiempo es por las esperas de material, sumado a esto el agotamiento físico que presentan los obreros durante toda la jornada de trabajo, lo que los lleva a tomar descansos. Del gráfico resumen de área, se puede notar que, un problema puntual de gran importancia es la espera por material que no llega a obra, adicionándose a esto problemas que se presentaron durante los 5 días de la encuesta, los cuales fueron: esperas por materiales internos, esperas por herramientas de trabajo y el agotamiento de los trabajadores. Sin embargo, todos los valores fueron bajos, puesto que al sumar todas las horas-hombres que se perdió, da como resultado 74,67 en toda la semana, lo que representa un 17% de horas perdidas en la semana; es decir, el 83% de horas restantes de la semana, los trabajadores estuvieron realizando trabajos Contributorio y trabajos productivos, lo que lleva a tener una mayor producción para la empresa. No se debe confiar demasiado en este valor, debido a que en general, el valor de trabajo no Contributorio es alrededor del 25%.

De la tercera metodología, la Carta de Balance de Recursos, se puede notar, que los niveles promedio de Trabajo No Contributorio tanto para mampostería, enlucido de fachada e instalación de cerámica son de 31,73%, 46,73% y 52,30% respectivamente; de igual manera, los niveles de actividad real fueron de 77,66%, 66,01% y 56,35%. Todo esto es debido a múltiples factores que fueron observados, entre estos se pueden destacar los siguientes: los trabajadores se ponen a pasear, a conversar entre ellos, realizan otras actividades, se ausentan de su lugar de trabajo para ir a comprar comida y bebida a tiendas, existen tiempos de espera por material al inicio de la jornada, además existen problemas laborales entre trabajadores lo que conlleva a discutir entre ellos. Aunque es imposible tener un 0% de Trabajo No Contributorio debido a que el cuerpo y la mente humana no pueden trabajar mucho tiempo sin detener su actividad para tomar un descanso, se deben tratar de tener niveles de trabajo No Contributorio bajos, alrededor del 26%.

Al comparar los resultados promedios obtenidos de todas las cuadrillas de mampostería de Trabajo Productivo,

Contributorio y No Contributorio con los resultados de la investigación de Serpell 2002, TP (38%), TC (36%) y TNC (26%), se tiene que el trabajo Contributorio está dentro de lo establecido; sin embargo, el trabajo productivo es ligeramente inferior con un 5,4%, ya que este valor está añadido al trabajo no Contributorio; pero en general los resultados son aceptables. Con esto se refleja que existió una aceptable producción por parte de las cuadrillas; sin embargo, al realizar el análisis de costos para estas cuadrillas se obtuvo pérdidas por rendimiento de mano de obra, debido a que se tienen rendimientos inferiores a los establecidos. Es por esto que, para alcanzar resultados óptimos en los cumplimientos de rendimientos establecidos, es necesario alcanzar porcentajes de Trabajos Productivos mayores al 40%.

Otra conclusión que se obtiene del análisis entre las cuadrillas de mampostería, es la gran influencia que tiene un supervisor de obra sobre los trabajadores, puesto que, la primera cuadrilla trabajó de manera rápida y sin desperdiciar tiempo, con una productividad de 0,35 hh/m²; mientras que las demás, se tomaban mucho tiempo de descanso y se ausentaban; mermando el rendimiento de estas cuadrillas a 0,47 y 0,44 hh/m².

Para enlucido se tienen porcentajes promedio de Trabajo Productivo de 20,99%, Trabajo Contributorio de 32,29% y Trabajo No Contributorio de 46,73%; comparando estos resultados con los de la investigación de Serpell 2002 se tiene que solamente el trabajo Contributorio está cercano a esos valores, el Trabajo No Contributorio excede en un 20%. Uno de los motivos por el cual el Trabajo No Contributorio tiene un porcentaje elevado es que los trabajadores estuvieron utilizando gran parte de su tiempo para hacer otras actividades, además de los largos tiempos de espera por material al inicio de la jornada de trabajo, lo que no contribuye a la producción del rubro analizado.

Para la instalación de cerámica se tienen porcentajes de 27,91%, 19,78% y 52,30% para TP, TC y TNC respectivamente; esto se debe a la poca contribución que realizó el ayudante, ausentándose por largos períodos de tiempo y causando conflictos dentro de la cuadrilla, lo que mermaba tiempo de producción.

Para el Análisis de Costo de los 3 rubros analizados, se tiene que para mampostería existe una ganancia del 5,93% del costo directo del rubro; para enlucido se tiene una pérdida del 30,45% del costo directo del rubro; para cerámica existen pérdidas muy elevadas siendo estas del 138,48% del costo directo del rubro. La falta de control que se observó en obra, ocasiona que los trabajadores no realicen un adecuado procedimiento constructivo y desperdicien mucha cantidad de material, ya que esta fue muy superior a la que se tenía prevista en el presupuesto, principalmente por el excesivo uso de

cemento por una mala dosificación de los trabajadores, además de la utilización de recipientes para mezclar con orificios por donde se escurría la mezcla y la no reutilización de los recortes de las piezas de cerámica, lo que afecta directamente a la empresa constructora.

La incidencia en el presupuesto que tienen los 3 rubros analizados es de -8,9%; es decir, una pérdida importante para la empresa constructora. Además, se debe tomar en cuenta que los precios son bajos, por lo que, es aquí donde hay que tener cuidado cuando se acepta construir con precios bajos, puesto que, para obtener ganancias y no salir con saldo en contra, se debe tratar de producir lo mayor posible, optimizando los recursos invertidos.

Puesto que, los resultados muestran que el mayor problema es la planificación y control, se puede aplicar la herramienta de Last Planner (Último Planificador) para corregir estas falencias observadas y contrarrestar estas pérdidas. El valor para poder implementar esta filosofía es de aproximadamente 0,7% del presupuesto total de la obra. Las pérdidas de los rubros analizados para este proyecto son de 8,92% del presupuesto de la obra, que al comparar con el valor de la inversión es mucho menor que las pérdidas encontradas; puesto que es preferible invertir 0,7% para el programa de productividad, que tener la cantidad de pérdidas encontradas.

Todas las metodologías analizadas buscan identificar los factores que causan las pérdidas y encontrar las fuentes de donde se originan. Aunque todas las obras civiles son diferentes, la información que se presenta en este estudio puede servir de gran utilidad para diversos proyectos civiles a futuro, permitiendo centrar la atención a los aspectos específicos encontrados y de esta manera poder minimizarlos.

El proyecto fue realizado considerando los aspectos sociales, económicos y éticos. Este nuevo enfoque de gestión para la construcción traerá beneficios para todas las partes involucradas.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar una mayor supervisión por parte del residente y maestro de obra, hacia los trabajadores, para de esa manera evitar las ausencias y tiempos de ocio de los trabajadores, disminuyendo los tiempos improductivos.

Verificar que los trabajos que han sido terminados, estén ejecutados correctamente, para de esa manera evitar algún problema a futuro por alguna falla constructiva, lo que provocaría tener que realizarlos nuevamente.

Tener un registro de la cantidad de material que es utilizada para una actividad específica cada día, de esta manera se puede controlar si se excede, se desperdicia o existe robo de material para cada actividad específica.

Capacitar a los obreros para que realicen los trabajos de la manera correcta constructivamente, de esta manera se disminuirá las fallas constructivas que suelen suceder, además de obtener una mejor calidad de construcción.

Realizar una planificación a corto plazo, la cual permita conocer con pocos días de anticipación, los trabajos que se vayan a ejecutar en la obra. De esta manera se evita las esperas por material al inicio de la jornada, la falta de personal para realizar un trabajo, la descoordinación entre cuadrillas de trabajo, etc.

Motivar a los obreros, puesto que, un obrero motivado es un obrero productivo. Esto se logra con una mejor comunicación entre los profesionales de obra y sus obreros, destacando los buenos trabajos realizados por los obreros, o a su vez, corrigiendo de una manera fraterna a los mismos.

Realizar un Benchmarking interno; es decir, realizar una comparación con los niveles más altos de lo que se quiera mejorar, esto puede ser los rendimientos de trabajadores, calidad de trabajo, producción, avances de obra y costos, los cuales fueron obtenidos previamente en la empresa. Estos valores se pondrían como meta para lograr una mayor productividad

REFERENCIAS

- [1] Vilca, M. Mejora de la Productividad por medio de las Cartas de Balance en las partidas de solaqueo y tarrajeo de un edificio multifamiliar. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas-UPC, 2014.
- [2] Pons, J. Introducción a Lean Construction. Fundación Laboral de la Construcción (1era Edición). Depósito Legal: M-6849-2014, 2014.
- [3] Coronel, J. Planificación y Control del Proceso Productivo en la Construcción de Proyectos Civiles: Un Manual/Guía para la Implementación del Last Planner System. Disertación previa a la obtención del título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2010.
- [4] Botero, L. & Álvarez, M. Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción, Revista Universidad EAFIT N° 130. Medellín, Colombia, 2003.
- [5] Pérez, A. Detección de Pérdidas Operacionales en la Construcción de Edificios de Oficina de más de 30 000 m² con Plantas Libres. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile, 2010.
- [6] Alarcón, L. & Martínez, L. Programas de Mejoras de la Productividad para Obras de Construcción. Revista de Ingeniería de Construcción N°5, páginas 53-79. Pontificia Universidad Católica de Chile, 1988.
- [7] Serpell, A. & Verbal, R. Análisis de Operaciones mediante Cartas de Balance. Revista Ingeniería de Construcción N°9. Pontificia Universidad Católica de Chile, 1990.
- [8] Serpell, A. Gestión Productiva de la Construcción. Pontificia Universidad Católica de Chile, Departamento de Ingeniería de la Construcción. Santiago, Chile, 1992.
- [9] Coronel, J. Planificación y Control del Proceso Productivo en la Construcción de Proyectos Civiles: Un Manual/Guía para la Implementación del Last Planner System. Disertación previa a la obtención del título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2010.
- [10] Allmon, E. U.S. Construction Labor Productivity Trends, Journal of Construction Engineering and Management, University of Texas, Austin, U.S.A, 2000.
- [11] Botero, L. & Álvarez, M. Guía de Mejoramiento Continuo para la Productividad en la Construcción de Proyectos de Vivienda. ISSN: 0120-341X. Volumen 40-N°136, páginas 50-64. Universidad EAFIT. Medellín, Colombia, 2004.
- [12] López, S. Producción sin Pérdidas en la Construcción. Tesis (Magister en Ciencias de la Ingeniería, Mención Industrial) y Memoria (Título de Ingeniero Civil). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 1997.
- [13] Alarcón, L. Construcción sin Pérdidas: La Aplicación de Nuevas Filosofías de Producción en la Construcción, Revista BIT N°2. Corporación de Investigación de la Construcción, 1994.
- [14] Serpell, A. Administración de Operaciones de Construcción (2da Edición). Universidad Católica de Chile, Santiago, 2002.
- [15] Campero, M. & Alarcón, L. "Administración de Proyectos Civiles" (3 era Edición). Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, 2008.
- [16] Pons, A. J F., 2014, Introducción al Lean Construction, Fundación Laboral de la Construcción, Madrid – España
- [17] Koskela, L. Application of the new production philosophy to construction, 1992.
- [18] López, S. Producción sin Pérdidas en la Construcción. Tesis (Magister en Ciencias de la Ingeniería, Mención Industrial) y Memoria (Título de Ingeniero Civil). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, 1997.
- [19] Martínez & Alarcón, Programas de mejoramiento de la productividad para obras de construcción. Revista de Ingeniería de Construcción, N°5, Julio - Diciembre 1988