

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

ESCUELA DE POSTGRADO



Estudio para incrementar el rendimiento de la mano de obra en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad, con la aplicación del enfoque de Lean Construction.

**TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRO EN
GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN MODERNA**

AUTORA:

BR. Karla Paola Alvarez Holguín

ASESOR:

Dr. Guillermo Juan Cabanillas Quiroz

Trujillo, 2017

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

ESCUELA DE POSTGRADO



Estudio para incrementar el rendimiento de la mano de obra en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad, con la aplicación del enfoque de Lean Construction.

**TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE MAESTRO EN
GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN MODERNA**

AUTORA:

BR. Karla Paola Alvarez Holguín

ASESOR:

Dr. Guillermo Juan Cabanillas Quiroz

Trujillo, 2017

DEDICATORIA

A mis padres Carlos, Gaby, a mi esposo Ricardo y a mi hija Luana, quienes son el empuje día a día y siempre guían mi camino hacia la prosperidad, conocimiento y superación.

Karla

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios, quien fue mi fuerza para lograr ante las dificultades el desarrollo de mi tesis.

A mi familia en general, por las nuestras de comprensión y empuje que siempre me dieron para seguir adelante.

Un agradecimiento a ustedes señores del jurado, a mis profesores que contribuyeron de alguna medida a este sueño de convertirme en Maestro.

¡Infinitas Gracias!

Karla

RESUMEN

Esta investigación se desarrolló con el objetivo de determinar como el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III incrementa el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad. Es una investigación mixta de diseño explicativo; se tomó como muestra a 36 obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial "LAS PALMAS III"; se han empleado dos cuestionarios para recoger los datos de las variables en estudio y cartas balance para conocer los tiempos de realización de las actividades; la información se procesó en Excel y el software estadístico de ciencias sociales SPSS V23. Los resultados de la investigación se presentan en tablas, figuras estadísticas y textos. El resultado estadístico calculado mediante el Coeficiente de contingencia del estadístico de prueba Tau-b de Kendall y siendo este de 0.78, con nivel de significancia menor al 1% ($P < 0.01$); prueba que el Enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III - Trujillo, La Libertad incrementa notoriamente el rendimiento de la mano de obra incidiendo en la reducción del tiempo de entrega y los costos de operación. La variable Enfoque de Lean Construction tiene un nivel regular con un 78%. La variable rendimiento de la mano de obra tiene un nivel es medio con un 78%. El trabajo productivo 42.5% (siendo el tiempo de 4:25 m.), el trabajo contributorio de 32.5 (3:25m.) y el trabajo no contributorio de 25% (2:50m.) en la instalación de ventanas. Esta investigación es de gran importancia, puesto que se planea transmitir el conocimiento adquirido en base a la implementación y aplicación de la filosofía Lean Construction en una obra de Construcción, para así observar al detalle el procedimiento de planificación, ejecución y control de un proyecto bajo los lineamientos que propone esta nueva filosofía; describiendo las cartas balance como herramientas que propone para mejorar la productividad en las obras de construcción con la ayuda de un concepto simple como la reducción de los desperdicios o perdidas, estas herramientas tienen como finalidad incrementar el valor del producto para los clientes finales y a su vez incrementar las ganancias de la empresa constructora, lo cual se lograra con una correcta gestión de la construcción que es lo que Lean Construction nos propone.

Palabras Clave: Lean Construction, rendimiento de la mano de obra, horas, reducción de costos, plazos, perdidas.

ABSTRACT

This investigation developed with the aim to determine as the approach Read Construction applied in the construction of residential Las Palmas the III it increases the performance of the workforce, Trujillo, The Freedom. It is a mixed investigation of explanatory design; one took as a sample 36 workers, engineers and architects in charge of the construction of the residential one " THE PALMS the III "; two questionnaires have used to gather the information of the variables in study and letters balance sheet to know the times of accomplishment of the activities; the information was processed in Excel and the statistical software of social sciences SPSS V23. The results of the investigation appear in tables, statistical figures and texts. The statistical result calculated by means of the Coefficient of contingency of the statistician of test Tau-b de Kendall and being this of 0.78, with level of significancia minor to 1 % (P 0.01); test that the Approach Construction applied in the construction Reads of residential Las Palmas the IIIrd - Trujillo, The Freedom increases glaringly the performance of the workforce affecting in the reduction of the time of delivery and the costs of operation. Variable Approach of Read Construction it has a regular level with 78 %. Variable performance of the workforce has a level is average with 78 %. The productive work 42.5 % (being the time of 4:25 m.), the work contributorio of 32.5 (3:25m.) and the work not contributorio of 25 % (2:50m.) in the installation of windows. This investigation performs great importance, since one glides to transmit the knowledge acquired on the basis of the implementation and application of the philosophy Read Construction in a work of Construction, this way observe to the detail the procedure of planning, execution and control of a project under the limits that this new philosophy proposes; describing the letters balance sheet as tools that it proposes to improve the productivity in the works of construction with the help of a simple concept as the reduction of the wastes or losses, these tools have as purpose increase the value of the product for the final clients and in turn increase the earnings of the construction company, which was achieving with a correct management of the construction that it is what Construction Reads proposes us.

Key words: Read Construction, performance of the workforce, hours, reduction of costs, period, losses.

ÍNDICE

CARÁTULA.....	i
CONTRACARATULA.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
ÍNDICE DE TEXTOS.....	vii
Indice de cuadros	viii
Indice de tablas	ix
Indice de gráficos.....	x

CAPITULO I:INTRODUCCION

1.1. Planteamiento del Problema	13
1.2. Antecedentes del Problema	16
1.3. Justificacion del Problema.....	18
1.4. Formulacion del Problema.....	19
1.5. Hipotesis	19
1.5.1. Hipotesis General	19
1.5.2. Hipotesis Especificas	20
1.6. Objetivo... ..	20
1.6.1. Objetivo General	20
1.6.2. Objetivo Especifica.....	20
1.7. Material y Procedimientos	21
1.7.1. Material.....	21
1.7.1.1.Población.....	21
1.7.1.2.Muestra.....	21
1.7.2. Procedimiento.....	22
1.7.2.1.Tecnicas e instrumentos de recojo de información	22
1.7.2.2.Diseño de investigación	24
1.7.2.3.Operacionalización de variables.....	25
1.7.2.4.Metodo de análisis de la información	31

CAPITULO II:MARCO TEÓRICO

2.1. Investigaciones relacionadas con el estudio	32
2.2. Bases teórico- científica.....	35
2.3. Definición de términos básicos	82

CAPITULO III:RESULTADOS

3.1. Presentacion de los Resultados.....	84
3.2. Análisis y discusion de los resultados	108

CAPITULO IV:PROPUESTA

3.1. Premisas Generales.....	122
3.2. Propuesta Específica.....	128

CONCLUSIONES	134
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	137
ANEXOS	141

Listado de figuras

Figura 1: <i>Diseño Explicativo adaptado de Creswell y Plano</i>	24
Figura 2: <i>Clasificación de actividades según Lean Production</i>	37
Figura 3: <i>Modelo de flujo de Procesos</i>	37
Figura 4: <i>Modelo de conversión de procesos</i>	41
Figura 5: <i>Modelo de flujo</i>	42
Figura 6: <i>Modelo de flujo con flujos eficientes</i>	44
Figura 7: <i>Modelo de flujo con procesos eficientes</i>	44
Figura 8: <i>Lean Project Delivery System</i>	45
Figura 9: <i>Herramientas del LPDS</i>	49
Figura 10: <i>Propuesta del IPD</i>	50
Figura 11: <i>Propuesta del IPD</i>	51
Figura 12: <i>Términos de costeo asociados con TVD</i>	52
Figura 13: <i>Ahorro en costos compartidos por subsistemas como resultado de los ejercicios de Target Costing</i>	52
Figura 14: <i>Tabla de porcentajes de actividades predecesoras</i>	54
Figura 15: <i>Tiempo requerido para fabricación de partes de avión</i>	54
Figura 16: <i>Curva Tiempo de ejecución Vs Número de repeticiones</i>	55
Figura 17: <i>Curva de Rendimiento Vs Número de Repeticiones</i>	55
Figura 18: <i>Comparación Lotes de Producción vs Lotes de Transferencia</i>	56
Figura 19: <i>Ejemplo de tren de actividades en muros pantalla</i>	57
Figura 20: <i>Formulación de las asignación en el planeamiento LP</i>	60
Figura 21: <i>Representación gráfica del Last planner system</i>	61
Figura 22: <i>Esquema Last Planner</i>	62
Figura 23: <i>Estructura fundamental del Last Planner System</i>	62
Figura 24: <i>Programa de construcción de viviendas por barras</i>	64
Figura 25: <i>Programa de construcción de viviendas por líneas de balance</i>	64
Figura 26: <i>Modelo de la relación entre actitud y comportamiento</i>	75
Figura 27: <i>Niveles del enfoque de Lean Construction aplicado en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad</i>	86
Figura 28: <i>Niveles de las dimensiones del enfoque de Lean Construction aplicado en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad</i>	88

Figura 29: Niveles del rendimiento de la mano de obra en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad.....	90
Figura 30: Niveles de las dimensiones del rendimiento de la mano de obra en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad.....	92
Figura 31: Distribución del trabajo realizado en la instalación y colocación de ventanas de la Residencial “LAS PALMAS III”	94
Figura 32: Distribución de las actividades por tipo de trabajo realizado en la instalación y colocación de ventanas de la Residencial “LAS PALMAS III”	95
Figura 33: Distribución del trabajo realizado en el enchape de baldosas de la Residencial “LAS PALMAS III”	96
Figura 34: Distribución de las actividades por tipo de trabajo realizado en el enchape de baldosas de la Residencial “LAS PALMAS III”	97
Figura 35: Distribución del trabajo realizado en la instalación de Barandas de la Residencial “LAS PALMAS III”	98
Figura 36: Distribución de las actividades por tipo de trabajo realizado en la instalación de Barandas de la Residencial “LAS PALMAS III”	99
Figura 37. Rendimiento de la mano de obra del total del trabajo realizado tomado como muestra (30m) en la Residencial “LAS PALMAS III”	101
Figura 38: Horas de trabajo medidas al minuto en las actividades de construcción de la Residencial “LAS PALMAS III”	103

Listado de tablas

Tabla 1: <i>Distribución de la muestra de la población de obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”</i>	22
Tabla 2: <i>Clasificación de la eficiencia en la productividad de la mano de obra</i>	73
Tabla 3: <i>Factores que afectan el rendimiento o consumo de mano de obra</i>	74
Tabla 4: <i>Escala de eficiencia en los rendimientos</i>	78
Tabla 5: <i>Clases y categorías de factores</i>	79
Tabla 6: <i>Niveles del enfoque de Lean Construction aplicado en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad</i>	85
Tabla 7: <i>Niveles de las dimensiones del enfoque de Lean Construction aplicado en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad</i>	86
Tabla 8: <i>Niveles del rendimiento de la mano de obra en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad</i>	89
Tabla 9: <i>Niveles de las dimensiones del rendimiento de la mano de obra en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad</i>	90
Tabla 10: <i>Prueba de Kolmogorov Smirnov de los puntajes del Estudio del enfoque de Lean Construction aplicado en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad para incrementar el rendimiento de la mano de obra</i>	93
Tabla 11: <i>Tabla Cruzada del Enfoque Lean Construction y su aplicación en la construcción de la residencial Las Palmas III -Trujillo, La Libertad para incrementar el rendimiento de la mano de obra</i>	100
Tabla 12: <i>Tabla Cruzada de las horas efectivas de trabajo bajo el enfoque Lean Construction y su aplicación en la construcción de la residencial Las Palmas III para incrementar el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad</i>	101
Tabla 13: <i>Tabla Cruzada del tiempo de descanso de trabajo bajo el enfoque Lean Construction y su aplicación en la construcción de la residencial Las Palmas III para incrementar el rendimiento de la mano de obra, Trujillo</i>	103
Tabla 14: <i>Tabla Cruzada del tiempo destinado a la entrada y salida del personal bajo el enfoque Lean Construction y su aplicación en la construcción de la residencial Las Palmas III para incrementar el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad</i>	104

Tabla 15: *Tabla Cruzada del tiempo usado para el refrigerio bajo el enfoque Lean Construction y su aplicación en la construcción de la residencial Las Palmas III para incrementar el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad....*106

Tabla 16: *Tabla Cruzada de los trenes de cuadrillas bajo el enfoque Lean Construction y su aplicación en la construcción de la residencial Las Palmas III para incrementar el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.....*107

CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1. Planteamiento del problema

Es un hecho que en la industria de la construcción desde hace mucho tiempo se tiene una cantidad innumerable de desperdicios y retrasos en todos los procesos y etapas de desarrollo de un proyecto, por tal motivo es cada vez más necesaria una reestructuración en cada parte para identificar y eliminar desperdicios que no agregan valor al producto final de los proyectos.

El clima empresarial para desarrollar negocios en la construcción de proyectos inmobiliarios resulta atractivo a los inversionistas. Hoy en día, el sector construcción está desarrollando un auge de proyectos importantes, impulsados por su alta demanda. A su vez, se ha generado un contexto de alza en los precios por m² en las principales ciudades del país, presionado por la caída de inventarios de viviendas disponibles para la venta, la cual ha alcanzado mínimos históricos en el país (Banco Central de Reserva del Perú, 2013).

El sector construcción se puede dividir en dos grandes rubros. El primero es la construcción de obras civiles, las cuales comprenden los proyectos más grandes y de bienestar para la población, como carreteras, hidroeléctricas, puentes o proyectos mineros. El segundo es la construcción de edificaciones, las cuales incluyen proyectos inmobiliarios, oficinas o centros comerciales. La construcción de edificaciones es un rubro muy competitivo y son las inmobiliarias las que contratan a las empresas constructoras para desarrollar los proyectos. Los clientes de las constructoras vienen a ser las inmobiliarias, pues ellas son las encargadas de vender al público en general.

La finalidad de una empresa constructora es generar utilidades. Para ello, el equipo a cargo del proyecto debe obligatoriamente cumplir los acuerdos estipulados en el proyecto y en su respectivo contrato. Las tres restricciones más importantes que el equipo de trabajo debe tener siempre en cuenta son el tiempo, el costo y la calidad.

Lamentablemente, muchos proyectos terminan tarde y fuera de presupuesto, fallan completamente y solo un reducido porcentaje de los proyectos se terminan a tiempo y en presupuesto, por tales razones el éxito de un proyecto de construcción depende de la ejecución hábil de las funciones administrativas sin embargo, es cada vez más

evidente que en esta industria existen problemas de descontrol que generan un sin número de consecuencias como las pérdidas debido a la falta de una metodología que permita la reducción de las mismas para proyectos constructivos, siendo uno de los ámbitos carentes de regulación el del rendimiento de los trabajadores.

En la actualidad se ha profundizado sobre manera en el tema de controlar el costo de la construcción, siendo uno de sus componentes más importantes la mano de obra; su rendimiento, su consumo, son temas que conociéndolos, permiten que un constructor sean competitivo, dentro de un mercado en el cual, cada vez es más difícil participar.

Todos los proyectos de ingeniería civil confían en la productividad de su equipamiento y en la de sus trabajadores para conseguir buenos resultados. Los proyectos de obras importantes con un alto equipamiento pueden estimar con cierta aproximación cuanto y qué tipo de equipamiento será requerido para el tipo de obra concebido. La productividad de la mano de obra individual, aunque tendrá un menor impacto sobre los costos y plazos totales, es importante para asegurar que el equipamiento es utilizado efectivamente.

La industria de la construcción se ha caracterizado por su baja o nula predisposición para planificar y evaluar los procesos constructivos de una manera adecuada y sujetándose a metodologías técnicas probadas. Esto ha conducido, a no contar con un registro de rendimientos, lo que obliga a cuestionar la confiabilidad de los análisis de precios unitarios utilizados por los constructores e instituciones públicas y privadas. Ha sido tradicional la utilización de bases de datos comerciales sobre rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción, como soporte en el análisis del costo y tiempo del proyecto a ejecutar. Los estimativos allí presentados se alejan muchas veces de la realidad, generando en el sector gran desconfianza, debido a su alta dispersión. Los rendimientos y consumos utilizados en la presupuestación y programación de obras, deben ser fundamentados en múltiples observaciones y análisis estadísticos, que consideren las condiciones particulares en las cuales se realizan las diferentes actividades de construcción.

Los problemas relacionados al rendimiento de los trabajadores en obra, hacen cada vez más difícil terminar un proyecto de construcción con el mínimo de sobrecostos, para tal efecto en otras industrias se cuenta con sistemas de gestión de calidad con lo

cual controlan sus procesos de tal manera que se reducen notablemente las pérdidas llegando a optimizar tanto sus sistemas que tienen una mejora evidente en el desarrollo del producto, sin embargo, sabemos que en la construcción llegar a la eliminación de pérdidas es una tarea sumamente difícil pero definitivamente se pueden disminuir en gran medida con el hecho de implementar una metodología sencilla que permita la optimización del ciclo en base a la mejora del rendimiento de los trabajadores. Esto traería una menor variación en el incremento desmedido de costos por falta de un control de pérdidas en la construcción.

En vista de lo antes planteado, el actual escenario de competitividad en el que se mueven las empresas de ingeniería, demanda nuevos enfoques de producción, donde la variable rendimiento de los trabajadores juega un papel muy importante. En este sentido el concepto de rendimiento debe empezar a ser manejado por todos los agentes involucrados: ingenieros, arquitectos, mandantes, entre otros. El concepto de rendimiento, por ser de carácter general, se ha mantenido en un ámbito más bien conceptual, haciéndose complejo el desarrollo de herramientas que faciliten su consideración a través del ciclo de vida completo de un proyecto. Este estudio tiene como finalidad articular el concepto rendimiento de mano de obra con las herramientas de la filosofía Lean Construction, empleada como el complemento necesario para entregar una base de análisis centrada en la gestión de producción. Así, aplicando las herramientas aplicadas en la gestión de proyectos de construcción (Lean Construction y Constructabilidad), se busca un soporte sólido para la operacionalización, y futura aplicación, de criterios de rendimiento en los procesos y etapas que involucra el ciclo de vida completo de los proyectos de construcción. Por lo cual en esta investigación se trata de mostrar los elementos que componen este sistema y su importancia o relevancia en la mano de obra.

Dado que el rendimiento de mano de obra es uno de los elementos fundamentales en las herramientas de presupuesto y programación, que a su vez hacen parte del proceso de planeación y control de una obra y, es tan común en el sector su determinación mediante prácticas que no consideran los factores de afectación correspondientes arrojando valores dispersos y generando por tanto, gran desconfianza sobre los mismos, siendo necesario un replanteamiento de la visión actual del trabajo con la mano de obra, teniendo siempre presente que la finalidad de una empresa constructora es generar utilidades. Para ello, el equipo a cargo del proyecto debe

obligatoriamente cumplir los acuerdos estipulados en el proyecto y en su respectivo contrato. Las tres restricciones más importantes que el equipo de trabajo debe tener siempre en cuenta son el tiempo, el costo y la calidad. En los proyectos basados en mano de obra, como lo son la construcción de la residencial Las Palmas, es esencial hacer estimaciones realistas de la productividad esperada de la mano de obra con el fin de planificar y efectivamente ejecutar una obra orientada a obtener el máximo rendimiento de los trabajadores en aplicación de la filosofía Lean Construction.

1.2. Antecedentes del problema

A principios de los años 1980 el Dr. Eliyahu Goldratt, escribió su libro “La Meta” y empezó el desarrollo de una nueva filosofía de gestión llamada “Teoría de Restricciones” (TOC por sus siglas en inglés). La TOC nació como solución a un problema de optimización de la producción. Hoy en día se ha convertido en un concepto evolucionado que propone alternativas para integrar y mejorar todos los niveles de la organización, desde los procesos centrales hasta los problemas diarios.

La Teoría de las Restricciones (TOC) establece que un conjunto de procesos interrelacionados y dependientes entre sí generan una producción según la capacidad del proceso más lento. La forma de aumentar la velocidad del conjunto es incrementando la capacidad del proceso más lento. Esta teoría se centra en los factores limitantes a los cuales los denomina como restricciones o “cuellos de botella”. En toda empresa existe por lo menos una restricción, caso contrario esta generaría ganancias ilimitadas. Siendo las restricciones los factores que bloquean la obtención de dichas ganancias, se induce que toda gestión debe apuntar a encontrar y controlar las restricciones. La teoría de restricciones se aplica para una línea de producción o un sistema compuesto por varios procesos.

La construcción se divide en varios procesos pequeños que trabajan uno después de otro similar a una línea de producción de una fábrica con la única diferencia que en el caso de las fabricas el producto pasa por las estaciones de trabajo y en la construcción son las estaciones de trabajo las que recorren el producto, es así que estos conceptos son totalmente aplicables para el campo de la construcción y es de aquí de donde nace la optimización de flujos y procesos que describe la filosofía lean.

En el año 1993 se forma el International Group for Lean Construction (IGLC), año donde se da inicio a la denominación de Lean Construction. A partir de este momento se fija como objetivo satisfacer mejor la demanda de los clientes y mejorar en forma dramática los procesos de arquitectura, ingeniería, y construcción, así como de los productos; para ello, elabora nuevos principios y métodos para el desarrollo de productos y la gestión de la producción específicamente para la industria de la construcción, enmarcados por aquellos de la “Producción Lean” con gran éxito en la manufactura.

Las conferencias se realizan anualmente en forma alternada en diferentes países. Constituyen un foro para compartir conceptos, desarrollar ideas, y reportar o criticar implementaciones. En el año 2011 se crea el Capítulo Peruano Lean Construction Institute, con la finalidad de elevar el nivel de profesionalismo y eficiencia del sector construcción en el país impulsado por importantes empresas de construcción del Perú, en este mismo año se realiza la conferencia anual en nuestro país.

Por otro lado, los constructores muestran un optimismo exagerado al momento de afrontar cada proyecto que se pretende ejecutar, lo que los lleva a aceptar programaciones de obra restringidas, usos irreales de recursos e inclusive presupuestos tan reducidos que limitarían la culminación del proyecto. La incapacidad de planear tanto de las entidades contratantes y las entidades contratistas reflejadas en resultados negativos al momento de culminar un proyecto de forma exitosa, ya que en ningún momento se tienen en cuenta los recursos desde el punto de vista de los rendimientos.

El sector de la construcción y cada tipo de proyecto es particular, lo cual no es tenido en cuenta por aquellas personas encargadas al momento de realizar dicha planeación, dedicándose de esta forma, a tener en cuenta datos de otros tipos de proyectos que aunque similares, igual tendrán particularidades propias que los hacen diferentes, viéndose así afectada la productividad de las actividades a realizar.

La productividad del trabajo y el rendimiento de la mano de obra en Perú, comparada con países asiáticos y del pacífico, varía en proporciones desde 1 a 3 hasta 1 a 11. La inversión y el desarrollo en tecnología de los diferentes sectores productivos en el país es lenta, debido a muchos factores externos (Holmes, 2007). En países asiáticos

se ha entendido que la productividad es un factor importante para el crecimiento económico, por ello la preocupación por la calidad de su fuerza laboral se ha concretado, en brindar oportunidades de acceso a la educación y capacitación buscando mejorar sus condiciones (Yamamoto – OIT, 2007).

La construcción como sector, no ha sido ajena a esta problemática y algunos de sus problemas obedecen a la productividad de sus obras y procesos constructivos, reflejados por el incumplimiento en metas de tiempos y costos. Se debe reconocer que en ocasiones es difícil gestionar procesos con buena efectividad en el primer intento; inadecuados planes de gestión –ineficaces e ineficientes-, deficiente gestión de recursos a lo cual llamamos como constructores, mal diseño de ejecución, entre otras cosas, dificultan controlar de manera idónea el desarrollo óptimo de las obras.

Desde la década de los ochenta se ha criticado el sector de la construcción por sus sistemas de gestión y, de manera incoherente, se le ha exigido productividad, conociendo de antemano sobre el poco uso que se hacen de técnicas modernas adecuadas de planeación y control en sus obras (CICE, 1982). En otros casos, los sistemas de planeación, seguimiento y control no reflejan la realidad de la productividad; no permiten establecer: adecuados criterios y metodologías de seguimiento y medición, metas para el control, índices de desempeño para cada tarea, generando así pérdidas económicas en las obras. Tareas, procesos, sistemas y obras, merecen un oportuno mejoramiento en sus indicadores, aumentar su productividad y disminuir sus pérdidas.

1.3. Justificación

La presente investigación se justifica por la necesidad de contar con una metodología que permita el control, y reducción de las pérdidas relacionadas al rendimiento de la mano de obra, aplicando las herramientas de la Filosofía Lean Construction, lo cual es indudablemente un beneficio para las empresas encargadas del desarrollo de proyectos de vivienda multifamiliar como la residencial Las Palmas, ya que con una herramienta como ésta las empresas obtendrán beneficios económicos que se verán reflejados en su utilidad.

Si bien es cierto, actualmente existen diferentes métodos y herramientas para la mejora del rendimiento a través del Lean Construction, se observa la falta de

utilización e implementación de esta filosofía en el sistema de desarrollo de proyecto que se tiene, para tal efecto, será necesario establecer una metodología de fácil comprensión, práctica y que cubra las mayores deficiencias en cuanto a desperdicios, pérdidas y malos usos de recursos por parte de la mano de obra, que agregan costos y tiempo en la ejecución de las obras y en el resultado final de las mismas.

Los beneficios sociales que nos trae la implementación de una metodología para la reducción el incremento del rendimiento de la mano de obra es proporcionar una herramienta para el uso de las empresas constructoras que podrá ayudar a hacer eficiente la mano de obra y por lo tanto incrementar el rendimiento y productividad de la empresa teniendo como consecuencia el beneficios para todos los involucrados en el procesos de la construcción obteniendo sistemas de desarrollo de proceso más ordenados, organizados y más planificados evitando problemas posteriores que afecten a los recursos humanos de la empresa. Igualmente beneficia a investigaciones posteriores relacionadas con este tema ya que colabora al desarrollo de éstas y así contribuir con el crecimiento de nuevas herramientas para la mejora del rendimiento de la mano de obra.

1.4. Formulación del problema

¿En qué medida la aplicación del enfoque Lean Construction incrementa el rendimiento de la mano de obra en la construcción de la residencial Las Palmas III, Trujillo, La Libertad, 2017?

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

El Enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III -Trujillo, La Libertad incrementa notoriamente el rendimiento de la mano de obra incidiendo en la reducción del tiempo de entrega y los costos de operación.

1.5.2. Hipótesis Nula

El Enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III -Trujillo, La Libertad no incrementa notoriamente el rendimiento de la

mano de obra incidiendo en la reducción del tiempo de entrega y los costos de operación.

1.5.3. Específicas

- Las horas efectivas de trabajo bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III incrementan el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.
- El tiempo de descanso bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III disminuye el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.
- El tiempo destinado a la entrada y salida del personal bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III disminuye el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.
- El tiempo usado para el refrigerio bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III disminuye el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.
- Los trenes de cuadrillas bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III incrementan el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Determinar en qué medida la aplicación del enfoque Lean Construction incrementa el rendimiento de la mano de obra en la construcción de la residencial Las Palmas III, Trujillo, La Libertad, 2017

1.6.2. Objetivos específicos

- Identificar los niveles de las variables independiente y dependiente y de sus respectivas dimensiones.
- Determinar si las horas efectivas de trabajo bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III incrementan el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.

- Determinar si el tiempo de descanso bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III disminuye el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.
- Determinar si el tiempo destinado a la entrada y salida del personal bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III disminuye el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.
- Determinar si el tiempo usado para el refrigerio bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III disminuye el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.
- Determinar si los trenes de cuadrillas bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III incrementan el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.

1.7. Material y Procedimientos

1.7.1. Material

1.7.1.1. Población

Como el estudio de investigación se centra en la residencial “LAS PALMAS III”, como una sola unidad de investigación, la población estará conformada 58 personas entre obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción del edificio.

1.7.1.2. Muestra

La muestra se conformó por 36 personas entre obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”; determinándose por muestreo no probabilístico a conveniencia del autor; sostiene Kinnear et al, (1993); que en un muestreo probabilístico cada elemento de la población tiene una oportunidad conocida de ser seleccionado, basándose principalmente en el criterio del investigador. En esta investigación el muestreo es no probabilístico a conveniencia, se resume en la siguiente tabla:

Tabla 1

Distribución de la muestra de la población de obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”.

CONDICION	SEXO		TOTAL
	Hombres	Mujeres	
Obreros	29	2	31
Ingenieros	2	1	3
Arquitectos	1	1	2
TOTAL	32	4	36

Fuente: Planilla de trabajadores- Residencial “LAS PALMAS III”.

1.7.2. Procedimientos

Para la recolección de los datos se procederá de la siguiente manera:

- Se coordinó con el ingeniero residente y con el encargado del área logística
- Asistencia permanente a la obra “LAS PALMAS III”,
- Registro diario partidas, medrado y el personal Obrero involucrado en la ejecución de estas partidas
- Registros de las cartas de balance y las líneas de balance.
- Tabulación y procesamiento de la información recolectada.
- Presentación de los resultados en cuadros y gráficos
- Análisis de los resultados.

1.7.2.1. Técnicas e Instrumentos de recojo de información

➤ Técnicas

- **Encuesta:** Es una técnica de investigación mediante la cual los sujetos proporcionaron información acerca de si mismos en forma activa. Las encuestas se realizaron mediante cuestionarios escritos. Para García (1993) es una investigación realizada sobre una muestra de sujetos representativa de un colectivo más amplio, utilizando procedimientos estandarizados de interrogación con intención de obtener mediciones cuantitativas de una gran variedad de características objetivas y subjetivas de la población.

En la presente investigación se usó para medir las dos variables tanto independiente: Enfoque Lean construction como dependiente: rendimiento de la mano de obra; así mismo sus respectivas dimensiones.

- **Cartas de Balance:** La productividad de la mano de obra es un tema bien importante ya que de esta dependen tanto el avance y costos en la construcción. Con esta técnica, podremos medir la productividad de los trabajadores y aplicar mejoras para incrementar esta. En pocas palabras, es una herramienta estadística que nos deja poder describir, en forma detallada, cual es el proceso de cualquier operación y buscar su optimización.
- **Observación:** la observación participante es pues algo más que una técnica, es la base de la investigación etnográfica, que se ocupa del estudio de los diferentes componentes culturales de las personas en su medio: las relaciones con el grupo, sus creencias, sus símbolos y rituales, los objetos que utilizan, sus costumbres, sus valores, etc. Como tal enfoque admite la posibilidad de incorporar una pluralidad de técnicas a la investigación, de hecho podría considerarse como un ejercicio de alternancia y complementariedad entre observación y entrevista, aunque ambas se utilizan desde la óptica de que el investigador forma parte de la situación estudiada.

➤ **Instrumentos**

- **El cuestionario:** el cuestionario es un conjunto de preguntas sobre los hechos o aspectos que interesan en una investigación y son contestados por los encuestados. Se trata de un instrumento fundamental para la obtención de datos (García, 1993). En la presente investigación se elaboró en base a un conjunto de preguntas cerradas y se aplicó a obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”. Con ello se pudo recoger información de las variables materia de estudio: Enfoque Lean Construction y Rendimiento de la mano de obra.
- **Cartas de Balance:** La productividad de la mano de obra es un tema bien importante ya que de esta dependen tanto el avance y costos en la

construcción. Con esta técnica, podremos medir la productividad de los trabajadores y aplicar mejoras para incrementar esta. En pocas palabras, es una herramienta estadística que nos deja poder describir, en forma detallada, cual es el proceso de cualquier operación y buscar su optimización.

- **Guía de observación:** según Ortiz (2004, p. 75) Es un instrumento de la técnica de observación; su estructura corresponde con la sistematicidad de los aspectos que se prevé registrar acerca del objeto. Este instrumento permite registrar los datos con un orden cronológico, práctico y concreto para derivar de ellos el análisis de una situación o problema determinado.

1.7.2.2. Diseño de Investigación.

A. Tipo de diseño de investigación.

Es una investigación mixta de diseño explicativo; este es un diseño en dos etapas en el cual el dato cualitativo ayuda a explicar los resultados significativos, sorprendentes o “límites” de la primera etapa cuantitativa.

En el caso del diseño explicativo, como modelo de dos etapas, define una primera fase que es cuantitativa, seguida de una fase cualitativa que permita la interpretación de los datos. En otras palabras, el propósito de este diseño es que los datos cualitativos ayuden a explicar o construir sobre los resultados de la fase cuantitativa (Creswell & Plano, 2007).



Figura 1. Diseño Explicativo adaptado de Creswell y Plano (2007)

1.7.2.3. Operacionalización de las variables

A. Variables

a. Definición conceptual

Variable Independiente: Enfoque Lean Construction

La filosofía lean construction considera la construcción ya no como solo una transformación, sino como un flujo de materiales y recursos para la obtención de un producto, para que de esta manera se puedan aplicar los principios de la producción lean, ya que según Ballard el modelo de flujo de procesos permite visualizar las abundantes pérdidas que usualmente se encuentran en la construcción y que el modelo de conversión no nos permite ver (GUZMÁN TEJEDA, 2014).

Variable Dependiente: Rendimiento de la mano de obra

La Productividad es una relación entre la cantidad producida y los recursos usados dentro de una actividad o rubro ejecutado, o el seguimiento de la eficiencia con que los recursos son supervisados para terminar un producto, logrando el cumplimiento de los objetivos impuestos. La importancia de la productividad en la construcción radica en la optimización de los recursos empleados para la ejecución de una actividad, para generar una mayor cantidad del rubro realizado con un recurso menor o similar al empleado anteriormente, lo que significa una ganancia en el tiempo de ejecución y en el uso del recurso, beneficiando así en la disminución del tiempo de la ejecución de la obra. (SUÁREZ RODRÍGUEZ, 2015).

b. Definición Operacional

Variable Independiente: Enfoque Lean Construction

Esta variable se operacionalizó en dimensiones e indicadores, lo que permitió aplicar los instrumentos de la carta y líneas de balance, así como una encuesta a la muestra de estudio seleccionada para determinar si el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III incrementa el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad, 2017.

Variable Dependiente: Rendimiento de la mano de obra

Esta variable se operacionalizo en dimensiones e indicadores, lo que permitió aplicar los instrumentos de la carta y líneas de balance, así como una encuesta a la muestra de estudio seleccionada para determinar si el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III incrementa el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad, 2017.

c. Matriz de Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente: Enfoque Lean Construction	La filosofía lean construction considera la construcción ya no como solo una transformación, sino como un flujo de materiales y recursos para la obtención de un producto, para que de esta manera se puedan aplicar los principios de la producción lean, ya que según Ballard el modelo de flujo de procesos permite visualizar las	Esta variable se operacionalizó en dimensiones e indicadores, lo que permitió aplicar los instrumentos de la carta y líneas de balance, así como una encuesta a la muestra de estudio seleccionada para determinar si el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción	Horas efectivas de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Horarios establecidos • Actividad real • Rendimiento general • Rendimiento promedio • Duración de la jornada 	Nominal
			Tiempo de descanso	<ul style="list-style-type: none"> • Horas establecidas • Horas diarias • Descanso mínimo • Descanso semanal 	
			Entradas y salidas	<ul style="list-style-type: none"> • Puntualidad • Control de horario • Comienzo de jornada • Terminó de jornada • Fichaje del trabajador 	

	abundantes pérdidas que usualmente se encuentran en la construcción y que el modelo de conversión no nos permite ver. (GUZMÁN TEJEDA, 2014).	de la residencial Las Palmas III incrementa el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad, 2017.	Horario de Refrigerio	<ul style="list-style-type: none"> • Ingesta de alimentos • Tiempo establecido • Espacio determinado • Hora fijada • Suspensión de labores 	
			Trenes de cuadrillas	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo organizado • Tareas específicas • Turno rotativo • Especialización • Organización del tiempo 	

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente: Rendimiento de la mano de obra	La Productividad es una relación entre la cantidad producida y los recursos usados dentro de una actividad o rubro ejecutado, o el seguimiento de la eficiencia con que los recursos son supervisados para terminar un producto, logrando el cumplimiento de los objetivos impuestos. La importancia de la productividad en la	Esta variable se operacionalizó en dimensiones e indicadores, lo que permitió aplicar los instrumentos de la carta y líneas de balance, así como una encuesta a la muestra de estudio seleccionada para determinar si el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III incrementa el	Reducción de Costos	<ul style="list-style-type: none"> • Menor inversión • Mayor rentabilidad • Viabilidad del proyecto • Mano de obra calificada • Menor desperdicio de material 	Nominal
			Cumplimiento de plazos	<ul style="list-style-type: none"> • Entrega puntual • Cumplimiento de contrato • Calidad del proceso • Satisfacción del cliente • Incremento en las ventas 	
			Reducción de Tiempo	<ul style="list-style-type: none"> • Alto desempeño • Organización de tareas • Eficiencia y eficacia • Herramientas tecnológicas • productividad del recurso humano 	
			Mayor productividad	<ul style="list-style-type: none"> • Alto rendimiento • Eficiencia en la productividad • Competitividad 	

	<p>construcción radica en la optimización de los recursos empleados para la ejecución de una actividad, para generar una mayor cantidad del rubro realizado con un recurso menor o similar al empleando anteriormente, lo que significa una ganancia en el tiempo de ejecución y en el uso del recurso, beneficiando así en la disminución del tiempo de la ejecución de la obra. (SUÁREZ RODRÍGUEZ, 2015).</p>	<p>rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad, 2017.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de calidad • Ventaja competitiva 	
--	---	---	--	---	--

1.7.2.4. Método de Análisis de la información.

A) Análisis cuantitativo

Los métodos usados para el análisis de datos en esta investigación, fueron los siguientes:

Estadística descriptiva:

- Datos provenientes de las Carta de balance del rendimiento de la mano de obra expresado en horas, tiempo de descanso, refrigerio, etc.
- Matriz de puntuaciones de las dimensiones de las variables Enfoque Lean Construction y Rendimiento de la mano de obra.
- Construcción de tablas de frecuencias y elaboración de figuras estadísticas.

Estadística inferencial:

- Para el procesamiento y obtención de los resultados de la carta de balance se usara Excel.
- Para el procesamiento y obtención de los resultados de los estadísticos descriptivos y la contratación de las hipótesis, se utilizará el software de estadística para ciencias sociales (SPSS V23).
- Prueba de Kolmogorov - Smirnov con un nivel de significancia al 5%, para una muestra que comparara la función acumulada observada de las variables.

B) Análisis cualitativo

En esta investigación se reunirá, revisará, organizará, codificará, comparará e interpretará la información para luego procesarla y categorizarla, sobre el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III para incrementar el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad, 2017, observando y registrando en una lista de verificación, estableciéndose un nexo entre la descripción de los datos y su análisis cuantitativo y cualitativo, para responder a los objetivos e hipótesis de investigación planteados.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Investigaciones relacionadas con el estudio

Para realizar el presente Estudio de Investigación, se ha tenido que seleccionar la documentación relacionada al mismo como son los siguientes:

Tejada Guzmán (2014). En su tesis: *Aplicación de la filosofía lean construction en la Planificación, programación, ejecución y control de Proyectos.*; Para Optar el Título de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú, señala que los beneficios observados de cada herramienta Lean se puede concluir que la sectorización y los trenes de trabajo son 2 de las herramientas más sencillas de aplicar y que a su vez son las que más aportan en cuanto a mejoras del proyecto con respecto a la visión tradicional. Estas herramientas replantean totalmente la manera de trabajar pasando de un sistema push a un sistema pull, acortan tiempos de ejecución de los proyectos gracias a la superposición de actividades y brindan mejoras en la productividad debido a que se designa cuadrillas específicas para cada tipo de trabajo. Mencionado estos puntos es normal que el uso de estas herramientas se haya divulgado mucho más que otras herramientas más complejas de la filosofía Lean dado las mejoras que representan. La aplicación de las herramientas Lean en un proyecto de construcción, en especial de edificaciones, tiene muy buenos resultados en el desarrollo del proyecto, tanto en la productividad como en el plazo y costo. Sin embargo, se deben utilizar las herramientas de manera constante para que las mejoras que estas representan se vean reflejadas en nuestro proyecto.

Chávez Espinoza y De la Cruz Aquije (2014). En su tesis: *Aplicación de la filosofía lean construction en una obra de edificación (caso: condominio Casa Club Recrea – El Agustino)*; Para Optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad Privada San Martín de Porres. Lima, Perú, señala que con las herramientas aplicadas de la Filosofía Lean Construction se mejora la productividad en las partidas más relevantes de una obra el cual a través de la optimización del rendimiento del personal obrero. Al optimizar los rendimientos de mano de obra, cada vez se fue usa menos recursos para producir la misma cantidad de metrado, esto representa un ahorro debido a que personal obrero se especializa en las actividades repetitivas que realiza diariamente. Con el uso de la metodología de esta

esta metodología se mere el cumplimiento en la ejecución de las partidas. Esto se debe a que se minimiza la variabilidad anticipándonos al levantamiento de las restricciones de las partidas que se ejecutarán a futuro.

Figuroa Pacheco y Tolmos Nehme (2017). En su tesis: *Aplicación de herramientas Lean Construction para mejorar los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en el sector económico a A/B en Lima*; Para Optar el Título de Ingeniero Civil. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú, señala que, en la actualidad, el crecimiento en la industria de la construcción ha generado mayor competencia en el mercado, lo cual ha llevado a las empresas constructoras a mejorar sus propuestas económicas para afianzarse en el sector. Para lograrlo, los equipos de proyecto plantean propuestas técnicas para reducir costos operativos, recurriendo así a la aplicación de herramientas de la filosofía Lean Construction. Aplicando las herramientas de Lean Construction desarrolladas en la tesis (Líneas Balance, Last Planner, y gestión de torre grúa) queda demostrado que se reducen los costos y tiempos en las actividades de colocación de acero, encofrado y concreto en un proyecto de construcción de edificaciones.

Ibarra Gómez (2013). En su tesis: *Lean construction; Para Optar el Título de Especialista. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.*, México, señala que una estrategia de implementación de técnicas basadas en los principios de Lean Construction ha producido buenos resultados pero éstos aún evolucionan. La estrategia implica el desarrollo de educación sistemática y acciones de investigación, una interacción activa con los directores superiores de contratos y sus organizaciones del proyecto, la colaboración entre empresas y una constante búsqueda de nuevas maneras para mejorar el proceso de implementación. Hay la necesidad de encontrar métodos para consolidar cambios dentro de las empresas, mantener la motivación y la persistencia en una cultura conservadora.

Así pues, la filosofía Lean es eso, una filosofía y no una receta de pasos a seguir. Para convertir una empresa cualquiera a una empresa Lean, pueden existir una infinidad de caminos diferentes. Uno de los mayores errores en los que la industria de la construcción cae de forma continua es marcarse objetivos para un plazo de tiempo

demasiado corto. Esto implica, el intento de maximizar los beneficios en cada proyecto singular, como resultado se obtiene un producto final de peor calidad. La aplicación del Lean Construction en la construcción provocaría una serie de mejoras y un cambio de mentalidad en todos los niveles, se empezaría a aplicar el concepto de mejora continua y a dividir las actividades entre las que agregan valor y las que no.

Cisneros Vela (2011). En su tesis: *Metodología para la reducción de pérdidas en la etapa de ejecución de un proyecto de construcción*; Para Optar el Título de Maestro en Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F, México, señala que la base teórica existente para el Lean Construction es muy amplia gracias a un buen número de investigadores que han dedicado su tiempo a esta filosofía y han realizado nuevas aportaciones, por lo tanto se deben aprovechar estas nuevas filosofías para beneficio de la construcción. La industria manufacturera ha sido un punto de referencia y una fuente de innovaciones durante muchas décadas, estas innovaciones han sido bien utilizadas por la construcción para beneficio de su productividad. La construcción es una industria variable y compleja por la diversidad de proyectos y el cambio de condiciones para construir, por lo tanto, es importante contar con una metodología de reducción de pérdidas que pueda disminuir la variabilidad y dar una visión global del proyecto para evitar pérdidas y desperdicios. En la filosofía Lean es indispensable incrementar las actividades que agregan valor al proyecto y disminuir las que no agregan valor ya que estas colaboran a generar pérdidas.

Rubio Ramírez. (2010). En su tesis: *Aplicación de la producción en serie en la industria de la construcción*; para optar el obtener el grado de maestro en gerencia de proyectos. Instituto tecnológico de la construcción. México D.F., México, señala que el Lean Construction (Construcciones Ágiles), aunque se basa en la filosofía de Lean Manufacturing (Manufactura Ágil), ha desarrollado sus propios estándares de funcionalidad y ha logrado establecerse en la industria de la construcción como una forma de llevar las obras garantizando tiempo, calidad y costo.

Aunque no se tienen experiencias en el País sobre el manejo de esta filosofía, los resultados obtenidos en otros Países motivan la visión de implementar técnicas basadas en los principios de Lean Construction que han producido buenos resultados y que

siguen evolucionando. Esta visión implica el desarrollo de una educación sistemática y acciones de investigación en el interior de las organizaciones, así como en el exterior, contar con el apoyo y la interacción activa con los directores y superiores de las empresas constructoras y de las empresas de proyecto, la colaboración entre empresas, incluyendo a proveedores, contratistas, subcontratistas y destajistas y una constante búsqueda de estrategias para mejorar los procesos de implementación. Forjar la necesidad de encontrar métodos para consolidar cambios dentro de las empresas, manteniendo la motivación, la paciencia y la persistencia como valores necesarios para alcánzalos.

Es evidente que se requiere en esta filosofía, que se motive a todos los involucrados a utilizar el sentido común, ya que la mayoría de las herramientas necesitan el uso de un análisis cualitativo más que cuantitativo característico de las carreras Técnicas como la Ingeniería. Debe existir un compromiso fuerte tanto de la dirección de las empresas como de los subcontratistas, para alcanzar la utilización e implantación del Last Planner System (Último planificador) y otras herramientas de Lean Construction, promoviendo activamente capacitación e incentivos que motiven su utilización. En la gráfica siguiente se establece el sistema de adquisición del conocimiento interno de una organización como parte de la mejora continua, dada por programas de capacitación, el desarrollo de facilitadores internos y la administración del conocimiento adquirido.

2.2. Bases Teórico Científico

Lean Construcción

a) La Filosofía Lean

Los primeros pensamientos de Lean Construction como filosofía de trabajo tienen sus orígenes en Japón cerca del año 1950, los cuales fueron aplicados en el denominado sistema de producción Toyota (TPS- Toyota production system) elaborado por los ingenieros Shigeo Shingo y Taiichi Ohno . La idea fundamental en el sistema de producción de Toyota

era la producción de cantidades de productos relativamente pequeñas a un costo muy bajo, empleando los conceptos de eliminación del desperdicio y la mejora continua.

Los resultados del sistema que aplicaba Toyota habían pasado las fronteras del país asiático y se había expandido por todo el mundo, los buenos resultados del sistema hicieron que Toyota le quite mercado a las empresas automotrices americanas, por lo cual a finales de los años 80 una comitiva de investigadores del MIT (Massachusetts Institute of Technology) viajaron a Japón a investigar este nuevo sistema que a su regreso lo denominaron Lean manufacturing o Lean production y se encargaron de difundirla alrededor de todo el mundo.

El lean Production es una filosofía aplicable al sector industrializado y se enfoca principalmente en la reducción de los principales tipos de desperdicios (sobreproducción, inventario, tiempo de espera, etc.), además tiene nuevas metodologías que brindan resultados de productividad mucho mayores a los que se tenían en esa época.

Introduciéndonos en el campo de la construcción y a los típicos problemas que esta industria presenta, como programaciones poco confiables o erradas, exceso de desperdicios y una inadecuada administración de los recursos. Se han hecho muchos esfuerzos por mejorar los problemas en la administración general de proyectos de construcción, es así que en busca de una solución a esto en 1992 el ingeniero irlandés Lauri Koskela publica un documento llamado “*Application of the New Production Philosophy to Construction*”; donde se muestran los primeros acercamientos de la filosofía del “*Lean Production*” a la construcción, sistematizando los conceptos más avanzados de la administración moderna (Mejoramiento Continuo, Justo a Tiempo) que junto con la ingeniería de métodos reformula los conceptos tradicionales de planificar y controlar obras proponiendo en su tesis una nueva filosofía de Control de Producción .

b) Lean Production:

El lean Production es un sistema que tiene como finalidad eliminar o reducir al máximo los elementos que no aporten de manera positiva en recursos, tiempo, espacio u otros; para agregarle valor al producto, ya que como sabemos lo que busca el Lean production es agregarle valor a sus productos eliminando actividades innecesarias (desperdicios).

Las actividades en un proceso de producción se pueden separar como se muestra en el siguiente gráfico.

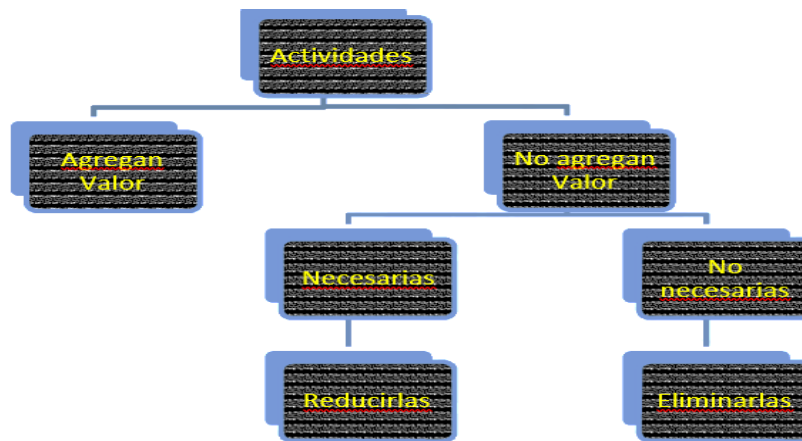


Figura 2: Clasificación de actividades según Lean Production

Fuente: Guzmán Tejeda (2014)

Uno de los conceptos fundamentales de la teoría Lean Production es ver el proceso de producción como un flujo de materiales e información que van desde las materias primas hasta el producto final que llegara al cliente. Esto se grafica en el siguiente diagrama.



Figura 3: Modelo de flujo de Procesos.

En este grafico podemos observar, además del proceso de producción, las actividades que definimos en el grafico anterior, por ejemplo tenemos los procesos 1 y 2 que son actividades que agregan valor al producto. También tenemos al transporte y el tiempo de espera, estas actividades no agregan valor al producto y por lo tanto se deben separar en necesarias y no necesarias, el tiempo de espera es una actividad no necesarias por lo cual se debe tratar de eliminar y así reducir los tiempos para generar menores perdidas, por otro lado el transporte es una actividad necesaria para pasar de un proceso a otro y no se puede eliminar, sin embargo este tipo de actividades se pueden reducir haciendo una correcta planificación lo cual también generara un gran ahorro de tiempo en todo el proceso.

La nueva filosofía de producción considera los siguientes elementos dentro de su diseño y control de la producción (KOSKELA, L. 1992).

✓ **Identificar actividades que no agregan valor**

Se identifican las actividades que no agregan valor y se tratan de reducir y en el mejor de los casos eliminar para generarle ganancias al proyecto, estas pueden ser en costo, tiempo, etc. Por lo tanto identificar estas actividades es primordial para reducir las pérdidas.

✓ **Incrementar el valor del producto**

Los beneficios obtenidos de eliminar las perdidas en general deben enfocarse en incrementar el valor del producto para el cliente final, esto se puede lograr poniéndonos en perspectiva del cliente y haciendo que nuestro producto iguale y en el mejor de los casos supere las expectativas que estos tienen sobre el producto.

✓ **Reducir la variabilidad**

La variabilidad afecta negativamente todos los ámbitos de la producción y también es algo negativo para el cliente, por lo cual es importante la reducción de la variabilidad para evitar problemas con las programaciones y la satisfacción del cliente.

✓ **Reducción del tiempo del ciclo**

El tiempo que dura un ciclo se puede reducir con la teoría de lotes de producción y lotes de transferencia, la cual nos dice que si dividimos nuestra producción (lote de producción) en lotes pequeños (lotes de transferencia) que vamos transfiriendo de proceso a proceso, nuestro ciclo tendrá una duración menor que si introducimos todo el lote a un proceso y esperamos a que todo el paquete esté listo para llevarlo al siguiente proceso o actividad.

✓ **Simplificación de procesos**

La simplificación de procesos consiste en mejorar el flujo por medio de la reducción de los procesos involucrados para de ese modo controlar mejor estos procesos y reducir la variabilidad y el costo de realización de cada proceso.

✓ **Incrementar la transparencia en los procesos**

Mientras mayor sea la transparencia de un proceso serán mayores las posibilidades de inspeccionarlo y así evitar errores que pasaran a ser trabajos rehechos, los cuales son pérdidas para el proyecto.

✓ **Mejoramiento continuo**

Este principio está basado en la filosofía Japonesa Kaisen, esta se basa en la identificación de las causas de no cumplimiento de las actividades para tratar de solucionarlas en siguientes proyectos y así ir mejorando continuamente.

✓ **Referenciar los procesos (Benchmarking)**

Esto se basa en comparar nuestros procesos con los procesos de la empresa líder en nuestro campo de acción para tener ideas de mejora basándonos en el potencial de las empresas de la competencia.

Como podemos observar todos estos principios tienen un fin común que es la mejora de todo el proceso de producción y la reducción de todas las actividades que no agregan valor, con el fin de lograr un flujo simple, uniforme y un tiempo de ejecución menor.

Las actividades que no agregan valor son definidas como Pérdidas que según el Lean Production se divide en 7 tipos (KOSKELA, LAURI. 1992).

▪ **Sobre – Producción**

Se refiere a producir más de lo que demanda el cliente, ya sea este el cliente final del producto o la actividad sucesora en el proceso de producción. Es el peor tipo de pérdida porque da lugar a otra que es el inventario.

▪ **Esperas**

Es el tiempo perdido entre procesos o dentro de un proceso específico debido a la falta de materiales, herramientas, equipos o información. Representa el mayor porcentaje de los trabajos no Contributorios.

▪ **Transporte**

Este tipo de pérdida no se refiere al transporte en si porque como lo veremos más adelante es una actividad que si bien no agrega valor es completamente necesaria para realizar las actividades productivas. Se refiere al exceso de esta actividad, es decir no tener identificados puntos de acopio que hagan que se transporte continuamente los materiales sin generar apoyo a la producción.

▪ **Sobre – Procesamiento**

Cargar de mayor trabajo del necesario a una actividad simple, los sobrecostos en los que incide no son asumidos por el cliente y generan pérdidas para el proyecto. Es la pérdida más difícil de identificar y reducir.

▪ **Inventario**

Se refiere a la acumulación de productos o materiales por parte de los subprocesos por diferencias en las demandas entre estos (flujos no balanceados). Este tipo de desperdicio genera también transportes y esperas por lo que eliminarlo es fundamental para obtener ahorros.

▪ **Movimientos**

Cualquier tipo de movimiento que no es necesario para completar de manera adecuada una actividad, estas pueden ser de personas como de equipos. Este tipo de pérdida está ligado con el estudio de tiempos y movimientos; y se tiene que realizar un estudio mucha más exhaustiva para eliminarlo.

▪ **Defectos**

Son las pérdidas por los trabajos mal hechos o que presentan defectos por lo que no se pueden entregar a la siguiente actividad en ese estado y para resolver dichos defectos se tiene que incurrir en un costo que tiene que ser asumido por la empresa.

Adicionalmente a los 7 desperdicios se está proponiendo un nuevo desperdicio que sería el llamado Making DO, este desperdicio se debe a una incorrecta forma de trabajo, es decir realizar actividades cuando no se tiene todo listo para realizarla y por ende demanda una cantidad de trabajo mayor a la realmente necesaria para poder compensar la falta de recursos u otros requisitos de la actividad. (KOSKELA, LAURI. 1992).

b) Lean Construction

El Lean construction como mencionamos antes nació de una adaptación del Lean Production que estaba enfocado a las empresas manufactureras, entonces se puede entender que existieron dificultades en este proceso de adaptación debido a los distintos que puede ser el proceso de construcción comparado con otras industrias más especializadas. Primeramente la industria de la construcción se veía desde el modo tradicional como una industria de conversión la cual tomaba materiales, los transformaba y los entregaba como producto terminado y sabemos que el sistema de producción Lean es visto como un flujo y las teorías que tiene se aplican a una producción de flujo. Por tal motivo la filosofía lean construction considera la construcción ya no como solo una transformación, sino como un flujo de materiales y recursos para la obtención de un producto, para que de esta manera se puedan aplicar los principios de la producción lean, ya que según Ballard el modelo de flujo de procesos permite visualizar las abundantes pérdidas que usualmente se encuentran en la construcción y que el modelo de conversión no nos permite ver. (GUZMÁN TEJEDA, 2014).

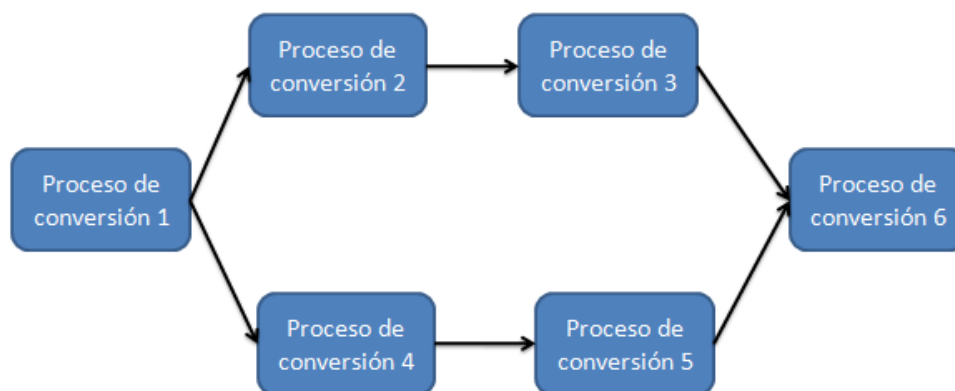


Figura 4: Modelo de conversión de procesos (GHIO, 2001)

La complejidad de la industria de la construcción también juega en contra para aplicar los principios del lean production. Cada proyecto de construcción es diferente y se desarrolla en un ambiente incierto incluso proyectos similares son desarrollados de manera totalmente distinta. La variabilidad es un factor inherente a la construcción ya que, debido a la complejidad que posee, hay muchos agentes que intervienen en las diversas etapas. Hay que recordar que prácticamente en todas las construcciones se trabaja con subcontratos, los

cuales no siempre están dispuestos a depurar su forma de trabajo en pro de una mejora general. A pesar de estas complicaciones que presentan los proyectos de construcción se pudo adaptar el lean production a esta industria y así crear la nueva filosofía de construcción llamada “Lean Construction”, esta nueva filosofía tiene el mismo enfoque que es maximizar el valor para el cliente reduciendo al máximo las pérdidas. (COLQUI ROJAS, 2016).

b.1) Sistema de Producción Efectivo

La filosofía Lean Construction busca dar una solución a los problemas que se tiene en la metodología actual de construcción en lo que respecta al costo, plazo y productividad en las obras, la metodología que propone para lograr dicho objetivo es generar un sistema de producción efectivo, para lo cual se tienen que cumplir con 3 objetivos básicos según orden de prioridad.

b.1.1. Asegurar que los flujos no paren

En esta etapa que es la más importante la filosofía lean construction propone centrarnos en que el flujo sea continuo, sin preocuparnos de la eficiencia de los flujos y procesos. Esto se debe a que al tener flujos continuos el trabajo no se detendrá y podremos observar las fallas en cada proceso y los flujos entre estos para eliminarlos como siguiente medida.



Figura 5: Modelo de flujo

Fuente: Capítulo Peruano LCI

Como se puede apreciar en la imagen en esta primera etapa se logra continuidad del proceso general, pero salta a la vista que se tienen pérdidas debido a que la capacidad de producción de cada proceso es distinta y por consiguiente también lo son los flujos.

Como medidas para lograr el primer objetivo la filosofía Lean Construction propone tipos de acciones importantes que son el manejo de la variabilidad y el uso del sistema Last Planner. (LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE GLOSARY, 2016).

-Manejo de la variabilidad: tiene mayor importancia en proyectos de infraestructura y que están alejados de las ciudades, ya que en esas situaciones la variabilidad es mucho mayor que para el caso de edificaciones. Lean Construction propone manejar la variabilidad con el uso de Buffers.

-Sistema Last Planner: Esta herramienta tiene mayor importancia para proyectos de edificaciones donde la variabilidad es menor y un poco más controlable, este sistema logra asegurar que lo planificado se ejecute con mayor probabilidad de éxito, es decir incrementa la confiabilidad de la construcción.

b.1.2. Lograr flujos eficientes

Es el segundo objetivo que se tiene que cumplir para tener un sistema de producción efectivo y este se logra dividiendo el trabajo total equitativamente entre los procesos para de esa manera tener procesos y flujos balanceados. Para lograr esto se utilizan los principios de física de producción y el tren de actividades.

- Física de producción: se utilizan conceptos de la teoría de restricciones según los cuales se debe de balancear los flujos entre procesos porque todo el sistema está restringido por el proceso que genera el menos flujo y es dicho proceso el que determina la capacidad de producción del sistema.

-Tren de actividades: propone la división de la cantidad de trabajo en partes iguales que puedan ser ejecutadas por cada proceso en un mismo tiempo balanceando adecuadamente los recursos y estableciendo una secuencia lineal de actividades.



Figura 6: Modelo de flujo con flujos eficientes

Fuente: Capitulo Peruano LCI

Al aplicar las herramientas mencionadas se obtendrá el flujo del sistema que se muestra en la imagen, según el cual se tiene un flujo continuo y simétrico entre los procesos cumpliendo así el segundo objetivo.

b.1.3. Lograr procesos eficientes

Con los objetivos anteriores cumplidos el tercer paso para lograr el sistema de producción efectivo que busca la filosofía Lean Construction es lograr que los procesos sean eficientes, lo cual se hará en base a la optimización de procesos con las herramientas que propone la filosofía Lean.

Optimización de Procesos: las herramientas que se propone para lograr esta optimización en cada proceso son las cartas de balance y el nivel general de actividad, a partir del uso de dichas herramientas se puede entender el estado de un proceso y la manera de optimizarlo.

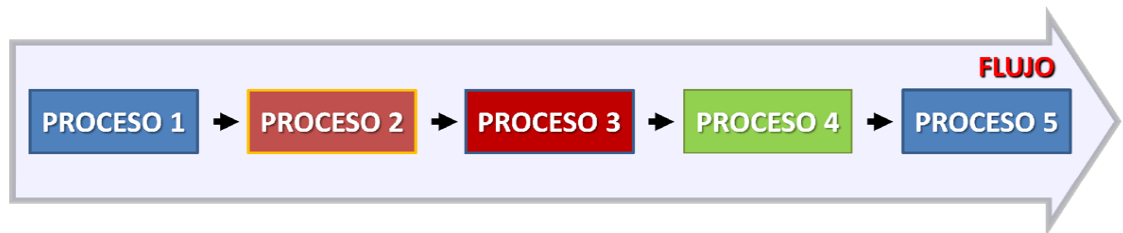


Figura 7: Modelo de flujo con procesos eficientes

Fuente: Capitulo Peruano LCI

Como se aprecia en la imagen lo que se gana con este último objetivo es dimensionar adecuadamente los procesos y recursos eliminando el desperdicio dentro de cada proceso y logrando que todo el sistema de producción sea efectivo, ya que se tendrá un flujo continuo con procesos eficientes y por lo tanto el flujo dentro del sistema también lo será.

c.2) Lean Project Delivery System

Es una implementación organizada de principios y herramientas lean combinadas para permitir a un equipo operar un proyecto. El Lean Construction Institute (LCI) desarrolló el Lean Project Delivery System (LPDS) como una nueva y mejor metodología para desarrollar los proyectos de construcción expandiendo los conceptos Lean traídos del estudio de las teorías de producción en la industria seriada a todas las fases de un proyecto. Inicialmente se aplicaba las herramientas y teorías Lean solamente en la etapa constructiva o de operaciones, debido a los buenos resultados observados en el campo de la construcción se fueron extrapolando estas teorías hacia las distintas áreas o fases que abarca un proyecto dando inicio así a un sistema Lean que abarca no solo la parte operativa de un proyecto sino todo su ciclo de vida. (BALLARD, 2000).

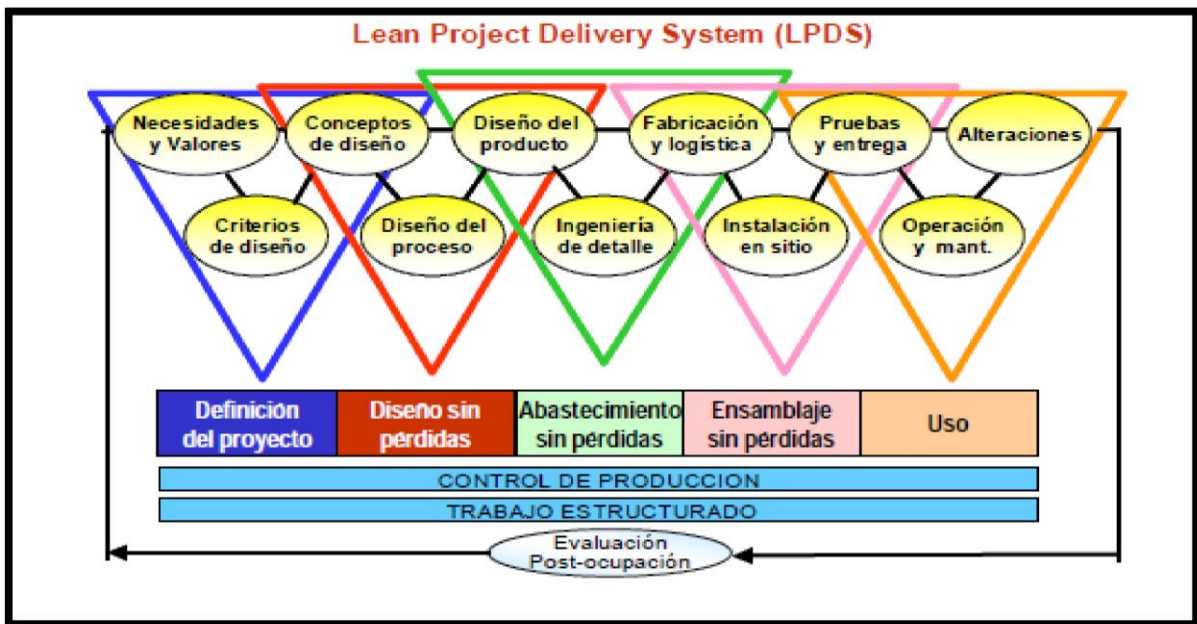


Figura 8: Lean Project Delivery System (Ballard, 2000)

El modelo del LPDS consta de 14 módulos, 11 de estos están organizados en 5 triadas o fases las cuales están interconectadas entre sí demostrando la interrelación de cada fase con las colindantes, además de 1 módulo de control de producción y uno de estructuración del trabajo, los cuales fueron concebidos para extenderse a través de todas las fases del proyecto, así como el módulo de evaluación post-ocupación el cual enlaza el final de un proyecto con el inicio de otro (Figura 7)

Las 5 triadas que propone el LPDS son las siguientes (CASTILLO MAGUIÑA, 2014):

c.2.1) Definición del Proyecto (Project Definition)

La fase de Definición del Proyecto está conformada por 3 módulos: Las necesidades y Valores que analiza y estudia las necesidades de los clientes finales y las expectativas de los inversionistas, los criterios de diseño que son las pautas que se toman en cuenta para la concepción de una idea como proyecto, las cuales provienen de la experiencia y conocimiento relacionado al tema; y los conceptos de diseño que es la conceptualización de los 2 módulos mencionados en alternativas o esquemas del proyecto que termina en un anteproyecto.

c.2.2) Diseño Lean (Lean Design)

La fase del diseño Lean se inicia con el ultimo módulo de la fase anterior (Conceptos de diseño) y es con este módulo que esta enlazado con la fase anterior, le sigue el módulo de Diseño del Proceso que es el diseño de los pasos y procedimientos para lograr la fabricación efectiva y eficiente del producto o proyecto ya definido; y el tercer módulo de esta fase es el Diseño del Producto que consiste en estructurar adecuadamente las actividades a realizar para generar un conjunto de especificaciones que definan cómo será el producto final.

c.2.3) Abastecimiento Lean (Lean Supply)

La fase de abastecimiento sin perdidas está conectada con la anterior con el modulo del diseño del producto, es decir para iniciar con el abastecimiento sin perdidas es

necesario tener definido y diseñado el producto final o proyecto. En esta fase se tiene el módulo de Ingeniería de detalle, el cual va de la mano con el diseño del producto y ambos son indispensables para poder lograr el tercer módulo que es la fabricación y logística, ya que si no sabemos o no tenemos definido el producto que haremos o no tenemos la información detallada y exacta no se podrán fabricar o tramitar los materiales necesarios para el inicio de la siguiente fase.

c.2.4) Ejecución Lean (Lean Assembly)

La fase de ensamblaje sin pérdidas representa la parte netamente productiva o la que podrías denominar como Lean Construction, esta inicia con la fabricación y logística que brindan los materiales, las herramientas y todos los recursos necesarios para la construcción. El segundo módulo de esta fase comprende la instalación o construcción in situ del proyecto que representa la producción como la conocemos en un proyecto, finalmente esta fase tiene un módulo de salida que serían las pruebas al producto ensamblado y la entrega.

b.2.5) Uso

La fase de uso es la última de las 5 triadas que propone el LPDS y se inicia con el módulo final de la fase anterior, es decir con las pruebas y la entrega; además abarca el módulo de operación y mantenimiento que se desarrolla durante toda la vida del proyecto y una fase de alteraciones que comprende las reparaciones o modificaciones que pueda sufrir el proyecto inicial.

Además de los 11 módulos mencionados en las triadas se tienen otros 3 que son los siguientes (CASTILLO MAGUIÑA, 2014):

c.2.6) Control de Producción

El control de Producción es un módulo que abarca todas las fases del proyecto y consiste en el control de los flujos de trabajo y las unidades de producción. Este módulo tiene como herramienta principal de control de producción al Last Planner System.

c.2.7) Estructuración del Trabajo:

Este módulo tiene como objetivo hacer que el flujo de trabajo durante la construcción sea más confiable, eficiente y le añada valor al cliente. La estructuración del trabajo también se da durante todo el tiempo de duración del proyecto, desde su concepción como idea hasta su uso, esto hace que todas las decisiones concernientes a la estructuración del trabajo se puedan tomar en cualquiera etapa del proyecto.

Finalmente se tiene la evaluación Post – Ocupación que se es el nexo entre un proyecto terminado y uno nuevo, este módulo de evaluación funciona como un mecanismo de retroalimentación y mejora continua, ya que al evaluar el proceso de entrega y uso de un proyecto se pueden tener conclusiones importantes que sirvan para mejorar la calidad del proyecto en general y maximizar el valor que pueda obtener el cliente.

b.3) Herramientas Lean del LPDS

Dentro del sistema de entrega de proyectos lean se han desarrollado muchas herramientas para cada una de las fases con la finalidad de aplicar las enseñanzas teóricas de esta filosofía al momento de ejecutar los trabajos. Las herramientas del LPDS son en total 42 y se dividen en cada fase de la siguiente manera (GUZMÁN TEJEDA, 2014):

LPDS	Numero	Herramienta	Fuente
DEFINICIÓN DEL PROYECTO	1	MATRIZ DE SELECCIÓN DEL EQUIPO DE DISEÑO	Pablo Orihuela et al 2011
	2	CUADERNO DE DISEÑO	Pablo Orihuela et al 2011
	3	MATRIZ DE NECESIDADES Y VALORES DEL INVERSIONISTA	Pablo Orihuela et al 2011
	4	MATRIZ DE NECESIDADES Y VALORES DEL USUARIO FINAL	Pablo Orihuela et al 2011
	5	BASE DE DATOS Y REPOSITORIOS	Ines Castillo 2014
	6	MATRIZ DE ALINEACIÓN DE PROPOSITOS	Pablo Orihuela et al 2011
	7	DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN DE CALIDAD (QFD)	Yoji Akao 1978
DISEÑO LEAN	8	REPORTE A3	Toyota
	9	ESTACIONAMIENTO	Cynthia Tsao et al 2002
	10	MATRIZ DE RESPONSABILIDADES	Carlos Formoso et a 1999
	11	TABLA DE ENTRADAS Y SALIDAS	Carlos Formoso et a 1999
	12	LISTA DE TAREAS	Luis Alarcón et a 1998
	13	LISTA DE CHEQUEO	Luis Alarcón et a 1998
	14	SOLICITUD DE INFORMACIÓN (RFI)	Grupo internacional de Lean Construction
	15	CONSTRUCTABILIDAD EN EL DISEÑO	Instituto de la industria de la construcción 1986

EJECUCIÓN LEAN	21	FIRST RUN STUDIES	Instituto de la construcción lean
	22	NIVEL DE ACTIVIDAD	Alfredo Serpell 1990
	23	CARTA DE BALANCE	Alfredo Serpell 1990
	24	CUADRO COMBINADO DE TRABAJO ESTANDARIZADO	Nakagawa y Shimizu 2004
	25	POKA YOKE	Shingueo Shingo 1960
	26	MANUALES DE PROCESOS	Ines Castillo 2014
	27	ANDON	Toyota
	28	ONE TOUCH HANDLING	Glenn Ballard et al 2002
USO	29	EVALUACIONES POST-OCUPACIÓN	Instituto de la construcción lean
	30	MANUAL DEL CLIENTE	Ines Castillo 2014
	31	FORMULARIO DE ASISTENCIA TÉCNICA	Ines Castillo 2014
	32	PLAN DE INSPECCIONES PERIÓDICAS	Cupertino et al 2011
	33	DIAGRAMA DE FLUJO Y TIEMPO DE ENTREGA DE LAS ACTIVIDADES	Cupertino et al 2011
CONTROL DE PRODUCCIÓN	34	PLANIFICACIÓN MAESTRA	Grupo internacional de Lean Construction
	35	PLANIFICACIÓN POR FASES	Glenn Ballard 2000
	36	LOOKAHEAD PLANNING	Glenn Ballard y Greg Howell 2004
	37	PLAN DE TRABAJO SEMANAL	Glenn Ballard y Greg
	38	PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO	Glenn Ballard y Greg
	39	RAZONES DE NO CUMPLIMIENTO	Glenn Ballard y Greg
	40	LINEAS DE BALANCE	Goodyear Tire & Rubber Company
TRABAJO ESTRUCTURADO	41	5 WHYS	Toyota
	42	BUFFERS	Grupo internacional de Lean Construction
ABASTECIMIENTO LEAN	16	CENTROS LOGISTICOS	Iris Tommelein et al 2007
	17	5S	Toyota
	18	MATRIZ MULTICRITERIO	Pablo Orihuela et al 2008
	19	MAPEO DE LA CADENA DE VALOR	Toyota
	20	KANBAN	Toyota

Figura 9: Herramientas del LPDS (Tesis Inés Castillo, 2014)

c.4) Integrated Project Delivery (IPD)

Es un sistema integrado de entrega de proyectos que busca alinear intereses, objetivos, y practicas renovando la organización, el sistema de operación y los términos comerciales que rigen el proyecto. Los principales miembros del equipo del proyecto son el arquitecto, los consultores técnicos, así como el contratista general y los subcontratistas principales de especialidad. Estos miembros forman una organización capaz de aplicar los principios y prácticas del sistema de entrega de proyectos lean (LPDS).

El sistema integrado de entrega de proyectos busca involucrar a todos los participantes de un proyecto (proyectistas, consultores, contratistas, proveedores, especialistas, etc.) para poder generar un producto con valor agregado hacia el cliente, generando ahorro para este y mayores utilidades para las empresas involucradas. (GUZMÁN TEJEDA, 2014).

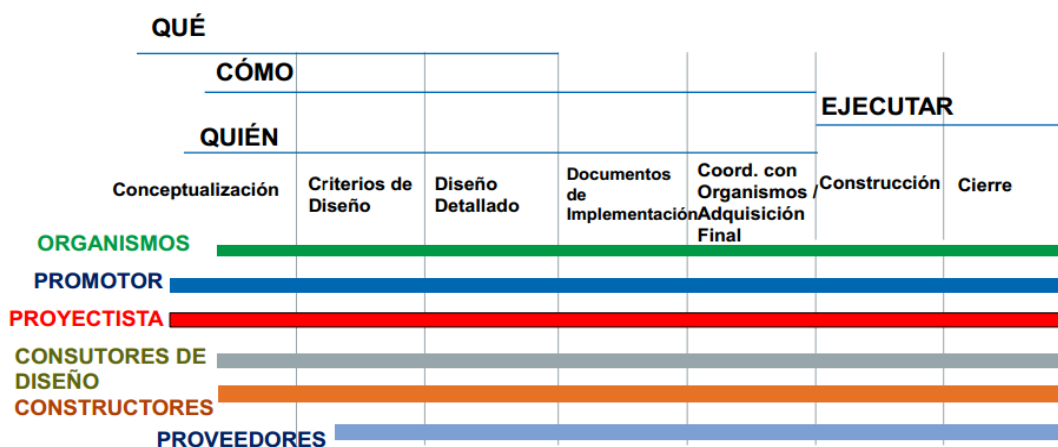


Figura 10: Propuesta del IPD (Fuente: Brioso, 2014)

Como se puede apreciar en la imagen anterior, el Integrated Project Delivery (IPD) propone que desde la etapa de la conceptualización del proyecto se tenga la participación de los involucrados (Organismos, Promotor, Proyectistas, consultores y constructores) para generar un producto con valor agregado no solo para el cliente sino para todos los involucrados en el proyecto. La metodología convencional por lo contrario muestra que cada participante del proyecto participa únicamente de las etapas en las que tiene acción directa sin poder hacer un cambio que agregue valor significativo al proyecto, ya que mientras más avanzado esta es más complicado que un cambio de aplique.

En el Perú aún se está conociendo esta metodología, pero debido a la forma en que se maneja la construcción en el país es poco probable que se llegue a aplicar a gran escala.

c.5) Target Value Design (TVD)

Es una práctica de gestión disciplinada que se usa a lo largo de un proyecto para asegurar que las instalaciones cumplen las necesidades operativas y el valor requerido por el cliente. Tiene como finalidad ser entregado cumpliendo con el presupuesto del cliente (por debajo del valor del mercado) y promueve la innovación en todos los procesos de creación del proyecto, para incrementar el valor del proyecto hacia el cliente y minimizar los costos al eliminar los desperdicios.

El diseño enfocado en el valor invierte la práctica común de diseño con respecto a lo convencional, por ejemplo en el siguiente cuadro se muestra cómo se desarrolla un proyecto con la metodología tradicional y TVD: (LEAN INSTITUTE GLOSSARY, 2016)

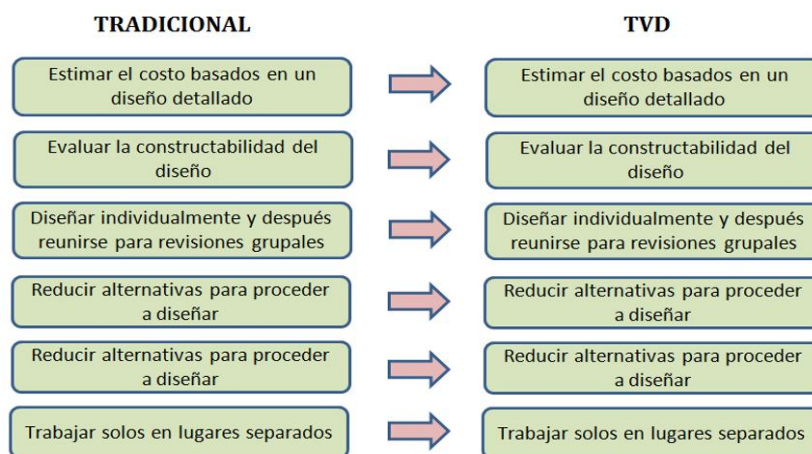


Figura 11: Propuesta del IPD

Fuente: Brioso (2014)

El equipo general de diseño tiene como meta diseñar el producto con un costo objetivo (Target Cost) que es establecido por el mismo equipo y es inferior al costo aceptable por el cliente, esto tiene como objetivo crear la necesidad de impulsar la innovación y reducción de pérdidas en el proceso de diseño y construcción. (BRIOSO LESCANO, 2014). El siguiente grafico muestra las diferencias entre el costo de mercado (Market Cost), el costo

aceptado por el cliente (Allowable Cost) y el costo objetivo (Target Cost); así como el proceso de conversión a lo largo del tiempo.

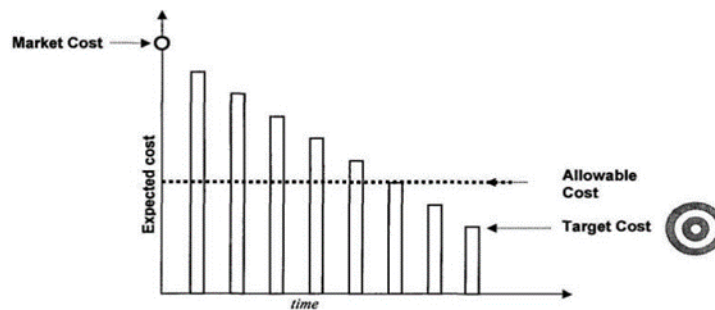


Figura 12: Términos de costeo asociados con TVD (Rybkowski S., 2009)

En el siguiente grafico se muestra el proceso realizado para poder alcanzar el costo objetivo de un proyecto. Este procedimiento consiste en la reducción del costo, a partir de los cambios de ingeniería, constructabilidad e interacciones directas de proveedores y contratistas, en cada uno de los subsistemas o etapas del proyecto y a su vez dentro de cada una de estas etapas en las partidas que la conforman (BRIOSO LESCANO, 2014).

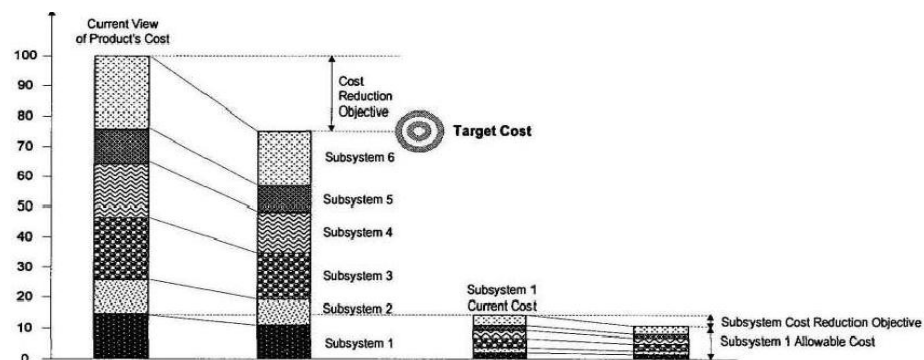


Figura 13: Ahorro en costos compartidos por subsistemas como resultado de los ejercicios de Target Costing (Rybkowski S., 2009).

d) Conceptos y herramientas de la filosofía lean construction

d.1) Productividad

Existen varios conceptos de productividad, hay quienes sostienen que la productividad es una 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. (BOTERO BOTERO y ÁLVAREZ MILLA, 2004)

También se podría definir como una relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla. Lo que significa que una productividad mayor implica una mayor producción utilizando la misma cantidad de recursos. Según estudios sobre la ocupación del tiempo de los trabajadores en la construcción se consideró que los trabajadores pueden realizar tres tipos de actividades (SERPELL, 2002).

d.1.1) Trabajo Productivo (TP)

Corresponde a las actividades que aportan en forma directa a la producción de alguna unidad de construcción. Ejemplo, vaciar concreto, asentar ladrillos, colocar cerámicos, etc.

d.1.2) Trabajo Contributorio (TC)

Es el trabajo de apoyo, se define como el trabajo que es necesario para que se pueda ejecutar el trabajo productivo, pero que no aporta valor a la unidad de construcción. Es considerado una pérdida de segunda categoría y se debe minimizar al máximo posible para mejorar la productividad. Ejemplo, recibir y dar indicaciones, leer planos, transporte de material, etc.

d.1.3) Trabajo No Contributorio (TNC)

Corresponde a cualquier otra actividad realizada por el trabajador y que no se clasifica en las anteriores categorías, por lo tanto se consideran pérdidas, ya que son actividades que no son necesarias, tienen un costo y no agregan valor por lo que se busca eliminarlas para mejorar el proceso productivo. Ejemplo, esperas, descansos, trabajo rehecho, etc.

d.2) Variabilidad

Podemos definir la variabilidad para el caso de los proyectos de construcción como la ocurrencia de eventos distintos a los previstos por efectos internos y externos al sistema,

está presente en todos los proyectos y se incrementa con la complejidad, velocidad, ubicación y magnitud de los mismos. Estos eventos son aleatorios y no se pueden predecir ni eliminar en su totalidad, es decir se puede predecir que ocurrirán imprevistos mas no sabemos de qué tipo ni cuando, aun así se deben de tomar en cuenta ya que no hacerlo hará que se incrementen significativamente y que generen un impacto mayor en el proyecto. Para el caso específico de los proyectos de construcción la variabilidad es gran problema debido a la cantidad de actividades que se tiene dentro de todo el proceso de construcción. Se sabe que la confiabilidad de una actividad predecesora es del orden del 95%, lo cual es una buena confiabilidad tratándose de un proceso, pero al tener muchas actividades predecesoras el porcentaje de confiabilidad cae enormemente hasta un valor del 8% para 50 actividades predecesoras. (GUZMÁN TEJEDA, 2014).

Actividades Predecesoras	Confiabilidad del Proceso	Confiabilidad del último Proceso
1	95	95
2		90
5		77
10		60
20		36
30		21
50		8%

Figura 14: Tabla de porcentajes de actividades predecesoras

Fuente: Capitulo Peruano LCI (2012)

Time required to make airplane parts			
N repetitions	Time / Ratio	Ratio	
	Unit	T_n/T_1	$T_n/T_{n/2}$
1	10		
2	8	0.8	0.8
3	7	0.7	
4	6.4	0.64	0.8
5	6	0.6	
6	5.6	0.56	0.8
7	5.3	0.53	
8	5.1	0.51	0.8

Figura 15: Tiempo requerido para fabricación de partes de avión (T.P. Wright, 1936)

Estos datos se pueden expresar en un gráfico que muestra la reducción del tiempo de ejecución del trabajo a medida que va avanzando el tiempo y por ende incrementando el aprendizaje de los operarios, hasta llegar a un nivel de especialización en el cual el tiempo de ejecución del trabajo se mantiene constante.

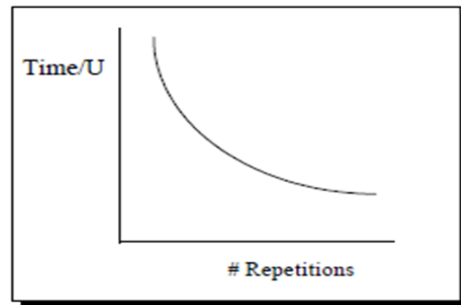


Figura 16: Curva Tiempo de ejecución Vs Número de repeticiones (T.P. Wright, 1936)

Asimismo, cabe mencionar que este concepto es muy utilizado por el lean construction, ya que se enfoca en asignar trabajos específicos a cada cuadrilla para que los trabajos se hagan repetitivos y así poder aprovechar este concepto.

Finalmente se muestra el grafico de la curva de aprendizaje en los trabajadores, está dividida en 3 partes, la primera que muestra un inicio lento del aprendizaje, en la segunda se incrementa el aprendizaje a un nivel más acelerado que en la anterior para finalmente llegar a la tercera parte en la cual casi no se incrementa el aprendizaje con el pasar del tiempo porque se ha llegado a un nivel óptimo. (T.P. WRIGHT EN 1936).

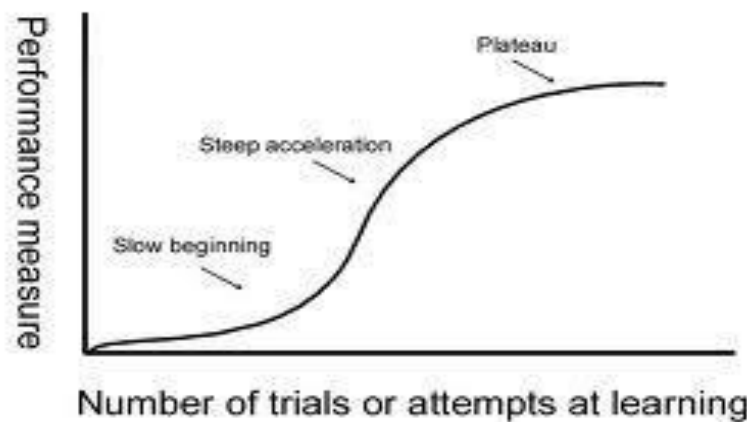


Figura 17: Curva de Rendimiento Vs Número de Repeticiones (T.P. Wright, 1936)

d.5) Sectorización

Se llama sectorización al proceso de división de una actividad o tarea de la obra en porciones más pequeñas llamadas sectores, cada sector deberá comprender un metrado aproximadamente igual a los demás para así mantener un flujo continuo entre sectores. El metrado asignado a los sectores deberá ser factible de realizarse en un día. La sectorización está relacionada con la teoría de lotes de producción y lotes de transferencia, ya que al dividir el trabajo en sectores más pequeños estamos dividiendo nuestro lote de producción en lotes más pequeños que serán los que transferimos a las actividades siguientes (lotes de transferencia). Asimismo al sectorizar se está optimizando los flujos de recursos en la obra, lo cual genera un beneficio para todo el sistema de producción. (EDIFICA, 2006)

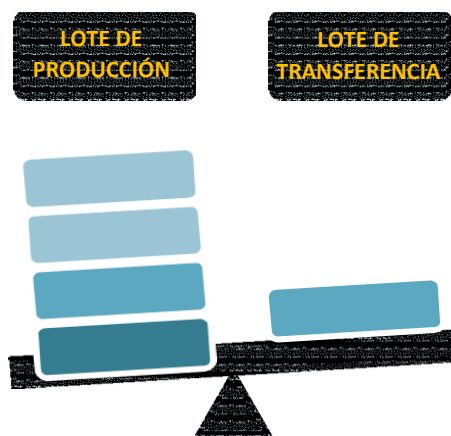


Figura 18: Comparación Lotes de Producción vs Lotes de Transferencia (Fuente: EDIFICA)

La sectorización en la construcción se hace con la finalidad de dividir el trabajo en partes más manejables y poder formar lo que llamamos el tren de trabajo, con esto se podrá separar las cuadrillas por especialidad y optimizar los rendimientos de cada cuadrilla haciendo uso de la curva de aprendizaje. (EDIFICA, 2006)

d.6) Tren de actividades

El tren de actividades es una metodología similar a las líneas de producción en las fábricas, en las cuales el producto avanza a lo largo de varias estaciones transformándose en cada

una de ellas. Para el caso de la construcción que no es una industria automatizada como las fábricas y no se tiene la posibilidad de mover el producto a lo largo de varias estaciones se creó el concepto de tren de actividades, según el cual las cuadrillas de trabajo van avanzando unos tras otros a través de los sectores establecidos anteriormente en el proceso de sectorización, con esto se pretende tener un proceso continuo y ordenado de trabajo, además de poder identificar fácilmente los avances a través de la ubicación de las cuadrillas en un sector determinado. (GUZMÁN TEJADA, 2014).

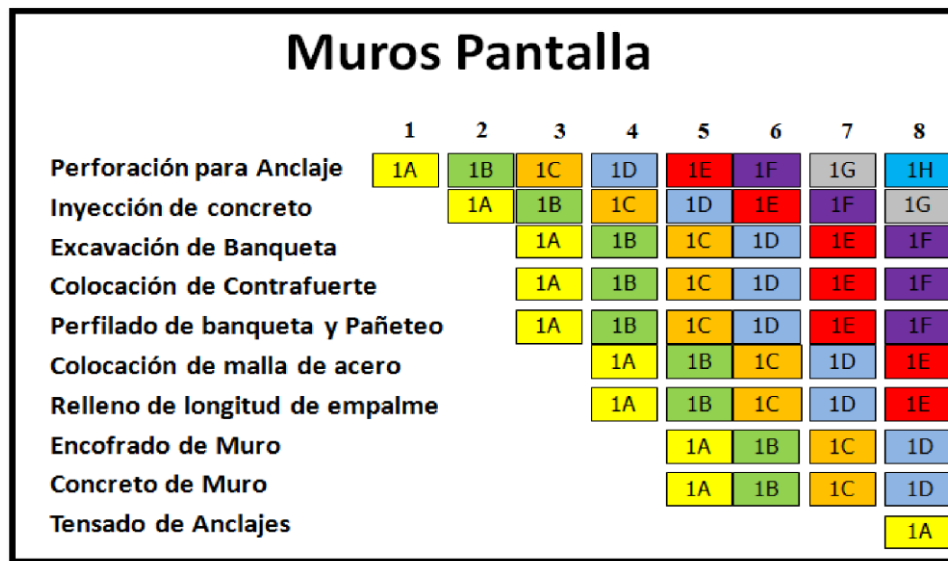


Figura 19: Ejemplo de tren de actividades en muros pantalla (Fuente: EDIFICA, 2006)

Como principales ventajas de la aplicación de los trenes de trabajo se tiene:

- ✓ Incrementa la productividad.
- ✓ Mejora la curva de aprendizaje.
- ✓ Se puede saber lo que se avanzara y gastara en el día.
- ✓ Se puede saber el avance que se tendrá en un día determinado.
- ✓ Disminuye la cantidad de trabajos rehechos.

d.7) Buffers

El planeamiento y la programación en los proyectos de construcción son fundamentales para el éxito de cada proyecto, ya que definen la secuencia, ritmo y duración de todos y

cada uno de los procesos constructivos que engloba el proyecto. Sin embargo, las técnicas de programación convencionales no han abordado eficientemente la naturaleza variable de los proyectos, lo que se traduce en retrasos y mayores costos. Aunque ya se está usando la metodología propuesta por la filosofía Lean Construction a través del Last Planner que reduce considerablemente los efectos de la variabilidad para el proyecto, pero aún existe cierta variabilidad que no se puede controlar mediante esta herramienta y es por eso que se plantea el uso de Buffers para contrarrestar los efectos de la variabilidad que escapan del sistema Last Planner.

Se entiende como Buffer un colchón o amortiguador, como sería su traducción al español, que se tiene como alternativa para contrarrestar los efectos negativos de la variabilidad en la construcción (CRUZ MACHADO, 2007).

Los Buffers pueden ser de 3 tipos:

d.7.1) Buffer de Inventario:

El Buffer de inventario es muy común en los proyectos de construcción y es necesario debido a la poca confiabilidad que tienen los proveedores de este rubro. Se entiende como buffer de inventario el tener una cantidad mayor a la necesaria de materiales y/o equipos para evitar que el flujo se detenga ante la falla en la entrega de algún recurso.

d.7.2) Buffer de Tiempo:

El Buffer de tiempo representa generar un colchón de tiempo para el proyecto que se pueda usar en el caso de que haya complicaciones y de esa manera no salirnos del plazo establecido.

d.7.3) Buffer de Capacidad

Los Buffers de Capacidad son principalmente partes o partidas no críticas de la obra que se dejan de programar o realizar según el curso normal del proyecto para que se realicen cuando sea necesario un lugar de trabajo para el personal debido a la falta de frente o para colocar los materiales excedentes.

Los Buffers son una buena alternativa para reducir la variabilidad en los procesos de producción en construcción, sin embargo, no existen modelos analíticos que dimensionen tamaños de Buffers óptimos, ni metodologías que los administren adecuadamente. El uso de tamaños de Buffers óptimos facilitará el desarrollo de programas de construcción de mayor capacidad predictiva, así como también, una adecuada administración de éstos mejorará el flujo de producción en terreno en los proyectos. Sin embargo, se tiene que realizar un arduo trabajo para elaborar procedimientos óptimos de dimensionamiento de Buffers. (CRUZ MACHADO, 2007).

d.8) Last Planner System

El Last planner system es una herramienta de la filosofía Lean construcción que se ubica dentro del LPDS en la fase de control de la producción y engloba otras herramientas de control de producción como la planificación maestra, planificación por fases, lookahead, plan semanal, porcentaje de plan cumplido y causas de no cumplimiento. Basándose en la teoría Lean Production, Herman Glenn Ballard y Gregory A. Howell desarrollaron un sistema de planificación y control de proyectos llamado “Last Planner System”, este sistema fue publicado por primera vez por Glen Ballard (1994) como herramienta para contrarrestar los principales obstáculos en la construcción, que para los autores son: (BALLARD Y HOWEL, 1994)

- ✓ La planificación no se concibe como un sistema, sino que descansa plenamente en la experiencia del profesional a cargo.
- ✓ La gestión se enfoca en el corto plazo, descuidando el largo plazo.
- ✓ No se hacen mediciones del desempeño obtenido.
- ✓ No se analizan los errores de programación ni las causas que las originan.

El “Last Planner” o ultimo planificador es el que ejecuta el LPS, se define como la persona o grupo de personas que tienen la función específica de asignar el trabajo y transmitirlo directamente a campo, es decir están en el último nivel de planificación y se encargan de que toda la planificación se transmita efectivamente a los trabajadores de campo. Adicionalmente la función del último planificador es lograr que lo que *queremos* hacer

coincida con lo que *podemos* hacer y finalmente ambas se conviertan en lo que *vamos* a hacer. Esto se puede relacionar con el siguiente esquema. (BALLARD y HOWEL, 1994).

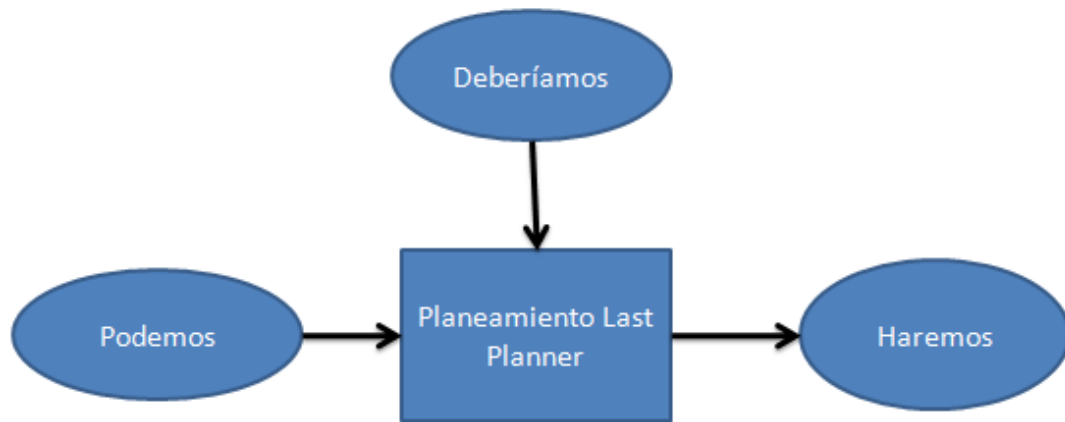


Figura 20: Formulación de las asignación en el planeamiento LP (Ballard, 2000).

Según Ballard (1994), en los esquemas convencionales de manejo de obra en construcción, se invierte mucho tiempo y dinero generando presupuestos y planificaciones de obra; el esfuerzo de planificación inicial se convierte durante la ejecución de la construcción en un esfuerzo de control. Todo funcionaria bien si viviésemos en un mundo perfecto. Pero, como se sabe la planificación suele desviarse de lo propuesto prácticamente el primer día de la obra causando un efecto dómimo y perjudicando las actividades siguientes, por esto se genera la necesidad de replanificar gran parte del proyecto, al ir disminuyendo las holguras. Dentro de la planificación general se genera una presión mayor por terminar más rápido, esto hace que los costos de mano de obra y equipos suban radicalmente trayendo como consecuencia, el uso de una gran cantidad de recursos por lo que se obtiene una eficiencia muy baja para lograr terminar la obra en los plazos establecidos (CAMPERO Y ALARCÓN, 2008).

La teoría del último planificador está enmarcada en un esquema de planificación a corto plazo con el fin de asignar trabajos que tengamos la seguridad de que serán cumplidos y a través del cumplimiento de las programaciones cortas se pueda cumplir la programación a largo plazo. Está demostrado que las planificaciones con un horizonte muy grande

generalmente no se cumplen y existe desconfianza sobre estas, ya que los trabajos en obra tienden a desviarse de la programación a unos días de haber empezado.

El modelo de *Last Planner* se puede decir que actúa como un escudo que ayuda a convertir una planificación insegura en una planificación confiable, tal como se muestra en el siguiente gráfico. (CAMPERO Y ALARCÓN. 2008).

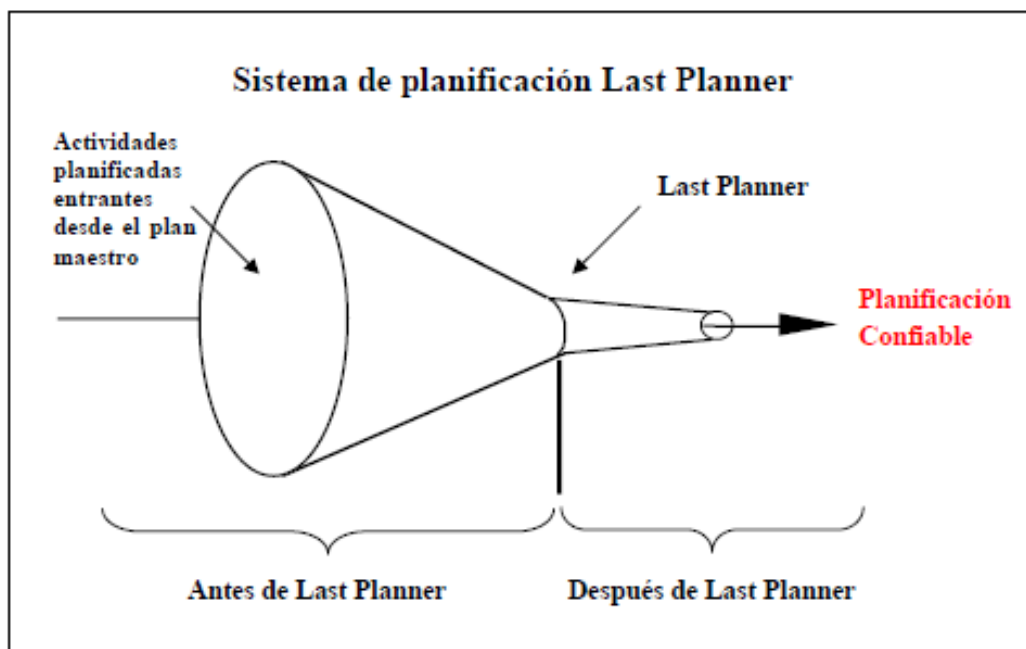


Figura 21: Representación gráfica del Last planner system (Rojas, 2005)

Ballard buscaba que el Last Planner no sea solo una herramienta de programación sino también de control, por lo cual también adjunto al modelo Last Planner el PPC (plan percent complete) para verificar el cumplimiento de las programaciones semanales y medir la eficiencia de la planificación operacional así como el valor real de confiabilidad del proceso de planificación y programación en un determinado proyecto.

En la primera publicación que se hizo sobre last planner, Ballard planteo un esquema en el cual se observa como interviene el Last Planner en la planificación de una obra, los cambios

y mejoras que esto representa para toda la planificación y por consiguiente para el desarrollo del proyecto. (GUZMÁN TEJEDA, 2014).



Figura 22: Esquema Last Planner (V. Ghio, 2001)

El último planificador proporciona las herramientas para que la programación a largo plazo sea cumplida con éxito, empieza acortando la programación en una de mediano plazo llamada “lookahead”, la cual varía entre periodos de 3 a 5 semanas, además aquí se hace un análisis de las restricciones que presentan las actividades dentro del programa y luego se pasa a una programación más corta que es la semanal, a la cual se llevan todas las actividades libres de restricciones extraídas del lookahead, esto hace que se pueda tener la certeza de que no habrá inconvenientes para cumplir con la programación establecida en la semana. (GUÍO CASTILLO, 2001).

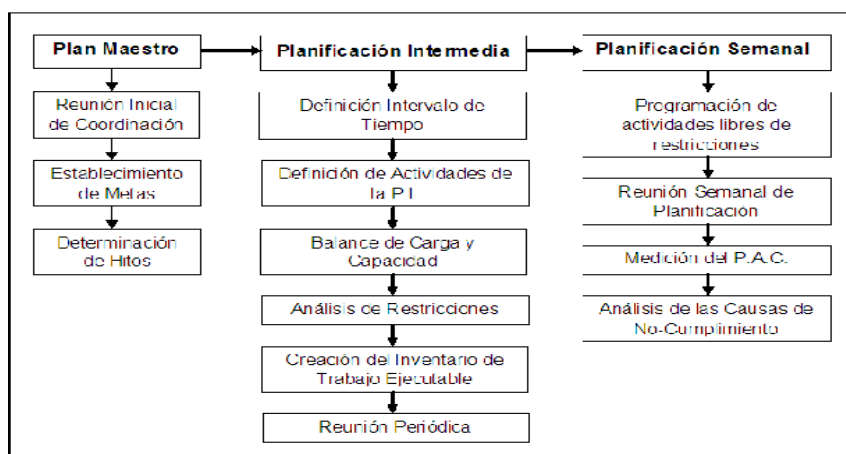


Figura 23: Estructura fundamental del Last Planner System (Adriazola y Torres, 2004)

d.9) Planificación maestra

La planificación maestra o master Schedule es un plan que identifica los principales acontecimientos o hitos de un proyecto (Inicio, entrega al cliente, procura de componentes de largo plazo, movilizaciones en campo, diseño completo, licencias, etc.) y sus fechas. A menudo es la base para los acuerdos contractuales entre el cliente, contratista y otros miembros del equipo de trabajo del proyecto. Esta programación es la base para todo el sistema Last Planner, ya que de esta se desprenderán las programaciones de mediano y corto plazo, por lo tanto es muy importante que esta se realice teniendo en cuenta el desempeño real de la empresa en obra. (LEAN CONSTRUCTING INSTITUTE GLOSSARY, 2016).

d.9.1) Líneas de Balance

El método de Líneas de Balance fue desarrollado en la década de 1940, durante la segunda guerra mundial, por un grupo de trabajo encabezado por George E. Fouch que estaba encargado de monitorear la producción de las empresas Goodyear Tire & Rubber Company. A partir de entonces ha sido constantemente aplicada a la construcción, siendo la primera experiencia registrada la de Lumsden en 1998. Actualmente se cuentan con varias opciones para el planeamiento y control de proyectos como CPM (Método de la ruta crítica), PDM (Método de diagramas de precedencias), PERT (Técnica de programación, evaluación y revisión) y LDB (Método de líneas de balance). Sin embargo, cada una de estas tiene características distintas en cuanto al tipo de información que proporcionan y al nivel de detalle que pueden llegar. Con estas técnicas se logra determinar la ruta crítica del proyecto que son las actividades de cuya duración depende la duración total del proyecto (LORIA ARCILA2010).

La Línea de Balance es una técnica de planificación que nos permite mostrar cada actividad a realizarse en un proyecto de construcción como una sola línea en vez de una serie de actividades como se haría en un diagrama de barras, resultante de CPM, PDM o PERT. Este método es recomendable para el caso de proyectos repetitivos, ya sea un edificio o varias unidades de viviendas que requieren el mismo tipo de trabajo a lo largo de todo el proceso de producción (LORIA ARCILA2010).

A continuación se muestra una comparación entre un gráfico de barras y un gráfico de líneas de balance para las mismas actividades de un proyecto.

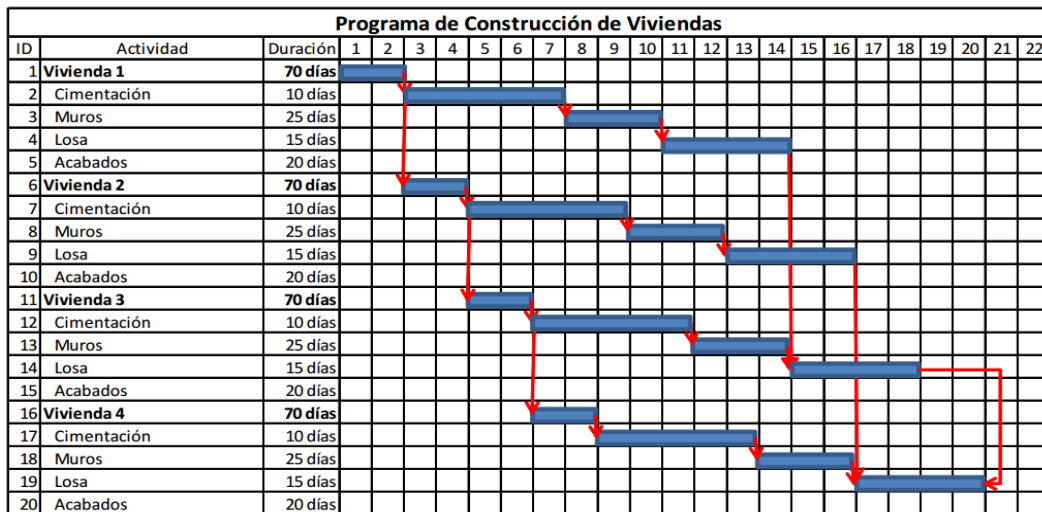


Figura 24: Programa de construcción de viviendas por barras

Fuente: J. H. Loria

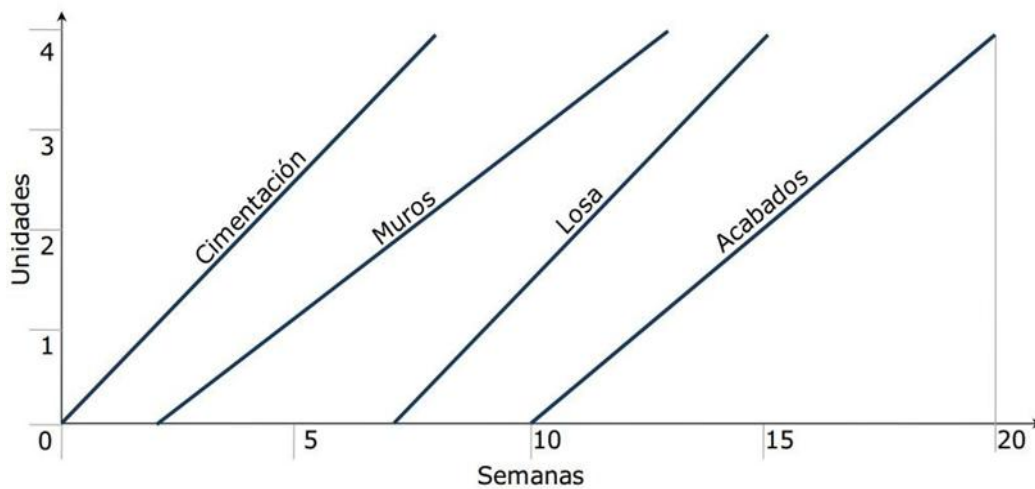


Figura 25: Programa de construcción de viviendas por líneas de balance

Fuente: J. H. Loria

Los principales beneficios que se pueden obtener de una programación con líneas de balance son las siguientes.

- Las líneas de balance consolidan un grupo de actividades similares en una sola línea por lo que pueden representar un gran número de actividades de una manera más simple que un diagrama de barras.
- Las líneas de balance muestran el ritmo de trabajo con el cual se deben realizar las actividades para cumplir con el cronograma mientras que un diagrama de barras solo muestra la duración de cada actividad a lo largo del proyecto.
- La grafica de Gant o barras muestra relaciones directas entre actividades a diferencia de una gráfica de líneas de balance que muestra la relación de un grupo de actividades con respecto al grupo subsecuente.
- En un diagrama de barras se tiene 2 dimensiones (tiempo y actividades) con lo cual podemos ver la duración de cada actividad, en un gráfico de líneas de balance se pueden visualizar 3 dimensiones (Tiempo, lugar y actividades) lo cual hace que sea mucho más útil ya que transmite una cantidad mayor de información.
- Un cronograma de líneas de balance sirve también para mostrar el ritmo real de trabajo, analizar el estado real de avance del proyecto y la fecha de terminación. Además se puede reajustar los ritmos de trabajo para obtener una nueva programación de manera muy rápida a diferencia de un gráfico de barras en el cual se puede tener un estado real del proyecto, pero es necesario una gran cantidad de recursos para reprogramar todo el plan.

d.10) Phase plan o Pull Plan (Pull Planning)

La programación por fases es usada para desarrollar un planeamiento de trabajo más detallado que el cronograma general de obra que especifica hitos en cada fase importante del proyecto. En la programación por fases se analiza los trabajos a realizarse para cumplir con el hito, las interacciones entre los distintos especialistas involucrados en la fase y los entregables de cada responsable. Los entregables o restricciones establecidas en el programa de fase quedan como acuerdos que tiene que cumplir todo el equipo de trabajo. La planificación de la fase se realiza bajo técnicas “pull” (realizar solo el trabajo que sea

necesario para una actividad sucesora), para esto se inicia la planificación desde la fecha de entrega hacia atrás, logrando así realizar solo el trabajo que será necesario para trabajos inmediatamente siguientes, con esto se logra enfocarnos en los trabajos que agregan valor y reducir la sobreproducción (uno de los 7 tipos de desperdicios) que genera inventario de trabajo ejecutable. (ALARCÓN CÁRDENAS, 2000).

La metodología establecida por el LCI para realizar la programación por fases se basa en hojas o post it que se colocan a lo largo de una pizarra en la cual se detallan las fases y el tiempo del proyecto, cada post it representa una actividad o restricción que debe ser liberada para poder continuar con los trabajos, estos se colocan en la pizarra con un responsable, una fecha de entrega y un requerimiento ya sea de trabajo o información (ALARCÓN CÁRDENAS, 2000).

Para realizar la programación por fases primero se debe establecer la secuencia lógica de actividades según el proceso constructivo y ordenar los post it de la pizarra acorde a esa secuencia, luego se debe determinar la duración de cada actividad puesta en la pizarra para establecer la duración total de la fase (se debe colocar el tiempo real o ideal de cada actividad, sin incluir holguras). Una vez establecido esto el equipo de trabajo debe reexaminar en plan en cuanto a la lógica del proceso y la duración de actividades para definir la holgura de la fase y qué hacer con ella, para esto se tienen 3 opciones (1. Asignarlo a la actividad o actividades con mayor potencial de variabilidad, 2. Retrasar el inicio de la fase, 3. Acelerar el inicio de la fase). Finalmente si el tiempo establecido para la fase es menor al hito se debe reprogramar el hito y buscar recuperar el tiempo en otras fases (ALARCÓN CÁRDENAS, 2000).

El beneficio principal de esta metodología es que convierte la planificación “impuesta” que antes era desarrollada por el ingeniero de producción y/o ingeniero residente en una planificación colaborativa, es decir todos los involucrados participan activamente de la creación, modificación y ejecución de la planificación. Con esto se logra que todos se sientan involucrados con la producción y se incrementa la confiabilidad del plan. (ALARCÓN CÁRDENAS, 2000).

d.10.1) Descripción del proceso de la planificación por fases:

Según Alarcón (2012), se sigue el siguiente proceso:

1. Definir la estructura

- Se tiene que definir los sectores, actividades, equipos y responsables de la fase para poder establecer cómo se llevara la planificación.

2. Armar el panel

- Se deberá armar el panel incluyendo en el eje de los verticales todas las actividades involucradas en la fase y en el eje horizontal el tiempo que normalmente se controla por semanas.

3. Desarrollar la planificación

- Alarcón establece 7 pasos para desarrollarlo:

1. Definir y presentar la fase

2. Recorrer el plan de fin a inicio. Registro de la información.

3. Recorrer y reexaminar la lógica del plan. Lluvia de ideas.

4. Factibilidad de la lluvia de ideas. Separación de buffers/holguras.

5. Revisar el plan con nuevas duraciones.

6. Administrar el tiempo en función de la incertidumbre

7. Resumir el trabajo realizado y los acuerdos alcanzados con el equipo

4. Reexaminar el programa

- En esta parte se debe agregar las holguras y reajustar el plan general, determinar nuevas duraciones de actividades, detectar restricciones importantes y finalmente resumir el trabajo realizado y los acuerdos tomados por el equipo.

5. Revisar las restricciones

- Los post it agregados a la pizarra representar actividades (algunas pueden convertirse en restricciones), pero para que se cumplan las actividades y por consiguiente el plan se tienen restricciones, en esta parte se trata de identificar dichas restricciones para asegurar el flujo según lo planeado.

6. Cumplir los acuerdos

- La esencia de la programación por fases es que los acuerdos hechos por el equipo de trabajo conjunto tienen la fuerza de un contrato.

d.11) Look Ahead Plan

Según el LCI, el lookahead plan es una planificación de intervalo corto, basado en la planificación de fase, que identifica todas las actividades a ser ejecutadas en las próximas semanas (el número de semanas puede variar en función de la variabilidad y el tiempo necesario para el levantamiento de restricciones de cada proyecto). El Lookahead plan es actualizado cada semana y siempre identifica las actividades nuevas que ingresan al plan (6 semanas después) para que de esta manera el equipo de gestión del proyecto pueda adoptar las medidas necesarias para asegurar que el trabajo esté listo para ejecutarse en la semana indicada. (LEAN CONSTRUCTION GLOSSARY INSTITUTE, 2006).

Como su nombre lo explica el Lookahead (mirar adelante) tiene la finalidad de dirigir los esfuerzos de la construcción no a controlar la programación para evitar errores, sino a prevenirlos gestionando lo necesario para las actividades que se esperan ejecutar en el futuro cercano, promoviendo tomar acciones en el presente para obtener buenos resultados en el futuro. Para poder cumplir con su finalidad el lookahead no solo incorpora una programación de las actividades a realizar en el periodo determinado para el lookahead, sino también se incorporan los requerimientos que harán posible que las actividades del plan pasen a la programación semanal (ROJAS VERA, 2005).

Frecuentemente se suele suponer que los factores que siempre nos afectan son externos y están fuera de nuestro control, pero lo cierto es que la mayoría de los factores que afectan a las obras dependen de nosotros. En ese sentido el Lookahead planning logra que tomemos el control de forma anticipada del impacto generado en nuestra producción por la mano de obra, materiales, equipos, información, etc. Es decir planificaremos la disponibilidad de los recursos para cuando realmente los necesitemos. Según Ghio (2001) un porcentaje considerable de los factores que afectan la eficiencia y la productividad en las obras tienen como causa fundamental el no contar con los recursos necesarios en el momento que se requieren. (GUÍO CATILLO, 1997).

c.12) Inventario de trabajo ejecutable (Workable backlog)

Cuando liberamos las restricciones de alguna actividad, esta actividad pasa inmediatamente a una lista de actividades que podemos ejecutar. Esta lista es el llamado inventario de trabajos ejecutables. En esta etapa, estamos pasando desde las actividades que se deben hacer, hacia las actividades que se pueden hacer. En el inventario de trabajo ejecutable no sólo pueden haber tareas de las semanas futuras, sino que también puede haber tareas que se debían o podían haber ejecutado en la semana en curso; pero que no lo hicieron al no ser consideradas en las asignaciones semanales. Esto es muy común ya que la idea es mantener un ITE que asegure un trabajo realizable por unidades con el doble de capacidad que las que se tienen efectivamente en obra, esto con el objetivo de no tener nunca unidades ociosas por el motivo de no tener potenciales trabajos para ejecutar en caso que falle la realización de alguna actividad considerada en el programa semanal. No hay que ser siempre tan negativos y podemos ponernos en el caso que las actividades programadas se cumplan antes de lo esperado. Esto también puede ser un foco de tiempo ocioso para la unidad si es que no hubiera trabajo listo para ejecutar. Entonces, teniendo un inventario de tareas potencialmente realizables, puedo elegir qué haré desde un universo de lo que puedo hacer. (HERNAN GLENN, 2000).

c.13) Programación semanal (Weekly work plan)

La programación semanal es un programa de corto plazo que se desprende del lookahead en el cual se ha hecho un análisis de restricciones previo para eliminar las restricciones y así asegurar que los trabajos que se vayan a programar puedan contar con los recursos necesarios, es decir se toman las actividades que fueron libradas de restricciones y por lo tanto formaban parte del ITE. Las metodologías de medición que aplica el lean están basadas principalmente en las programaciones semanales, tal es el caso del PPC (porcentaje de plan cumplido), por consiguiente es muy importante para obtener buenos resultados que estos programas se cumplan en la mayor parte posible y algunas características fundamentales para lograr este propósito son las siguientes: (ORIHUELA y ESTEBES 2013).

- Levantar restricciones en el lookahead.
- La cantidad de trabajo asignada debe ser la adecuada según la cuadrilla.
- Escoger correctamente la secuencia de los trabajos a realizar.
- Definir correctamente los trabajos y asegurarse que llegue a campo de manera entendible para los encargados.

d.14) Programación diaria

La programación diaria es el último escalón en la metodología de planificación y programación que propone el sistema last Planner dentro de la filosofía lean construction, esta programación se desglosa de la programación semanal, la cual es una programación de corto plazo, con la finalidad de ser transmitida a campo para que todos los equipos tengan claro las actividades que tienen que realizar en la jornada de trabajo. Esta programación la elabora el último planificador partiendo de los resultados del día y siguiendo lo programado para la semana, por lo cual también se usa para controlar los avances diarios dentro de la obra para que a partir de estos se controlen los avances semanales y de esto realizar el PPC correspondiente.

La programación diaria al ser una programación que va de la oficina técnica de la obra al campo tiene que tener características distintas a las anteriores, ya que se necesita que todos los involucrados en el proceso de construcción (maestro, capataces, operarios, etc.) entiendan la información que se trata de transmitir, por consiguiente se puede realizar de manera gráfica en pequeños planos separando las actividades para que se puedan identificar con facilidad y evitar confusiones al momento de asignar tareas en campo, o de manera textual detallando adecuadamente los elementos y su respectiva ubicación. (GOLDRATT, ELIYAHU y COX, 1984).

e) La Teoría de las Restricciones (Theory of Constraints)

A principios de los años 1980 el Dr. Eliyahu Goldratt, escribió su libro “La Meta” y empezó el desarrollo de una nueva filosofía de gestión llamada “Teoría de Restricciones” (TOC por sus siglas en inglés). La TOC nació como solución a un problema de optimización de la producción. Hoy en día se ha convertido en un concepto evolucionado que propone

alternativas para integrar y mejorar todos los niveles de la organización, desde los procesos centrales hasta los problemas diarios.

La Teoría de las Restricciones (TOC) establece que un conjunto de procesos interrelacionados y dependientes entre sí generan una producción según la capacidad del proceso más lento. La forma de aumentar la velocidad del conjunto es incrementando la capacidad del proceso más lento. Esta teoría se centra en los factores limitantes a los cuales los denomina como restricciones o “cuellos de botella”. En toda empresa existe por lo menos una restricción, caso contrario esta generaría ganancias ilimitadas. Siendo las restricciones los factores que bloquean la obtención de dichas ganancias, se induce que toda gestión debe apuntar a encontrar y controlar las restricciones.

La teoría de restricciones se aplica para una línea de producción o un sistema compuesto por varios procesos. La construcción se divide en varios procesos pequeños que trabajan uno después de otro similar a una línea de producción de una fábrica con la única diferencia que en el caso de las fabricas el producto pasa por las estaciones de trabajo y en la construcción son las estaciones de trabajo las que recorren el producto, es así que estos conceptos son totalmente aplicables para el campo de la construcción y es de aquí de donde nace la optimización de flujos y procesos que describe la filosofía lean (MORILLO y LOZANO, 2007)

B. Rendimiento de Mano de Obra

a) Mano de obra

La Productividad es una relación entre la cantidad producida y los recursos usados dentro de una actividad o rubro ejecutado, o el seguimiento de la eficiencia con que los recursos son supervisados para terminar un producto, logrando el cumplimiento de los objetivos impuestos. La importancia de la productividad en la construcción radica en la optimización de los recursos empleados para la ejecución de una actividad, para generar una mayor cantidad del rubro realizado con un recurso menor o similar al empleando anteriormente, lo que significa una ganancia en el tiempo de ejecución y en el uso del recurso, beneficiando así en la disminución del tiempo de la ejecución de la obra (SUÁREZ RODRÍGUEZ, 2015).

Los componentes del costo directo requeridos en las obras civiles, están integrados en la suma de los materiales requeridos para el rubro, la relación de equipo y herramienta, y la mano de obra necesaria para la ejecución de dicha tarea. Esta última depende directamente del rendimiento del personal utilizado para la ejecución del rubro, así que puede hacer que la productividad aumente o disminuya dependiendo del comportamiento de los rendimientos producidos por la mano de obra usada dentro de la actividad (SUÁREZ RODRÍGUEZ, 2015).

En la planificación para la construcción dentro de una obra civil se encuentran etapas muy importantes que marcan la diferencia para su realización, tales como, el plan económico de inversión, ventas, presupuesto y la programación. Estas etapas requieren una forma de seguimiento correcto y preciso de modo que se presenten menores desperdicios dentro de la obra generando pérdidas económicas menores de las estimadas. En la planificación y posterior ejecución de la programación y el presupuesto de la obra son fundamentales considerar los rendimientos de la mano de obra para la disminución de costos y tiempo de ejecución del proyecto. (SUÁREZ RODRÍGUEZ, 2015).

A pesar de los recientes avances experimentados en tecnología y en técnicas de gestión de la producción, la construcción continúa siendo uno de los sectores industriales más dependientes del factor humano. La mano de obra puede definirse como el premio a cualquier labor humana y de cualquier sector de la empresa, este puede contabilizarse como un jornal o un salario. La industria de la construcción está regida por disposiciones especiales por lo cual resulta simple establecer estos costos independientemente del tamaño de la obra. (BARRÍA, F., 2009).

b) Rendimiento de mano de obra

Se define rendimiento de mano de obra, como la cantidad de obra de alguna actividad completamente ejecutada por una cuadrilla, compuesta por uno o varios obreros de diferente especialidad. Esta se encuentra directamente relacionada con el avance o porcentaje de ejecución de un proyecto y se puede cuantificar por mediciones realizadas en sitio y está sujeta a las condiciones que afectarían a cada uno de los obreros (ROJAS MONTOYA, 2014).

Es la cantidad de obra de una actividad expresada en una unidad de medida (um) completamente ejecutada por una cuadrilla, dividida por la unidad de recurso humano expresado en horas Hombre (hH) (HERNÁNDEZ COVARRUBIAS, 2011).

Se entiende por rendimiento de mano de obra en la construcción, como la cantidad de trabajo realizada por una persona o grupos de personas dentro de una actividad en una unidad de tiempo, enfocado o dirigido al logro del objetivo. (Oliva Mazariegos, 2013).

Tabla 2

Clasificación de la eficiencia en la productividad de la mano de obra

Eficiencia en la productividad	Rango
Muy baja	10-40 %
Baja	41-60 %
Normal (promedio)	61-80 %
Muy buena	81-90 %
Excelente	91-100

Fuente: BOTERO BOTERO. Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. p. 11.

b.1) Determinantes del rendimiento

La construcción es un sector estratégico en la economía de cualquier país debido a la repercusión que las variaciones de su actividad tienen sobre el resto de sectores. Los determinantes del rendimiento son aquellos factores que inciden directamente en la buena marcha de los proyectos; por lo consiguiente es necesaria una comunicación horizontal entre los puestos de mando y los trabajadores para generar confianza y motivarlos. A pesar de los recientes avances experimentados en tecnología y en técnicas de gestión de la producción, la construcción continúa siendo uno de los sectores industriales más dependientes del factor humano (NAVALLAS LABAT, 2010).

Tabla 3

Factores que afectan el rendimiento o consumo de mano de obra

No.	Factor
1	Economía general
2	Aspectos laborales
3	Clima
4	Actividad
5	Equipamiento
6	Supervisión
7	Trabajador

Fuente: BOTERO BOTERO. Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción. p. 12.

Problemas como el absentismo, la rotación y la baja productividad están profundamente relacionados con la motivación y la satisfacción laboral del trabajador.

En la literatura de las áreas de conocimiento de Psicología del trabajo y de las organizaciones, Sociología de las organizaciones y Administración y dirección de empresas es frecuente que términos como satisfacción laboral, motivación, compromiso organizacional; moral laboral o calidad de vida laboral, se utilicen como sinónimos y de forma intercambiable y que repercuten favorablemente a generar comunicación y por ende el ambiente laboral. Se considera el rendimiento con base en la cantidad promedio de trabajo que puede ser esperada de un trabajador promedio, con una salud razonable, sin embargo, pueden ser afectadas por muchos factores, los cuales están afortunadamente en la mayoría de los casos bajo el control de la supervisión del proyecto. (NAVARRO ASTOR, 2008).

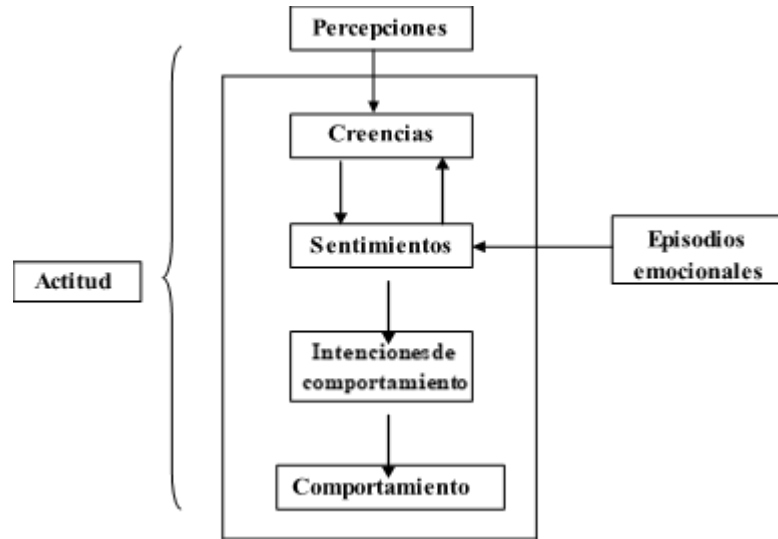


Figura 26: Modelo de la relación entre actitud y comportamiento

Fuente: WITTIG LOARCA. Productividad humana y diseño del trabajo. p. 15.

c) Rendimientos y consumos de mano de obra

El Sena y Camacol seccional Antioquia, Colombia, han venido trabajando en la creación de una base de datos confiable que contenga rendimientos y consumos de mano de obra local de las diferentes actividades de la construcción. Este trabajo no se ha concretado hasta la fecha. Por medio de diferentes estudios se han recopilado muchos datos para las principales actividades, pero estos han presentado un grado dispersión que no los hacen confiables. (CALLE CASTRO, 2006).

Motivados por este requerimiento, contrataron con las firmas PSI S.A. y GDV Ingeniería S.A. para que con los ingenieros Antonio Cano R. y Gustavo Duque V. realicen un estudio y análisis del problema, en busca de un método que permita obtener, de manera fácil y normalizada, los datos en las obras del medio, con el fin de conformar una base de datos de rendimientos y consumo de mano de obra en el Valle de Aburrá (altura 1.300 – 2.800 msnm), departamento de Antioquia, Colombia.

El objetivo general del trabajo desarrollado por Cano y Duque fue el desarrollar una metodología que permita medir la cantidad de recurso humano consumido al elaborar una

cantidad unitaria de cualquier actividad de construcción. Detectaron que el problema principal para encontrar consumos de mano de obra en la construcción, ha sido siempre la alta dispersión en los datos, lo que provoca que estos tengan poca utilización. Realizaron un análisis de la dispersión presentada, determinando que ésta se debe a diferentes factores que afectan un consumo o rendimiento, los cuales nunca se han considerado en el levantamiento de datos, siendo estos los llamados factores de afectación (CANO y DUQUE, 2000).

Consideraron que era necesaria una investigación a fondo para determinar cuáles son esos factores, dimensionar su grado de influencia y cuantificarlos con el fin de determinar un consumo o rendimiento normalizado, que son aquellos que reflejan una actuación de la mano de obra libre de factores que la afectan. Algunos factores pueden mejorar el rendimiento, mientras que otros pueden empeorarlo. Basaron su trabajo en las publicaciones “Estimator’s General Construction Man-Hour Manual” escrito por John S. Page y editada por Gulf Publishing Company; y, “Control de Métodos y Tiempos” de Francesc Castanyer Figueras editada por Boixareu Editores (CANO y DUQUE, 2000).

Adicionalmente, se basaron, luego del estudio de la información técnica disponible, en el criterio de que un consumo normal de mano de obra en cualquier tipo de actividad está en un punto cercano al 70%, dentro de un rango entre 0% a 100%, siendo los factores que afectan estos consumos los que suben o bajan el desempeño dentro del rango indicado.

Analizaron la propuesta de John S. Page para la clasificación y evaluación de los factores que afectan el consumo de mano de obra en construcción e hicieron un inventario de estos factores para las condiciones locales; por otra parte, revisaron la forma de evaluación del grado de afectación, considerando lo expuesto por Castanyer Figueras. Estudiaron la influencia de cada categoría, de acuerdo al grado de intervención en el consumo, definiendo rangos de variabilidad para cada una. (CANO y DUQUE, 2000).

Elaboraron una prueba piloto, en un proyecto que contemplaba la construcción de 4 tipos básicos de apartamentos por piso, los cuales se repetían en 10 pisos. La actividad seleccionada para hacer la prueba piloto fue la de enchapes en cerámica en muros y pisos de baños y cocinas. Las conclusiones y recomendaciones, entre otras, fueron las siguientes (CANO y DUQUE, 2000):

Conclusiones

- Entre las causas principales para dispersión de datos se menciona a los factores: Habilidad o destreza de la cuadrilla, curva de aprendizaje, grado de complejidad del trabajo, tamaño del ambiente, tipo de superficie.
- La metodología propuesta permite captar todos los datos requeridos para la completa evaluación de los consumos y análisis de los factores que los afectan.

Recomendaciones

- Exponer la metodología al análisis y crítica de la comunidad profesional.
- Diferenciar entre consumo y rendimiento.
- Promover el uso del término consumo en lugar de rendimiento.
- Crear nuevos grupos de estudio y trabajo que, convenientemente instruidos en la metodología, la apliquen en diferentes escenarios y para diferentes actividades.

d) Teoría del consumo de manos de obra

Cano y Duque establecen que el rendimiento de la mano de obra puede variar de un rango de 0% a 100%, correspondiendo el primer caso cuando no se hace nada y el segundo cuando se presenta la máxima eficiencia teórica posible, calificándolos como los límites teóricos dentro de los cuales se encuentran los rendimientos en cualquier condición, situación que se repite con su inverso que son los consumos. Para su trabajo definieron a la cifra del 70% como la más apropiada para fijar el rendimiento normal, pues los distintos autores analizados, ubican al rendimiento de productividad normal entre el 55% y el 70% dentro de la escala 0% a 100%. (CANO y DUQUE, 2000).

En base a lo expresado, definen diferentes rangos de acuerdo a la eficiencia en los rendimientos, conforme la tabla 3.

Tabla 4

Escala de eficiencia en los rendimientos

<i>EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD</i>	<i>RANGO EN PORCENTAJE</i>
<i>Muy baja</i>	<i>10 - 40</i>
<i>Baja</i>	<i>41 - 60</i>
<i>Normal (promedio)</i>	<i>61 - 80</i>
<i>Muy buena</i>	<i>81 - 90</i>
<i>Excelente</i>	<i>91 - 100</i>

Fuente: CANO R. Antonio, DUQUE V. Gustavo. Trabajo de Investigación. SENA - CAMACOL. Medellín. 2000.

e) Factores de afectación de los rendimientos y consumos de mano de obra

Existen dos maneras de clasificar los diferentes factores que afectan el rendimiento de la mano de obra. Se trata de las publicaciones: “Estimator’s General Construction Man-Hour Manual” escrito por John S. Page y editada por Gulf Publishing Company, y “Control de Métodos y Tiempos” de Francesc Castanyer Figueras editada por Boixareu Editores.

El autor del primer documento clasificó los distintos factores que afectaban un rendimiento de mano de obra y los expuso en siete categorías. De la misma manera estableció lineamientos generales para evaluar su influencia, ya sea positiva o negativamente. Por el contrario en la segunda publicación, el autor tuvo en cuenta consideraciones matemáticas para evaluar dichos factores. (CANO y DUQUE, 2000).

A partir de ello, elaboraron un inventario de los factores que pueden afectar el rendimiento o consumo de mano de obra, los cuales para facilitar el análisis, los clasificaron en siete categorías, mismas que las agruparon en tres clases (Ver tabla 4).

Tabla 5

Clases y categorías de factores

<i>CLASES DE FACTORES</i>	<i>Ambiente en el que se desarrolla la obra</i>	<i>Características de la obra</i>	<i>Propias del trabajador</i>
<i>CATEGORÍAS</i>	<i>Economía general</i> <i>Clima</i>	<i>Actividad</i> <i>Equipamiento</i> <i>Supervisión</i> <i>Laborales</i>	<i>Trabajador</i>

Fuente: CANO R. Antonio, DUQUE V. Gustavo. Trabajo de Investigación. SENA - CAMACOL. Medellín. 2000

e.1) Aspectos que afectan y determinan a los rendimientos

Cada proyecto es diferente y presenta diversas condiciones que influyen positiva o negativamente en su ejecución y por tanto en los rendimientos de la mano de obra. A continuación Botero (2002) detalla ciertos factores que afectan a los rendimientos de la mano de obra en general.

e.1.1) Economía general

Este factor representa la actual situación económica del país o área específica en donde se desarrolla el proyecto, esta influye directamente en:

- El volumen de trabajo de influencia del proyecto.
- Las posibilidades de empleo.
- Tendencia de los negocios en general.

Cuando estos indicadores son buenos o excelentes, la productividad se afecta negativamente, ya que se hace más difícil encontrar mano de obra de buena calidad; mientras que por el contrario, si la economía mantiene su tendencia normal, se encontrara mayor disponibilidad de mano de obra y de mejor calidad.

e.1.2) Aspectos laborales

Las condiciones laborales en que se desarrolla la obra influyen en la eficiencia del trabajo la disponibilidad de personal experto y capacitado; otras características a considerar son:

- El tipo de contrato (por negocio o rol de pago).
- La cantidad de obreros que estén bajo contrato.
- Los incentivos que se entregan por labor cumplida.
- Salarios o pagos.
- Las buenas relaciones entre compañeros y superiores.
- La tranquilidad que garantiza la seguridad social.
- La implantación de seguridad industrial, genera un mejor desempeño en la ejecución de las obras.

e.1.3) Clima

Las condiciones climatológicas pueden afectar positivamente o negativamente la ejecución de los trabajos entre estas se cuentan:

- El estado del tiempo ya que en época lluviosa tiende a disminuir los rendimientos de la mano de obra.
- Temperatura, cuando estas son extremas se ve afectando negativamente el rendimiento del obrero.
- Condiciones del suelo, especialmente por problemas ocasionados por lluvias en invierno bajando el desempeño del personal.
- Cubierta, los factores negativos pueden ser solucionados si se realizan las actividades bajo cubierta favoreciendo al rendimiento del personal.

e.1.4) Actividad

Este factor se refiere a la actividad desempeñada por cada trabajador específicamente la relación entre esta y las demás actividades, el plazo de ejecución, los medios para

realizarla; también dentro de esta categoría se deben tener en cuenta algunos aspectos como:

- El grado de dificultad.
- El riesgo que se corre en la elaboración de la actividad.
- La discontinuidad, las interrupciones en la realización de actividades, disminuyen la productividad de la mano de obra.
- Orden y aseo, el rendimiento se ve favorecido con sitios de trabajos limpios y organizados para los obreros.
- Actividades predecesoras.
- Trabajos rutinarios, si se realiza una actividad constantemente habrá un aprendizaje dentro del personal que favorecerá al rendimiento.
- Tajo (huesos), son trabajos pequeños que no fueron completados y al realizarlos disminuyen el rendimiento del personal

e.1.5) Equipamiento

Este factor hace referencia a la herramienta y equipo necesario, se ve afectado por:

- Equipo, el estado y la disposición del mismo facilita la ejecución de las actividades.
- Mantenimiento.
- Suministros, disponer oportunamente del equipo y herramienta adecuada favorecen al rendimiento del personal.
- Herramienta.
- Elementos de protección para la realización de las actividades que lo necesiten hace que se favorezcan los rendimientos de mano de obra.

e.1.7) Supervisión

El personal que desempeña este trabajo debe contar con experiencia y velar por la calidad de las actividades realizadas: en este factor influyen:

- Los criterios de aceptación del supervisor.
- La buena instrucción.

- El seguimiento constante a la ejecución de los trabajos.
- La experiencia del supervisor.
- La gestión de calidad de la empresa y su aplicación; que hacen que la productividad se vea favorecida.

e.1.8) Trabajador

Los aspectos personales del obrero son muy importantes para la ejecución de las actividades que en estas influye:

- Actitud.
- Situación personal.
- Habilidades.
- Conocimientos.
- Desempeño.
- Ritmo de trabajo.

2.3. Definición de términos básicos

- Actividad

Serie de acciones, desplazamientos y esperas, ejecutadas en forma continua y metódica, por una cuadrilla de uno o varios obreros, con el fin de producir, adecuar o ensamblar materiales, con la ayuda de herramientas o equipos, para adelantar un proceso constructivo. La actividad debe ser completa, bien sea cerrando un ciclo, terminándola completamente, acabando la obra o permitiendo la iniciación de una nueva actividad.

- Duración

Lapso de tiempo transcurrido entre la iniciación de una actividad y su terminación completa.

- Ciclo

Repetición de cierto número de acciones dentro del método para ejecutar una actividad.

- Rendimiento de mano de obra

Cantidad de obra de una actividad, completamente ejecutada por una cuadrilla, conformada por uno o varios obreros de diferente especialidad, por unidad de recurso humano (hora-Hombre).

- Consumo de mano de obra

Cantidad de recurso humano, expresado en horas-Hombre, empleado por una cuadrilla de uno o varios obreros de diferente especialidad, para ejecutar completamente una cantidad unitaria de una determinada actividad de construcción. Es el inverso matemático del rendimiento.

- Eficacia

Capacidad del método o procedimiento para ejecutar una actividad, de cumplir su cometido.

- Eficiencia

Característica del método o procedimiento para ejecutar una actividad, que lo hace óptimo por el mínimo consumo de los recursos, tiempo y costo, o por el máximo rendimiento de los mismos. La ejecución de una actividad puede hacerse utilizando diferentes métodos eficaces, con distintos grados de eficiencia, pero solo uno de ellos será el más eficiente respecto a alguno de los recursos.

- Sub-ciclo

Repetición de algunas acciones dentro de un ciclo en el método para ejecutar una actividad. Pueden presentarse nuevos sub-ciclos dentro de un sub-ciclo.

- Factores de afectación

Conjunto de condiciones y/o circunstancias que de alguna manera pueden afectar la normal ejecución de una actividad.

CAPITULO III: RESULTADOS

Habiendo realizado el procesamiento y análisis de los datos de la investigación, se obtuvieron los resultados de la misma, estos han sido desarrollados en estricta concordancia con los objetivos, hipótesis y problema que se propusieron al inicio del trabajo; para ello se ha usado una metodología mixta de diseño explicativo, debidamente respaldada en dato estadístico y análisis observacional y documental; los datos estadísticos han sido tabulados y graficados de acuerdo a las normas y requerimientos establecidos por los sistemas de puntuación y citado.

Se han aplicado dos cuestionarios, elaborados para medir cada una de las variables, los mismos que son válidos y confiables; además se han usado las cartas balance para el control del tiempo y las líneas de balance para la progresión de la obra. Como prueba estadística se usó el coeficiente de contingencia del estadístico de prueba Tau-b de kendall. El objetivo general de la presente investigación fue determinar como el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III incrementa el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.

Esta investigación pretende ser un aporte significativo al rubro de la construcción puesto que las herramientas aplicadas de la Filosofía Lean Construction mejoran la productividad en las partidas más relevantes de una obra el cual a través de la optimización del rendimiento del personal obrero. Al optimizar los rendimientos de mano de obra, cada vez se fue usa menos recursos para producir la misma cantidad de metrado, esto representa un ahorro debido a que personal obrero se especializa en las actividades repetitivas que realiza diariamente.

3.1. Presentación de los Resultados

3.1.1. Descripción de resultados de los niveles del enfoque de Lean Construction aplicado en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad.

Tabla 6

Niveles del enfoque de Lean Construction aplicado en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad

NIVELES	Enfoque Lean Construction	
	T	%
DEFICIENTE	0	0
REGULAR	28	78
EFICIENTE	8	22
TOTAL	36	100

Fuente: Matriz de base de datos

Interpretación:

En la tabla 6, se encuentra la variable Enfoque de Lean Construction, donde el mayor nivel es el regular con un 78% (28 obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”), seguido del nivel eficiente con un 22% (8 obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”) y finalmente el nivel deficiente con 0%. Por tanto, es posible llegar a la conclusión que los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”, manifiestan que el Enfoque de Lean Construction aplicado a la construcción es de regular a eficiente debido a que elimina y reduce al máximo los elementos que no aporten de manera positiva en recursos, tiempo, espacio u otros; agregándole valor al producto.

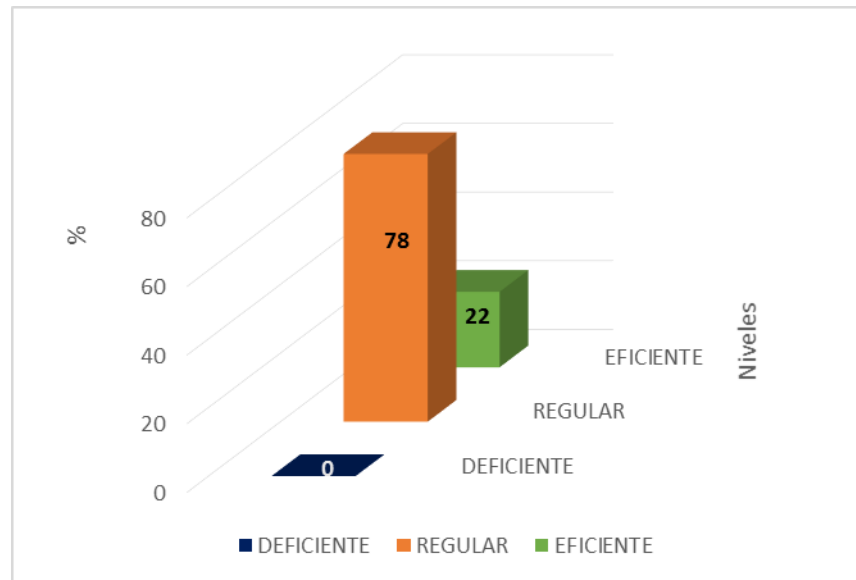


Figura 27: Niveles del enfoque de Lean Construction aplicado en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad.

Fuente: Tabla 6

3.1.2.Descripción de resultados de las dimensiones del enfoque de Lean Construction: horas efectivas de trabajo, tiempo de descanso, entradas y salidas, horas de refrigerio y trenes de cuadrilla.

Tabla 7

Niveles de las dimensiones del enfoque de Lean Construction aplicado en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad

NIVELES	HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO		TIEMPO DE DESCANSO		ENTRADAS Y SALIDAS		HORAS DE REFRIGERIO		TRENES DE CUADRILLA	
	T	%	T	%	T	%	T	%	T	%
DEFICIENTE	4	11	4	11	8	22	0	0	0	0
REGULAR	20	55.5	20	55.5	16	44.5	24	66.5	28	78
EFICIENTE	12	33.5	12	33.5	12	33.5	12	33.5	8	22
TOTAL	36	100	36	100	36	100	36	100	36	100

Fuente: Matriz de base de datos

Interpretación:

En la tabla 7 se muestran las dimensiones de la variable Enfoque de Lean Construction, tenemos que la mayor cantidad de respuestas está en el nivel regular en los siguientes porcentajes: trenes de cuadrilla 78%, horas de refrigerio 66.5%, horas efectivas de trabajo 55.5%, tiempo de descanso 55.5% y entradas y salidas 44.5%.

Uno de los conceptos fundamentales de la teoría Lean Production es ver el proceso de producción como un flujo de materiales e información que van desde las materias primas hasta el producto final que llegara al cliente. Esto se grafica en el siguiente diagrama. La filosofía Lean Construction busca dar una solución a los problemas que se tiene en la metodología actual de construcción en lo que respecta al costo, plazo y productividad en las obras, la metodología que propone para lograr dicho objetivo es generar un sistema de producción efectivo, para lo cual se tienen que cumplir con 3 objetivos básicos según orden de prioridad.

En la misma tabla, notamos que la dimensión trenes de cuadrilla representa un alto porcentaje, con un 78%, de consideración regular; esto se refuerza en lo manifestado por los encuestados; cuando sostienen que los trenes de cuadrillas permiten organizar el trabajo de forma más eficiente, se especifican las tareas precisas a cada una de las cuadrillas, se establecen turnos rotativos a las cuadrillas de trabajadores. Los trenes de cuadrilla favorecen la especialización de los obreros en diferentes áreas permitiendo una mejor organización del tiempo en obra, se cumplen con las normas de Higiene y Seguridad laboral, la cuadrilla realiza una misma tarea durante toda la obra, se pronostica con exactitud qué avance de obra se tendrá en un día determinado. El atraso de una partida hace que se atrasen todas, retrasando el sistema en su conjunto, los Trenes de Trabajo ayudan a optimizar la producción de los trabajadores mediante el trabajo repetitivo. La sectorización ayuda a tener un mayor control sobre las partidas.

De la misma manera, tenemos que otra dimensión con alto porcentaje es horas de refrigerio con un 66.5% de regular, las razones entre las que se fundamenta esta

respuesta es que la hora de refrigerio está destinado exclusivamente a la ingesta de alimentos, Se destina un tiempo establecido para la ingesta de alimentos que es de 1 hora, los obreros cuentan con un espacio determinado para el refrigerio, la hora del refrigerio se encuentra fijada con antelación y es la misma durante la semana, durante la hora de refrigerio los obreros suspenden todo tipo de labores, el tiempo destinado al refrigerio no forma parte de la jornada laboral diaria, el empleador puede modificar el horario de refrigerio de acuerdo a las necesidades de la obra, el empleador puede extender el horario de descanso de los trabajadores.

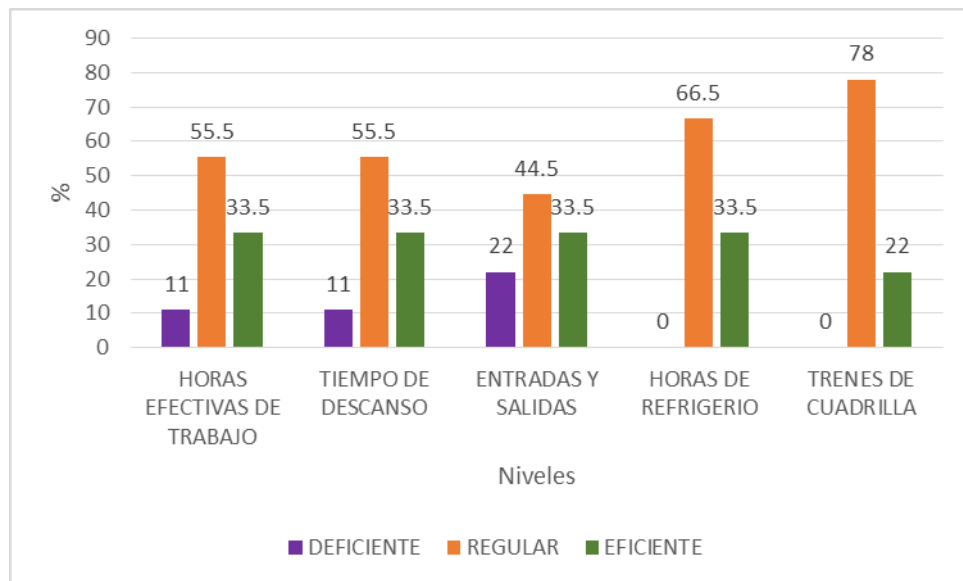


Figura 28: Niveles de las dimensiones del enfoque de Lean Construction aplicado en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad.

Fuente: Tabla 7

3.1.3. Descripción de resultados de los niveles del rendimiento de la mano de obra en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad.

Tabla 8

Niveles del rendimiento de la mano de obra en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad.

NIVELES	Rendimiento de la mano de obra	
	T	%
BAJO	4	11
MEDIO	28	78
ALTO	4	11
TOTAL	36	100

Fuente: Matriz de base de datos

Interpretación:

En la tabla 8 notamos que en la variable rendimiento de la mano de obra el nivel es medio con un 78% (28 obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”), seguido del nivel alto con un 11% (4 obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”) y finalmente el nivel bajo con 11% (4 obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”). De esta manera, podemos concluir que los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III” manifiestan que el rendimiento de la mano de obra en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” es de medio; el rendimiento de mano de obra es la cantidad de obra de alguna actividad completamente ejecutada por una cuadrilla y se encuentra directamente relacionada con el avance o porcentaje de ejecución de un proyecto y se puede cuantificar por mediciones realizadas en sitio y está sujeta a las condiciones que afectarían a cada uno de los obreros.

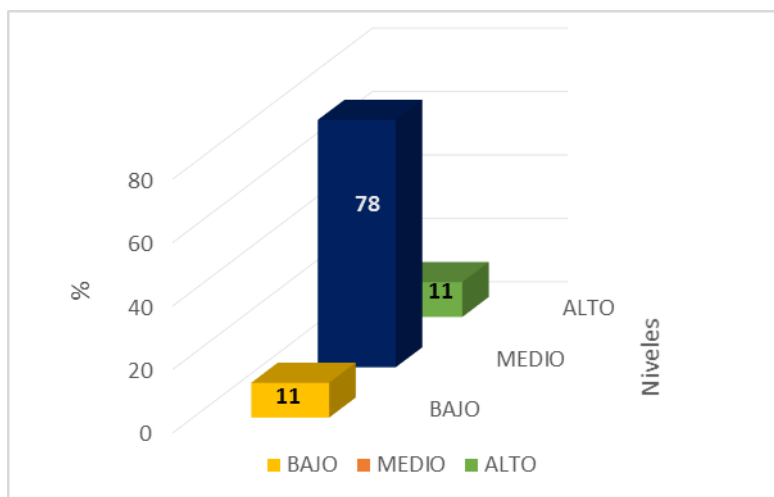


Figura 29: Niveles del rendimiento de la mano de obra en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad.

Fuente: Tabla 8

3.1.4. Descripción de resultados de las dimensiones del rendimiento de la mano de obra: reducción de costos, cumplimiento de plazos, reducción de tiempo y mayor productividad.

Tabla 9

Niveles de las dimensiones del rendimiento de la mano de obra en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad.

NIVELES	REDUCCION DE COSTOS		CUMPLIMIENTO DE PLAZOS		REDUCCION DE TIEMPO		MAYOR PRODUCTIVIDAD	
	T	%	T	%	T	%	T	%
BAJO	4	11	4	11	0	0	4	11
MEDIO	32	89	28	78	28	78	20	55.5
ALTO	0	0	4	11	8	22	12	33.5
TOTAL	36	100	36	100	36	100	36	100

Fuente: Matriz de base de datos

Interpretación:

En la tabla 9, se presenta las dimensiones de la variable rendimiento de la mano de obra, donde el mayor número de respuestas está en el nivel medio en los siguientes porcentajes: reducción de costos 89%, cumplimiento de plazos 78%, reducción de tiempo 78% y mayor productividad 55.5%.

Se entiende por rendimiento de mano de obra en la construcción, como la cantidad de trabajo realizada por una persona o grupos de personas dentro de una actividad en una unidad de tiempo, enfocado o dirigido al logro del objetivo. La importancia de la productividad en la construcción radica en la optimización de los recursos empleados para la ejecución de una actividad, para generar una mayor cantidad del rubro realizado con un recurso menor o similar al empleando anteriormente, lo que significa una ganancia en el tiempo de ejecución y en el uso del recurso, beneficiando así en la disminución del tiempo de la ejecución de la obra.

En la misma tabla, cabe decir que la dimensión que con mayor porcentaje es reducción de costos con un 89% de nivel medio; esto debido a que existe alta rotación del personal y mano de obra poco calificada, eliminación de las actividades que no generan valor dentro del proceso de construcción. El enfoque Lean Construction permite ejercer un mayor volumen de proyectos u obras, la reducción de pérdidas cubre las expectativas de ganancia del empresario. El enfoque Lean Construction promueve una menor inversión en materiales y mano de obra, se produce una mayor rentabilidad en los proyectos gracias al ahorro en tiempo y materiales, la reducción de costos posibilita la viabilidad del proyecto a ejecutar, se tiene y cuenta con mano de obra calificada para la obra, se prevé un menor desperdicio de materiales y tiempo. La reducción de costos en los procesos constructivos genera costos más bajos de los productos.

Así también tenemos a la dimensión cumplimiento de plazos con un 78% en un nivel medio; se puede deducir este porcentaje puesto que se produce un mayor control de la obra asegurando un flujo ininterrumpido de los procesos, existe un fuerte compromiso de los empresarios para garantizar su aplicación continua, los

clientes tienen un mayor grado de satisfacción con el tiempo de entrega de la obra. Se ajustan los plazos teniendo como resultado más calidad y asegurando entregas sin demora, la metodología de lean construction actúa fuertemente es el cumplimiento de plazos, la entrega de las obras se realiza de forma puntual, se logra un fuerte cumplimiento del contrato pactado con el comprador. La calidad del proceso no disminuye con la aplicación del enfoque Lean Construction, se logra una mayor satisfacción del cliente con la entrega de la obra, se incrementan las ventas de los productos entregados en el tiempo requerido, se entrega lo que se necesita, cuándo se necesita y con el precio requerido.

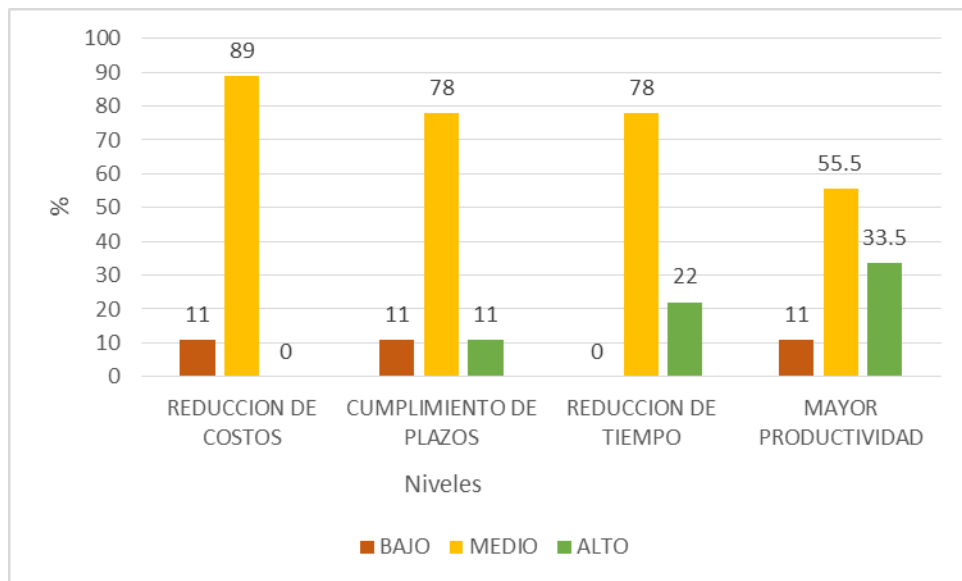


Figura 30: Niveles de las dimensiones del rendimiento de la mano de obra en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad.

Fuente: Tabla 9

3.2. Resultados ligados a las hipótesis

Tabla 10

Prueba de Kolmogorov Smirnov de los puntajes del Estudio del enfoque de Lean Construction aplicado en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” en Trujillo-La Libertad para incrementar el rendimiento de la mano de obra.

PRUEBAS NO PARAMETRICAS		ENFOQUE LEAN CONSTRUCTION	RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA	HORAS				
				EFFECTIVAS DE TRABAJO	TIEMPO DE DESCANSO	ENTRADAS Y SALIDAS	HORAS DE REFRIGERIO	TRENES DE CUADRILLA
N		36	36	36	36	36	36	36
Parámetros normales	Media	83,33	72,56	17,56	16,22	15,00	16,00	18,56
	Desviación estándar	9,633	13,267	4,003	4,297	4,991	2,438	4,198
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,209	,231	,223	,216	,171	,215	,160
	Positivo	,209	,205	,160	,142	,142	,215	,143
	Negativo	-,158	-,231	-,223	-,216	-,171	-,172	-,160
Estadístico de prueba		,209	,231	,223	,216	,171	,215	,160
Sig. asintótica (bilateral)		,000	,000	,000	,000	,010	,000	,021

Fuente: Instrumentos aplicados a los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”.

Interpretación:

En la Tabla 10, se observa la prueba de normalidad de las variables y sus dimensiones; mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, se corrobora que la mayoría de los valores son menores al 5% de significancia ($p < 0.05$), esto comprueba que la muestra tanto en sus dimensiones como en sus variables presenta una distribución no normal, en consecuencia se determina el uso de pruebas no paramétricas para un mejor análisis de la relación de causalidad entre las variables, siendo además adecuado al diseño de investigación que se propone, usando con esta finalidad el coeficiente de contingencia del estadístico de prueba Tau-b de Kendall, siendo que este facilitara contar con una mayor precisión de los datos estadísticos obtenidos en la investigación.

3.2.1. Prueba de hipótesis general:

a. Análisis del Enfoque Lean aplicado al rendimiento de la mano de obra aplicado a las actividades de construcción de la Residencial “LAS PALMAS III”.

1. Instalación de Ventanas

Es fundamental realizar una adecuada instalación de las ventanas en la envolvente del edificio, de manera que se garantice su funcionamiento correcto, seguro y duradero, manteniendo las prestaciones de estanqueidad y de aislamiento térmico y acústico; el tiempo de control que se hizo de esta actividad fue de 10 minutos, donde se observó cómo realizan su labor los obreros y ayudantes encargados de la instalación y colocación de las mismas; los resultados obtenidos son los siguientes:

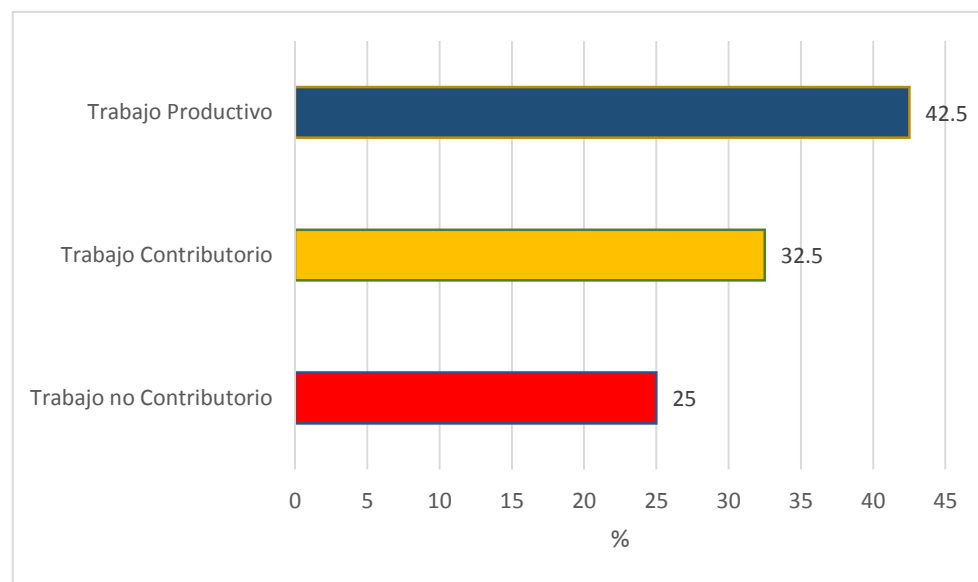


Figura 31. Distribución del trabajo realizado en la instalación y colocación de ventanas de la Residencial “LAS PALMAS III”.

Interpretación:

En la figura 31 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para la instalación y colocación de ventanas es en la forma siguiente: trabajo productivo 42.5% (siendo el tiempo de 4:25 m.), el trabajo contributorio de 32.5 (3:25m.) y el

trabajo no contributivo de 25% (2:50m.); esto refleja la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores, que conlleva consecuentemente a la demora en la culminación de actividades y entrega de la obra.

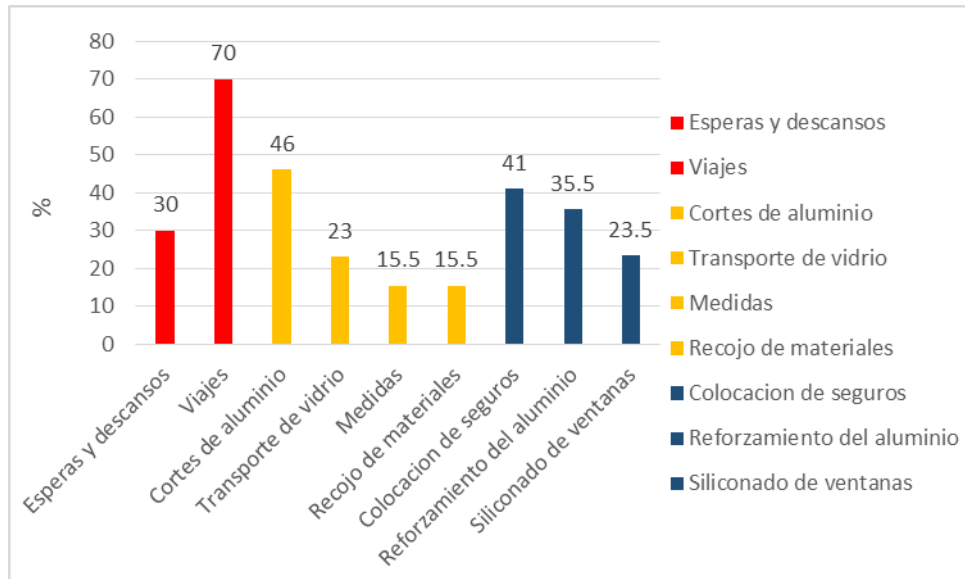


Figura 32. Distribución de las actividades por tipo de trabajo realizado en la instalación y colocación de ventanas de la Residencial “LAS PALMAS III”.

Interpretación:

En la figura 32 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para la instalación y colocación de ventanas por tipo de actividades realizadas según el tipo de trabajo, es la siguiente: en el trabajo productivo; colocación de seguros 41%, reforzamiento de aluminios 35.5% y siliconado de ventanas 23.5%; mientras que en el trabajo contributivo se encuentra; cortes de aluminio 46%, transporte de vidrio 23%, medidas 15.5% y recojo de materiales 15.5%; finalmente en el trabajo no contributivo tenemos; espera y descanso 30% y viajes 70%. Esto evidencia la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores que se produce sobre todo durante los viajes dentro de la obra, los mismos que consisten en el traslado entre habitaciones ya sea para traer materiales o para dialogar con los ayudantes.

2. Enchapes de Baldosas

Los enchapes se aplican sobre elementos horizontales como pisos, cielorrasos, verticales como muros, columnas y fachadas, deben ser realizadas por personal altamente cualificado; el tiempo de control que se hizo de esta actividad fue de 10 minutos, donde se observó cómo realizan su labor los obreros y ayudantes encargados de la instalación y colocación de las mismas; los resultados obtenidos son los siguientes:

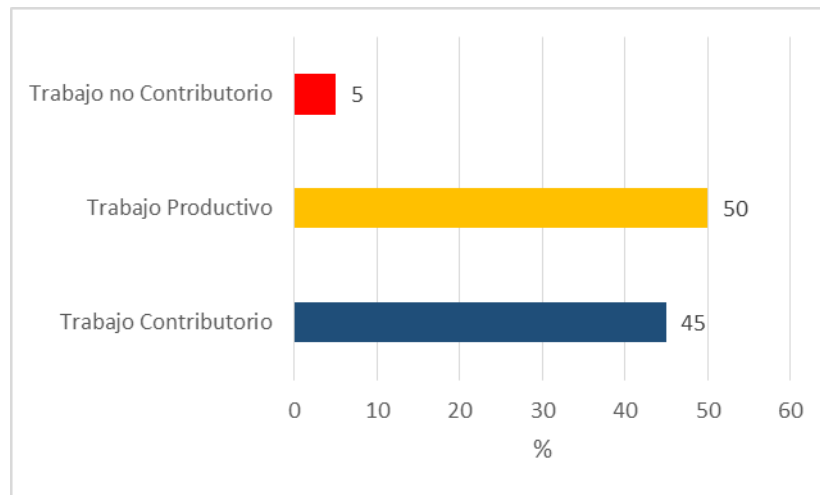


Figura 33. Distribución del trabajo realizado en el enchape de baldosas de la Residencial “LAS PALMAS III”.

Interpretación:

En la figura 33 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para el enchape de baldosas es en la forma siguiente: trabajo productivo 45% (siendo el tiempo de 4:50m.), el trabajo contributorio de 50 (5:00m.) y el trabajo no contributorio de 5% (0:50s.); en esta actividad se evidencia una pérdida poco significativa de tiempo por parte de los trabajadores debido fundamentalmente a que es una actividad que genera pérdidas totales del material si este no es realizado en el tiempo prudente, además de ser una actividad secuencial, consecuentemente conlleva a la realización de varias actividades al mismo tiempo.

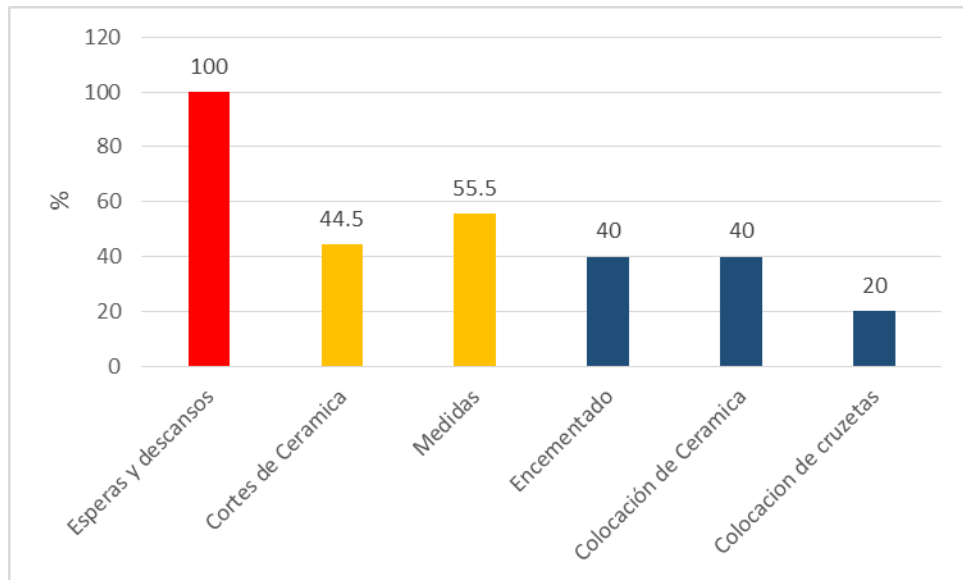


Figura 34. Distribución de las actividades por tipo de trabajo realizado en el enchape de baldosas de la Residencial “LAS PALMAS III”.

Interpretación:

En la figura 34 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para el enchape de baldosas por tipo de actividades realizadas, según el tipo de trabajo, es la siguiente: en el trabajo productivo; encementado 40%, colocación de cerámica 40% y colocación de crucetas 20%; mientras que en el trabajo contributorio se encuentra; cortes de aluminio 46%, transporte de vidrio 23%, medidas 15.5% y recojo de materiales 15.5%; finalmente en el trabajo no contributorio tenemos; viajes 100%. Esto evidencia la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores que se produce sobre todo durante las esperas y descansos realizan entre una actividad y otra.

3. Instalación de Barandas

Las barandas metálicas hacen que las escaleras y balcones sean más seguras. Estas tienen la función de evitar cualquier tipo de accidente a futuro, las barandas se pueden colocar tanto en interiores como en exteriores y es de suma importancia que luego de su instalación se recurra a un servicio de granallado y pintado para que no se dañe, se oxide y se corroa con el pasar del tiempo; el tiempo de control que se

hizo de esta actividad fue de 10 minutos, donde se observó cómo realizan su labor los obreros y ayudantes encargados de la instalación y colocación de las mismas; los resultados obtenidos son los siguientes:

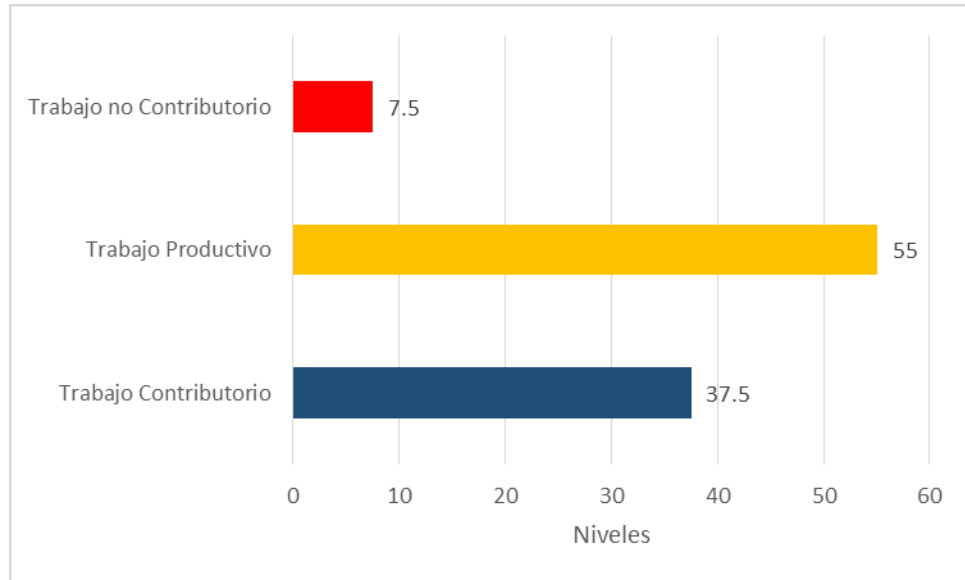


Figura 35. Distribución del trabajo realizado en la instalación de Barandas de la Residencial “LAS PALMAS III”.

Interpretación:

En la figura 35 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para la instalación de Barandas, en la forma siguiente: trabajo productivo 55% (siendo el tiempo de 5:50m.), el trabajo contributorio de 37.5% (4:15m.) y el trabajo no contributorio de 5% (1:15m); en esta actividad se evidencia una perdida poco significativa de tiempo por parte de los trabajadores debido fundamentalmente a la actividad se realiza de forma visible (en exteriores), sumado a la inclemencia climática que favorece la rápida labor de los obreros.

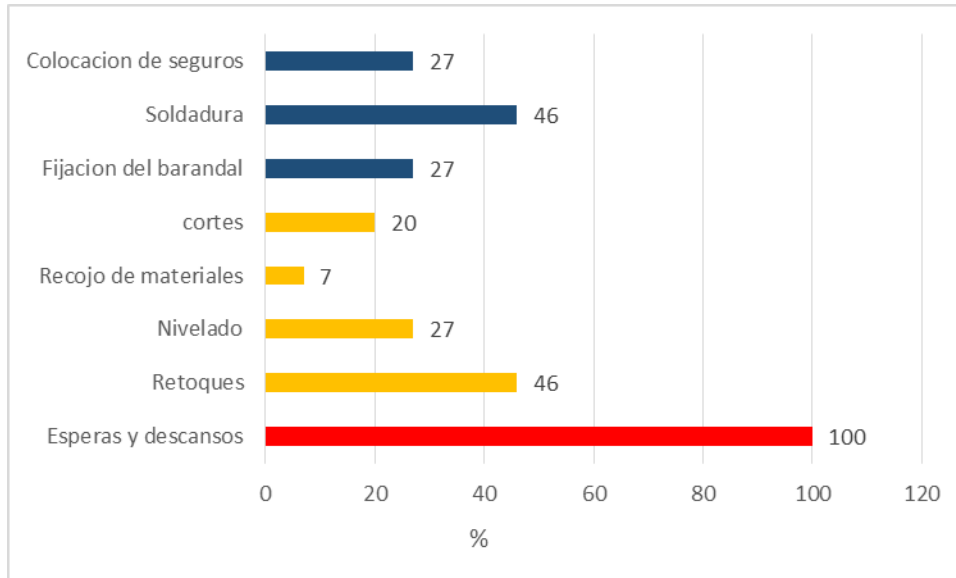


Figura 36. Distribución de las actividades por tipo de trabajo realizado en la instalación de Barandas de la Residencial “LAS PALMAS III”.

Interpretación:

En la figura 36 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para la instalación de Barandas por tipo de actividades realizadas, según el tipo de trabajo, es la siguiente: en el trabajo productivo; colocación de seguros 27%, soldadura 46% y fijación del barandal 27%; mientras que en el trabajo contributorio se encuentra; cortes 20%, recojo de materiales 7%, nivelado 27% y retoques 46%; finalmente en el trabajo no contributorio tenemos; esperas y descansos 100%. Esto evidencia la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores que se produce durante las esperas y descansos luego de realizada la actividad, ya sea para que continúen otra o para limpiar, sacudir o tomar alguna otra herramienta.

b. Contrastación de Hipótesis

El Enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III -Trujillo, La Libertad incrementa notoriamente el rendimiento de la mano de obra incidiendo en la reducción del tiempo de entrega y los costos de operación.

Tabla 11

Tabla Cruzada del Enfoque Lean Construction y su aplicación en la construcción de la residencial Las Palmas III -Trujillo, La Libertad para incrementar el rendimiento de la mano de obra.

ENFOQUE LEAN CONSTRUCTION		RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA		Total
		MEDIO	ALTO	
REGULAR	N	24	4	28
	%	66,7%	11,1%	77,8%
EFICIENTE	N	8	0	8
	%	22,2%	0,0%	22,2%
Total	N	32	4	36
	%	88,9%	11,1%	100,0%

Tau-b de Kendall (τ) = 0.78 Sig. P = 0.001 < 0.01

Rho de Spearman = 0,77

Fuente: Instrumentos aplicados a los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”.

Interpretación:

De la Tabla 11, se puede deducir que el 66.7% de los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”, consideran que el Enfoque Lean Construction es regular y por tanto el rendimiento de la mano de obra es medio, en la misma forma, el 22% de los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”,

consideran que el Enfoque Lean Construction es eficiente no obstante el rendimiento de la mano de obra es medio. En la misma tabla se muestra que el coeficiente de contingencia del estadístico de prueba Tau-b de Kendall es $\tau = 0.78$, con nivel de significancia menor al 1% ($P < 0.01$); esta cifra permite comprobar que el Enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III - Trujillo, La Libertad incrementa notoriamente el rendimiento de la mano de obra incidiendo en la reducción del tiempo de entrega y los costos de operación.

b.1. Rendimiento de la mano de obra (Aplicación del enfoque Lean Construction con Otros Sistemas)

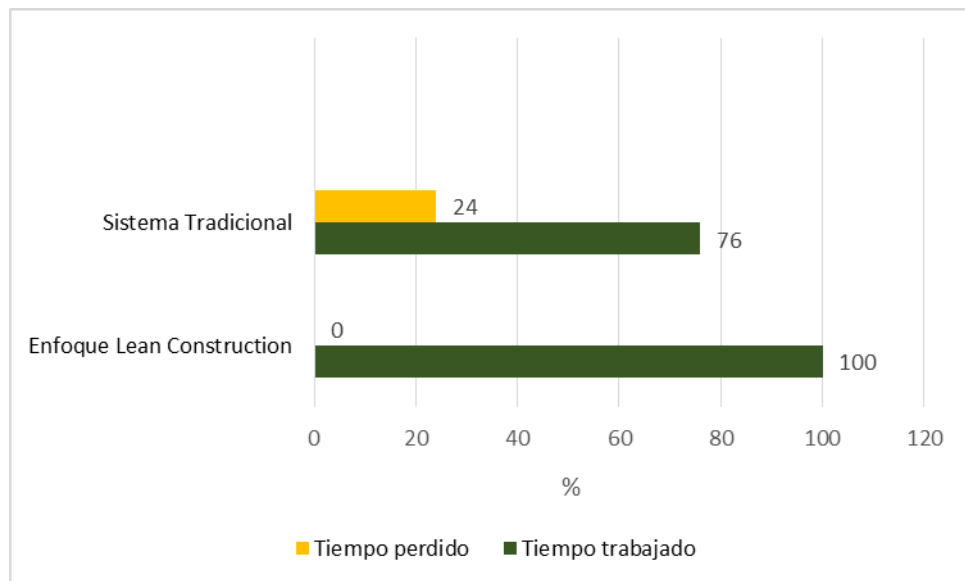


Figura 37. Rendimiento de la mano de obra del total del trabajo realizado tomado como muestra (30m) en la Residencial “LAS PALMAS III”.

Interpretación:

En la figura 37 se muestra el rendimiento de la mano de obra del total del trabajo realizado tomado como muestra con una duración de 30m minutos en tres actividades distintas realizadas por los obreros en la Residencial “LAS PALMAS III, puede notarse que bajo el sistema tradicional hubo una significativa pérdida de tiempo o trabajo no contributivo del 24 % del total de tiempo, este fue usado entre descansos y viajes de los obreros dentro de las instalaciones en construcción; mientras que bajo el enfoque Lean Construction el tiempo perdido sería de 0%,

aprovechando todo el tiempo laborable para la culminación exitosa de las actividades de los obreros, esto sin duda conllevaría a menos demora en la culminación de la obra y en mayor rentabilidad para la empresa y satisfacción para el cliente.

3.2.2. Prueba de hipótesis específicas:

1. Las horas efectivas de trabajo bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III incrementan el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.

Tabla 12

Tabla Cruzada de las horas efectivas de trabajo bajo el enfoque Lean Construction y su aplicación en la construcción de la residencial Las Palmas III para incrementar el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.

HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO		RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA			Total
		BAJO	MEDIO	ALTO	
DEFICIENTE	N	4	0	0	4
	%	11,1%	0,0%	0,0%	11,1%
REGULAR	N	0	12	0	12
	%	0,0%	33,3%	0,0%	33,3%
EFICIENTE	N	0	16	4	20
	%	0,0%	44,4%	11,1%	55,6%
Total	N	4	28	4	36
	%	11,1%	77,8%	11,1%	100,0%

Tau-b de Kendall (τ) = 0.60 Sig. P = 0.000 < 0.01

Rho de Spearman = 0,59

Fuente: Instrumentos aplicados a los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”.

Interpretación:

De la Tabla 12, se puede deducir que el 44.4% de los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”, consideran que las horas efectivas de trabajo bajo el enfoque Lean Construction son eficientes sin embargo el rendimiento de la mano de obra es medio, en la misma forma, el 22% de los obreros, ingenieros y arquitectos, consideran que las horas efectivas de trabajo bajo el enfoque Lean Construction son regulares y por tanto el rendimiento de la mano de obra es medio. El coeficiente de contingencia del estadístico de prueba Tau-b de Kendall es $\tau= 0.60$, con nivel de significancia menor al 1% ($P < 0.01$); esta cifra permite comprobar que las horas efectivas de trabajo bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III incrementan el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.

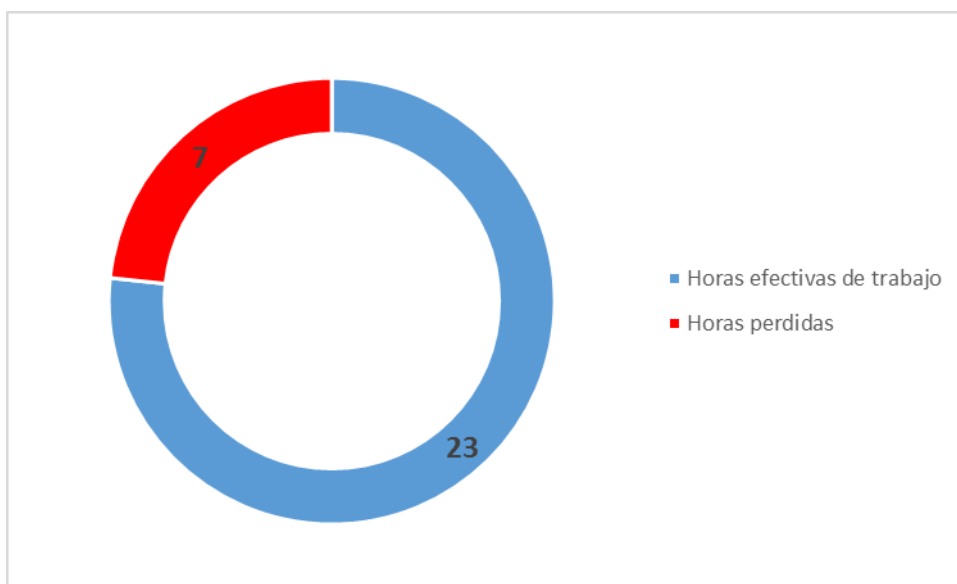


Figura 38. Horas de trabajo medidas al minuto en las actividades de construcción de la Residencial “LAS PALMAS III”.

Interpretación:

En la figura 38 se muestra las horas de trabajo medidas al minuto en las actividades de construcción de la Residencial “LAS PALMAS III”; pudiéndose evidenciar que de los 30 minutos tomados para la muestra, hubo un desperdicio de 7 minutos que fue producto de viajes entre habitaciones y tiempos de espera por parte de los

trabajadores; sin duda la Filosofía Lean Construction aplicada a la construcción, busca eliminar este tipo de malgaste del tiempo, haciendo más eficiente y rápido el trabajo.

2. El tiempo de descanso bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III disminuye el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.

Tabla 13

Tabla Cruzada del tiempo de descanso de trabajo bajo el enfoque Lean Construction y su aplicación en la construcción de la residencial Las Palmas III para incrementar el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.

TIEMPO DE DESCANSO		RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA			Total
		BAJO	MEDIO	ALTO	
DEFICIENTE	N	0	4	0	4
	%	0,0%	11,1%	0,0%	11,1%
REGULAR	N	0	8	4	12
	%	0,0%	22,2%	11,1%	33,3%
EFICIENTE	N	4	16	0	20
	%	11,1%	44,4%	0,0%	55,6%
Total	N	4	28	4	36
	%	11,1%	77,8%	11,1%	100,0%

Tau-b de Kendall (τ) = 0.48 Sig. P = 0.000 < 0.01

Rho de Spearman = 0.46

Fuente: Instrumentos aplicados a los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”.

Interpretación:

De la Tabla 13, se puede deducir que el 44.4% de los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”, consideran que el tiempo de descanso de trabajo bajo el enfoque Lean Construction es eficiente sin embargo el rendimiento de la mano de obra es medio, en la misma forma, el 22% de los obreros, ingenieros y arquitectos, consideran que el tiempo de descanso de trabajo bajo el enfoque Lean Construction es regular y por tanto el rendimiento de la mano de obra es medio. El coeficiente de contingencia del estadístico de prueba Tau-b de Kendall es $\tau = 0.48$, con nivel de significancia menor

al 1% ($P < 0.01$); esta cifra permite comprobar que el tiempo de descanso bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III disminuye el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.

3. El tiempo destinado a la entrada y salida del personal bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III disminuye el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.

Tabla 14

Tabla Cruzada del tiempo destinado a la entrada y salida del personal bajo el enfoque Lean Construction y su aplicación en la construcción de la residencial Las Palmas III para incrementar el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.

ENTRADAS Y SALIDAS		RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA			Total
		BAJO	MEDIO	ALTO	
DEFICIENTE	N	0	4	4	8
	%	0,0%	11,1%	11,1%	22,2%
REGULAR	N	4	12	0	16
	%	11,1%	33,3%	0,0%	44,4%
EFICIENTE	N	0	12	0	12
	%	0,0%	33,3%	0,0%	33,3%
Total	N	4	28	4	36
	%	11,1%	77,8%	11,1%	100,0%

Tau-b de Kendall (τ) = 0.56 Sig. P = 0.000 < 0.01

Rho de Spearman = 0.55

Fuente: Instrumentos aplicados a los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”.

Interpretación:

De la Tabla 14, se puede deducir que el 33.3% de los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”, consideran que el tiempo destinado a la entrada y salida del personal bajo el enfoque Lean Construction es regular por ello el rendimiento de la mano de obra es medio, de otro lado, el 33% de los obreros, ingenieros y arquitectos, consideran que el

tiempo destinado a la entrada y salida del personal bajo el enfoque Lean Construction es eficiente no obstante el rendimiento de la mano de obra es medio. El coeficiente de contingencia del estadístico de prueba Tau-b de Kendall es $\tau = 0.56$, con nivel de significancia menor al 1% ($P < 0.01$); esta cifra permite comprobar que el tiempo destinado a la entrada y salida del personal bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III disminuye el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.

4. El tiempo usado para el refrigerio bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III disminuye el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.

Tabla 15

Tabla Cruzada del tiempo usado para el refrigerio bajo el enfoque Lean Construction y su aplicación en la construcción de la residencial Las Palmas III para incrementar el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.

HORAS DE REFRIGERIO		RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA		Total
		MEDIO	ALTO	
REGULAR	N	20	4	24
	%	55,5%	11,1%	66,7%
EFICIENTE	N	12	0	12
	%	33,3%	0,0%	33,3%
Total	N	32	4	36
	%	88,9%	11,1%	100,0%

Tau-b de Kendall (τ) = 0.69 Sig. P = 0.001 < 0.01

Rho de Spearman = 0.68

Fuente: Instrumentos aplicados a los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”.

Interpretación:

De la Tabla 15, se puede deducir que el 55.5% de los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”,

consideran que el tiempo usado para el refrigerio bajo el enfoque Lean Construction es regular por ello el rendimiento de la mano de obra es medio, mientras que, el 33% de los obreros, ingenieros y arquitectos, consideran que el tiempo usado para el refrigerio bajo el enfoque Lean Construction es eficiente y a pesar de ello el rendimiento de la mano de obra es medio. El coeficiente de contingencia del estadístico de prueba Tau-b de Kendall es $\tau = 0.69$, con nivel de significancia menor al 1% ($P < 0.01$); esta cifra permite comprobar que el tiempo usado para el refrigerio bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III disminuye el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.

5. Los trenes de cuadrillas bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III incrementan el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.

Tabla 16

Tabla Cruzada de los trenes de cuadrillas bajo el enfoque Lean Construction y su aplicación en la construcción de la residencial Las Palmas III para incrementar el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.

TRENES DE CUADRILLA		RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA		Total
		MEDIO	ALTO	
REGULAR	N	24	4	28
	%	66,7%	11,1%	77,8%
EFICIENTE	N	8	0	8
	%	22,2%	0,0%	22,2%
Total	N	32	4	36
	%	88,9%	11,1%	100,0%

Tau-b de Kendall (τ) = 0.55 Sig. P = 0.001 < 0.01

Rho de Spearman = 0.54

Fuente: Instrumentos aplicados a los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”.

Interpretación:

De la Tabla 16, se puede deducir que el 66.7% de los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”, consideran que los trenes de cuadrillas bajo el enfoque Lean Construction son regulares por ello el rendimiento de la mano de obra es medio, en tanto que, el 22.2% de los obreros, ingenieros y arquitectos, consideran que los trenes de cuadrillas bajo el enfoque Lean Construction son eficientes sin embargo el rendimiento de la mano de obra es medio. El coeficiente de contingencia del estadístico de prueba Tau-b de kendall es $\tau = 0.55$, con nivel de significancia menor al 1% ($P < 0.01$); esta cifra permite comprobar que los trenes de cuadrillas bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III incrementan el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.

3.1. Análisis y discusión de los resultados

El sector de la construcción siempre ha estado asociado a un mal desempeño. En general la percepción que se tiene de la construcción es la de un sector poco productivo y de calidad dudosa dada la baja especialización que poseen los trabajadores del sector. Además, los numerosos accidentes que cada cierto tiempo son publicados y que son provocados por las condiciones inseguras en las que trabajan los obreros crean incertidumbre acerca de las condiciones laborales en las que se desempeñan los trabajadores. Actualmente, las empresas necesitan encontrar soluciones en su modo de gestión para afrontar determinados retos a los que la competencia, el mercado y el entorno institucional las somete. Dichos retos está relacionados con: rapidez en los tiempos de entrega; desarrollo e innovación de nuevos productos; entregas en lotes más pequeños y más frecuentes; precios con tendencia decreciente; cero defectos y alta fiabilidad en los productos.

Este nuevo escenario ha ocasionado la búsqueda de nuevas alternativas en los modelos de gestión orientados a garantizar el cumplimiento de las necesidades de los clientes y, de este modo, reforzar la posición competitiva de la empresa. Numerosos observadores han detectado una tendencia hacia la adopción de los principios del modelo Lean Production que afectan, no solo al interior de las empresas, sino también

a su organización externa. Dicho modelo está recibiendo una atención creciente por parte de la comunidad científica como método de gestión adecuado para mejorar la competitividad de las empresas.

En la actualidad el sector de la construcción viene creciendo considerablemente en todas sus ramas, una de ellas es la construcción de proyectos urbanos o edificios. Es evidente que la demanda de viviendas y oficinas viene siendo muy elevada, pero así como la demanda, la oferta igualmente viene creciendo, existen muchas nuevas empresas las cuales compiten por llegar a consolidarse y establecerse en el mercado. En el proceso del desarrollo de un proyecto de construcción, la elaboración del presupuesto y la programación de obra juegan un papel fundamental, ya que establecen anticipadamente el costo y la duración del mismo, indispensables para determinar la viabilidad del proyecto. Con base en planos y especificaciones se realizan los cálculos de cantidades de obra, se elaboran los análisis de precios unitarios de las diferentes actividades de construcción, estableciendo los valores parciales agrupados por capítulos, los cuales sumados determinan el costo total de la construcción del proyecto.

Durante la ejecución de una obra comienzan a aparecer una serie de factores que afectan negativamente la productividad y producen una reducción o pérdida en ésta. De acuerdo al enfoque productivo, se entiende por pérdida de productividad un amplio concepto. Adaptando este principio amplio a la construcción de una obra, se puede definir una pérdida como Aquellas actividades que, produciendo un costo, ya sea directo o indirecto, no agregan valor ni avance a la obra. Estas pérdidas se miden en función de sus costos, incluyendo el de oportunidad. Se consideran pérdidas a todas las actividades a todas las actividades que consumen recursos, tiempo y espacio, pero que no agregan valor, pero si un costo en el proceso de producción. Algunos ejemplos de pérdidas en actividades de la construcción son esperas por falta de equipos, espera por falta de instrucciones, sobrepoblación, actividades previas sin terminar o mal ejecutadas, tiempo ocioso por actitud del trabajador, conversando; transporte por mala distribución o localización de recursos, falta de equipos,

reprocesos por trabajos mal ejecutados, o dañados por una cuadrilla diferente, entre otras.

Al incrementar la competitividad y la productividad de la industria de la construcción, se pueden inferir los efectos positivos potenciales en los demás sectores, en el empleo, en el crecimiento que genera la industria de la construcción y esto constituiría a nivel nacional, el beneficio económico y social por lograr. En la necesidad de incrementar la productividad, las empresas tendrán que mejorar los aspectos de calidad, el marco reglamentario, la capacitación y adiestramiento y las innovaciones, en pro de aumentar su nivel de participación dentro de la competencia que existe entre las empresas de esta industria. En éstas, los recursos humanos, técnicos, económicos, materiales y equipo son motivo de objeto permanente de optimización a través del incremento de su productividad, a fin de reducir costos en los bienes y servicios que se proporcionan a la comunidad.

Del análisis estadístico realizado, tenemos que en la tabla 6, se encuentra la variable Enfoque de Lean Construction, donde el mayor nivel es el regular con un 78% (28 obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”), seguido del nivel eficiente con un 22% (8 obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”) y finalmente el nivel deficiente con 0%. Por tanto, es posible llegar a la conclusión que los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”, manifiestan que el Enfoque de Lean Construction aplicado a la construcción es de regular a eficiente debido a que elimina y reduce al máximo los elementos que no aporten de manera positiva en recursos, tiempo, espacio u otros; agregándole valor al producto; en palabras de GHIO (2001), un sistema productivo, como el de la construcción, se caracteriza por la transformación de insumos y recursos en productos deseados. En la construcción, los principales recursos o entradas que se insumen a este sistema productivo son los materiales, la mano de obra y la maquinaria y equipos. Entonces, con estos nuevos conceptos (lean production y lean construction), se define Lean Construction como una nueva aplicación de la gestión de producción de la industria de la construcción basada en la reducción de pérdidas

durante la ejecución del proyecto (eficiencia) y que conlleve a la entrega de producto a tiempo y con valor agregado (eficacia).

En la tabla 7 se muestran las dimensiones de la variable Enfoque de Lean Construction, tenemos que la mayor cantidad de respuestas está en el nivel regular en los siguientes porcentajes: trenes de cuadrilla 78%, horas de refrigerio 66.5%, horas efectivas de trabajo 55.5%, tiempo de descanso 55.5% y entradas y salidas 44.5%. Uno de los conceptos fundamentales de la teoría Lean Production es ver el proceso de producción como un flujo de materiales e información que van desde las materias primas hasta el producto final que llegara al cliente. Esto se grafica en el siguiente diagrama. La filosofía Lean Construction busca dar una solución a los problemas que se tiene en la metodología actual de construcción en lo que respecta al costo, plazo y productividad en las obras, la metodología que propone para lograr dicho objetivo es generar un sistema de producción efectivo, para lo cual se tienen que cumplir con 3 objetivos básicos según orden de prioridad.

En la misma tabla, notamos que la dimensión trenes de cuadrilla representa un alto porcentaje, con un 78%, de consideración regular; esto se refuerza en lo manifestado por los encuestados; cuando sostienen que los trenes de cuadrillas permiten organizar el trabajo de forma más eficiente, se especifican las tareas precisas a cada una de las cuadrillas, se establecen turnos rotativos a las cuadrillas de trabajadores.

Los trenes de cuadrilla favorecen la especialización de los obreros en diferentes áreas permitiendo una mejor organización del tiempo en obra, se cumplen con las normas de Higiene y Seguridad laboral, la cuadrilla realiza una misma tarea durante toda la obra, se pronostica con exactitud qué avance de obra se tendrá en un día determinado. El atraso de una partida hace que se atrasen todas, retrasando el sistema en su conjunto, los Trenes de Trabajo ayudan a optimizar la producción de los trabajadores mediante el trabajo repetitivo. La sectorización ayuda a tener un mayor control sobre las partidas.

De la misma manera, tenemos que otra dimensión con alto porcentaje es horas de refrigerio con un 66.5% de regular, las razones entre las que se fundamenta esta

respuesta es que la hora de refrigerio está destinado exclusivamente a la ingesta de alimentos, Se destina un tiempo establecido para la ingesta de alimentos que es de 1 hora, los obreros cuentan con un espacio determinado para el refrigerio, la hora del refrigerio se encuentra fijada con antelación y es la misma durante la semana, durante la hora de refrigerio los obreros suspenden todo tipo de labores, el tiempo destinado al refrigerio no forma parte de la jornada laboral diaria, el empleador puede modificar el horario de refrigerio de acuerdo a las necesidades de la obra, el empleador puede extender el horario de descanso de los trabajadores.

En la tabla 8 notamos que en la variable rendimiento de la mano de obra el nivel es medio con un 78% (28 obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”), seguido del nivel alto con un 11% (4 obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”) y finalmente el nivel bajo con 11% (4 obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”). De esta manera, podemos concluir que los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III” manifiestan que el rendimiento de la mano de obra en la construcción de la Residencial “Las Palmas III” es de medio; el rendimiento de mano de obra es la cantidad de obra de alguna actividad completamente ejecutada por una cuadrilla y se encuentra directamente relacionada con el avance o porcentaje de ejecución de un proyecto y se puede cuantificar por mediciones realizadas en sitio y está sujeta a las condiciones que afectarían a cada uno de los obreros; sostiene BOTERO BOTERO (2005), que la mano de obra, como uno de los componentes en el proceso productivo, aparece como una de las variables que afectan la productividad. Como uno de los objetivos de todas las empresas es ser más competitivos, mejorando la productividad de sus procesos productivos, se hace necesario conocer los diferentes factores que afectan la mano de obra, clasificándolos y determinando una metodología para medir su afectación en los rendimientos y consumos de mano de obra de los diferentes procesos de producción.

En la tabla 9, se presenta las dimensiones de la variable rendimiento de la mano de obra, donde el mayor número de respuestas está en el nivel medio en los siguientes porcentajes: reducción de costos 89%, cumplimiento de plazos 78%, reducción de tiempo 78% y mayor productividad 55.5%. Se entiende por rendimiento de mano de obra en la construcción, como la cantidad de trabajo realizada por una persona o grupos de personas dentro de una actividad en una unidad de tiempo, enfocado o dirigido al logro del objetivo. La importancia de la productividad en la construcción radica en la optimización de los recursos empleados para la ejecución de una actividad, para generar una mayor cantidad del rubro realizado con un recurso menor o similar al empleando anteriormente, lo que significa una ganancia en el tiempo de ejecución y en el uso del recurso, beneficiando así en la disminución del tiempo de la ejecución de la obra.

En la misma tabla, cabe decir que la dimensión que con mayor porcentaje es reducción de costos con un 89% de nivel medio; esto debido a que existe alta rotación del personal y mano de obra poco calificada, eliminación de las actividades que no generan valor dentro del proceso de construcción. El enfoque Lean Construction permite ejercer un mayor volumen de proyectos u obras, la reducción de pérdidas cubre las expectativas de ganancia del empresario. El enfoque Lean Construction promueve una menor inversión en materiales y mano de obra, se produce una mayor rentabilidad en los proyectos gracias al ahorro en tiempo y materiales, la reducción de costos posibilita la viabilidad del proyecto a ejecutar, se tiene y cuenta con mano de obra calificada para la obra, se prevé un menor desperdicio de materiales y tiempo. La reducción de costos en los procesos constructivos genera costos más bajos de los productos. Es sabido que la construcción de una casa o vivienda particular implica una alta inversión y costo; los materiales, la mano de obra, el traslado hasta el punto donde se va a edificar, los permisos de habilitación, son solo algunos de los factores que encarecen y dificultan el acceso de muchas personas al sueño de la casa propia. Lo que les sucede a los particulares también les ocurre a las empresas privadas y a los Estados; normalmente, los planes de vivienda suelen requerir inversiones que no todas las administraciones pueden afrontar (ABC CONSTRUCTORES, 2011).

Así también tenemos a la dimensión cumplimiento de plazos con un 78% en un nivel medio; se puede deducir este porcentaje puesto que se produce un mayor control de la obra asegurando un flujo ininterrumpido de los procesos, existe un fuerte compromiso de los empresarios para garantizar su aplicación continua, los clientes tienen un mayor grado de satisfacción con el tiempo de entrega de la obra. Se ajustan los plazos teniendo como resultado más calidad y asegurando entregas sin demora, la metodología de lean construction actúa fuertemente es el cumplimiento de plazos, la entrega de las obras se realiza de forma puntual, se logra un fuerte cumplimiento del contrato pactado con el comprador. La calidad del proceso no disminuye con la aplicación del enfoque Lean Construction, se logra una mayor satisfacción del cliente con la entrega de la obra, se incrementan las ventas de los productos entregados en el tiempo requerido, se entrega lo que se necesita, cuándo se necesita y con el precio requerido.

En la Tabla 10, se observa la prueba de normalidad de las variables y sus dimensiones; mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, se corrobora que la mayoría de los valores son menores al 5% de significancia ($p < 0.05$), esto comprueba que la muestra tanto en sus dimensiones como en sus variables presenta una distribución no normal, en consecuencia se determina el uso de pruebas no paramétricas para un mejor análisis de la relación de causalidad entre las variables, siendo además adecuado al diseño de investigación que se propone, usando con esta finalidad el coeficiente de contingencia del estadístico de prueba Tau-b de Kendall, siendo que este facilitara contar con una mayor precisión de los datos estadísticos obtenidos en la investigación.

En la figura 31 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para la instalación y colocación de ventanas es en la forma siguiente: trabajo productivo 42.5% (siendo el tiempo de 4:25 m.), el trabajo contributorio de 32.5 (3:25m.) y el trabajo no contributorio de 25% (2:50m.); esto refleja la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores, que conlleva consecuentemente a la demora en la culminación de actividades y entrega de la obra; para CHÁVEZ ESPINOZA DE y LA CRUZ AQUIJE, el Trabajo No Contributorio (TNC): Es el tiempo empleado en cualquier otra actividad diferente a las de soporte o productivas. Las esperas, los

reprocesos y demás se consideran como trabajo No Contributorio. Diferentes autores consideran el tiempo de descanso y de necesidades fisiológicas como tiempo no contributivo. Sin embargo, dichos tiempos, siempre y cuando se encuentren claramente establecidos, no deberían ser considerados dentro del tiempo total empleado en la producción de unidades de construcción.

En la figura 32 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para la instalación y colocación de ventanas por tipo de actividades realizadas según el tipo de trabajo, es la siguiente: en el trabajo productivo; colocación de seguros 41%, reforzamiento de aluminios 35.5% y siliconado de ventanas 23.5%; mientras que en el trabajo contributorio se encuentra; cortes de aluminio 46%, transporte de vidrio 23%, medidas 15.5% y recojo de materiales 15.5%; finalmente en el trabajo no contributorio tenemos; espera y descanso 30% y viajes 70%. Esto evidencia la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores que se produce sobre todo durante los viajes dentro de la obra, los mismos que consisten en el traslado entre habitaciones ya sea para traer materiales o para dialogar con los ayudantes.

En la figura 33 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para el enchape de baldosas es en la forma siguiente: trabajo productivo 45% (siendo el tiempo de 4:50m.), el trabajo contributorio de 50 (5:00m.) y el trabajo no contributorio de 5% (0:50s.); en esta actividad se evidencia una pérdida poco significativa de tiempo por parte de los trabajadores debido fundamentalmente a que es una actividad que genera pérdidas totales del material si este no es realizado en el tiempo prudente, además de ser una actividad secuencial, consecuentemente conlleva a la realización de varias actividades al mismo tiempo; reafirma CHÁVEZ ESPINOZA DE y LA CRUZ AQUIJE, que el trabajo Contributorio (TC): Es el tiempo empleado en las actividades de apoyo necesarias para ejecutar los trabajos que agregan valor. Los flujos necesarios como transporte, supervisión, etc., se consideran como trabajo contributorio.

En la figura 34 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para el enchape de baldosas por tipo de actividades realizadas, según el tipo de trabajo, es la

siguiente: en el trabajo productivo; encementado 40%, colocación de cerámica 40% y colocación de crucetas 20%; mientras que en el trabajo contributorio se encuentra; cortes de aluminio 46%, transporte de vidrio 23%, medidas 15.5% y recojo de materiales 15.5%; finalmente en el trabajo no contributorio tenemos; viajes 100%. Esto evidencia la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores que se produce sobre todo durante las esperas y descansos realizan entre una actividad y otra.

En la figura 35 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para la instalación de Barandas, en la forma siguiente: trabajo productivo 55% (siendo el tiempo de 5:50m.), el trabajo contributorio de 37.5% (4:15m.) y el trabajo no contributorio de 5% (1:15m); en esta actividad se evidencia una pérdida poco significativa de tiempo por parte de los trabajadores debido fundamentalmente a la actividad se realiza de forma visible (en exteriores), sumado a la inclemencia climática que favorece la rápida labor de los obreros.

En la figura 36 se muestra la distribución del trabajo que realizan los obreros para la instalación de Barandas por tipo de actividades realizadas, según el tipo de trabajo, es la siguiente: en el trabajo productivo; colocación de seguros 27%, soldadura 46% y fijación del barandal 27%; mientras que en el trabajo contributorio se encuentra; cortes 20%, recojo de materiales 7%, nivelado 27% y retoques 46%; finalmente en el trabajo no contributorio tenemos; esperas y descansos 100%. Esto evidencia la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores que se produce durante las esperas y descansos luego de realizada la actividad, ya sea para que continúen otra o para limpiar, sacudir o tomar alguna otra herramienta; SANTANA (1989), explica que un trabajo no contributorio implica que se está desperdiciando un cuarto de los recursos, de mano de obra, además de una serie de efectos negativos indirectos producidos por esta ineficiencia.

De la Tabla 11, se puede deducir que el 66.7% de los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”, consideran que el Enfoque Lean Construction es regular y por tanto el rendimiento de la mano de obra es medio, en la misma forma, el 22% de los obreros, ingenieros y arquitectos

encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”, consideran que el Enfoque Lean Construction es eficiente no obstante el rendimiento de la mano de obra es medio. En la misma tabla se muestra que el coeficiente de contingencia del estadístico de prueba Tau-b de kendall es $\tau= 0.78$, con nivel de significancia menor al 1% ($P < 0.01$); esta cifra permite comprobar que el Enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III -Trujillo, La Libertad incrementa notoriamente el rendimiento de la mano de obra incidiendo en la reducción del tiempo de entrega y los costos de operación; explica LAURA PORTUGAL(2009), que el enfoque Lean construction introduce principios que cambian el marco conceptual de la administración del mejoramiento de la productividad y enfoca todos los esfuerzos a la estabilidad del flujo de trabajo. Mediante el enfoque Lean construction se han desarrollado diversas herramientas tendientes a reducir las pérdidas a través del proceso productivo.

De la Tabla 12, se puede deducir que el 44.4% de los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”, consideran que las horas efectivas de trabajo bajo el enfoque Lean Construction son eficientes sin embargo el rendimiento de la mano de obra es medio, en la misma forma, el 22% de los obreros, ingenieros y arquitectos, consideran que las horas efectivas de trabajo bajo el enfoque Lean Construction son regulares y por tanto el rendimiento de la mano de obra es medio. El coeficiente de contingencia del estadístico de prueba Tau-b de kendall es $\tau= 0.60$, con nivel de significancia menor al 1% ($P < 0.01$); esta cifra permite comprobar que las horas efectivas de trabajo bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III incrementan el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad; para VIOLANTE (2012), las horas efectivas de trabajo, son horas calculadas para una plantilla por completo efectiva, y para una dirección correspondiente al horario partido. Se excluyen las horas extraordinarias por encima del citado horario pre-establecido, así como los permisos o interrupciones que hayan tenido carácter general.

En la figura 38 se muestra las horas de trabajo medidas al minuto en las actividades de construcción de la Residencial “LAS PALMAS III”; pudiéndose evidenciar que

de los 30 minutos tomados para la muestra, hubo un desperdicio de 7 minutos que fue producto de viajes entre habitaciones y tiempos de espera por parte de los trabajadores; sin duda la Filosofía Lean Construction aplicada a la construcción, busca eliminar este tipo de malgaste del tiempo, haciendo más eficiente y rápido el trabajo; precisa Guzmán Tejada (2014), que el tiempo de espera es un tiempo perdido entre procesos o dentro de un proceso específico debido a la falta de materiales, herramientas, equipos o información. Representa el mayor porcentaje de los trabajos no Contributivos.

De la Tabla 13, se puede deducir que el 44.4% de los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”, consideran que el tiempo de descanso de trabajo bajo el enfoque Lean Construction es eficiente sin embargo el rendimiento de la mano de obra es medio, en la misma forma, el 22% de los obreros, ingenieros y arquitectos, consideran que el tiempo de descanso de trabajo bajo el enfoque Lean Construction es regular y por tanto el rendimiento de la mano de obra es medio. El coeficiente de contingencia del estadístico de prueba Tau-b de Kendall es $\tau = 0.48$, con nivel de significancia menor al 1% ($P < 0.01$); esta cifra permite comprobar que el tiempo de descanso bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III disminuye el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad; TERCERO (2011) considera el tiempo de descanso y de necesidades fisiológicas como tiempo no contributivo. Sin embargo, dichos tiempos, siempre y cuando se encuentren claramente establecidos, no deberían ser considerados dentro del tiempo total empleado en la producción de unidades de construcción.

De la Tabla 14, se puede deducir que el 33.3% de los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”, consideran que el tiempo destinado a la entrada y salida del personal bajo el enfoque Lean Construction es regular por ello el rendimiento de la mano de obra es medio, de otro lado, el 33% de los obreros, ingenieros y arquitectos, consideran que el tiempo destinado a la entrada y salida del personal bajo el enfoque Lean Construction es eficiente no obstante el rendimiento de la mano de obra es medio. El coeficiente de

contingencia del estadístico de prueba Tau-b de kendall es $\tau = 0.56$, con nivel de significancia menor al 1% ($P < 0.01$); esta cifra permite comprobar que el tiempo destinado a la entrada y salida del personal bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III disminuye el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad.

De la Tabla 15, se puede deducir que el 55.5% de los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”, consideran que el tiempo usado para el refrigerio bajo el enfoque Lean Construction es regular por ello el rendimiento de la mano de obra es medio, mientras que, el 33% de los obreros, ingenieros y arquitectos, consideran que el tiempo usado para el refrigerio bajo el enfoque Lean Construction es eficiente y a pesar de ello el rendimiento de la mano de obra es medio. El coeficiente de contingencia del estadístico de prueba Tau-b de kendall es $\tau = 0.69$, con nivel de significancia menor al 1% ($P < 0.01$); esta cifra permite comprobar que el tiempo usado para el refrigerio bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III disminuye el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad; afirma MERINO CHÉVEZ (2015), que las interrupciones no planificadas ni controladas como el refrigerios de trabajadores es un factor de incidencia negativa sobre la productividad.

De la Tabla 16, se puede deducir que el 66.7% de los obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”, consideran que los trenes de cuadrillas bajo el enfoque Lean Construction son regulares por ello el rendimiento de la mano de obra es medio, en tanto que, el 22.2% de los obreros, ingenieros y arquitectos, consideran que los trenes de cuadrillas bajo el enfoque Lean Construction son eficientes sin embargo el rendimiento de la mano de obra es medio. El coeficiente de contingencia del estadístico de prueba Tau-b de kendall es $\tau = 0.55$, con nivel de significancia menor al 1% ($P < 0.01$); esta cifra permite comprobar que los trenes de cuadrillas bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III incrementan el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad, 2017.

La existencia de cuadrillas de trabajo desbalanceadas, las cuales generan una gran cantidad de tiempo muerto. Además, sobre los métodos de trabajo aplicados por los trabajadores, incide fuertemente el hecho de que hay ocasiones en los que se genera tiempo muerto debido a la discontinuidad entre actividades o traslape de ellas, lo cual proviene a su vez de fallas en la programación de las tareas, como por ejemplo el hecho de que las instrucciones que no están consideradas dentro del tiempo planificado para una partida genera un mayor gasto de tiempo del planificado para una actividad (COYOPAI, 2015).

El rubro de la construcción viene creciendo significativamente en el Perú debido al déficit de infraestructuras existentes. Sin embargo, la mayoría de empresas se rige por un sistema de construcción tradicional con procedimientos constructivos ineficientes lo que nos limita como país a crecer con mayor velocidad. Al bajo nivel de productividad se suma el problema de la seguridad laboral del sector. Estos indicadores nos permiten visualizar la poca evolución que ha estado teniendo el sector construcción en el Perú a pesar de su apogeo económico. La planificación y ejecución de los proyectos de construcción en el Perú está en proceso de cambio. Su implementación está acompañada de un avance tecnológico que no está a la medida de la industrialización, pero que poco a poco va haciendo más competitivo y productivo nuestro rubro. Estos cambios que vienen dándose en el Perú, incluyen nuevas metodologías de construcción, entre las cuales está la filosofía *Lean construction*. Esta filosofía tiene la intención de mejorar a gran nivel la producción de nuestra industria con su metodología de trabajo enfocada en la reducción de los desperdicios a través de las herramientas que propone.

Existen muchas causas que producen tiempos improductivos en las obras de construcción, las que a su vez generan ineficiencias en la administración de los recursos involucrados y en la dirección general de las obras. Lo anterior se traduce en un aumento de los costos en la ejecución del proyecto, por efecto del mal uso de los recursos. Un sistema o un proceso es más eficiente cuanto menos recursos consuma para obtener un resultado dado, En consecuencia, si se quisiera mejorar la eficiencia de un sistema o proyecto, sería necesario implementar técnicas que vayan

direccionadas a la optimización de los procesos; en ese sentido la aplicación del Lean Construction constituye una nueva filosofía orientada hacia la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas).

Finalmente, esta investigación es de gran importancia, puesto que se planea transmitir el conocimiento adquirido en base a la implementación y aplicación de la filosofía *Lean Construction* en una obra de Construcción, para así observar al detalle el procedimiento de planificación, ejecución y control de un proyecto bajo los lineamientos que propone esta nueva filosofía; describiendo las cartas balance como herramientas que propone el Lean Construction para mejorar la productividad en las obras de construcción con la ayuda de un concepto simple como la reducción de los desperdicios o pérdidas, estas herramientas tienen como finalidad incrementar el valor del producto para los clientes finales y a su vez incrementar las ganancias de la empresa constructora, lo cual se lograra con una correcta gestión de la construcción que es lo que *Lean Construction* nos propone.

CAPITULO IV: PROPUESTA

PROPUESTA PARA LA APLICACIÓN DEL ENFOQUE LEAN CONSTRUCTION EN LA CONTRUCCION

4.1 Premisas Generales

I. Datos informativos

1.1. Empresa: Empresas Constructoras

1.2. Dirección de la Empresa: Trujillo-La Libertad

1.3. Participantes: Obreros, ingenieros, arquitectos

II. Fundamentación

El sector construcción se puede dividir en dos grandes rubros. El primero es la construcción de obras civiles, las cuales comprenden los proyectos más grandes y de bienestar para la población, como carreteras, hidroeléctricas, puentes o proyectos mineros. El segundo es la construcción de edificaciones, las cuales incluyen proyectos inmobiliarios, oficinas o centros comerciales. La construcción de edificaciones es un rubro muy competitivo y son las inmobiliarias las que contratan a las empresas constructoras para desarrollar los proyectos. Los clientes de las constructoras vienen a ser las inmobiliarias, pues ellas son las encargadas de vender al público en general.

La finalidad de una empresa constructora es generar utilidades. Para ello, el equipo a cargo del proyecto debe obligatoriamente cumplir los acuerdos estipulados en el proyecto y en su respectivo contrato. Las tres restricciones más importantes que el equipo de trabajo debe tener siempre en cuenta son el tiempo, el costo y la calidad

Lamentablemente, muchos proyectos terminan tarde y fuera de presupuesto, fallan completamente y solo un reducido porcentaje de los proyectos se terminan a tiempo y en presupuesto, por tales razones el éxito de un proyecto de construcción depende de la ejecución hábil de las funciones administrativas sin embargo, es cada vez más

evidente que en esta industria existen problemas de descontrol que generan un sin número de consecuencias como las pérdidas debido a la falta de una metodología que permita la reducción de las mismas para proyectos constructivos, siendo uno de los ámbitos carentes de regulación el del rendimiento de los trabajadores.

Dado que el rendimiento de mano de obra es uno de los elementos fundamentales en las herramientas de presupuesto y programación, que a su vez hacen parte del proceso de planeación y control de una obra y, es tan común en el sector su determinación mediante prácticas que no consideran los factores de afectación correspondientes arrojando valores dispersos y generando por tanto, gran desconfianza sobre los mismos, siendo necesario un replanteamiento de la visión actual del trabajo con la mano de obra, teniendo siempre presente que la finalidad de una empresa constructora es generar utilidades. Para ello, el equipo a cargo del proyecto debe obligatoriamente cumplir los acuerdos estipulados en el proyecto y en su respectivo contrato. Las tres restricciones más importantes que el equipo de trabajo debe tener siempre en cuenta son el tiempo, el costo y la calidad. En los proyectos basados en mano de obra, como lo son la construcción de la residencial Las Palmas, es esencial hacer estimaciones realistas de la productividad esperada de la mano de obra con el fin de planificar y efectivamente ejecutar una obra orientada a obtener el máximo rendimiento de los trabajadores en aplicación de la filosofía Lean Construction.

III. Base legal y teórica

- El Manual de Rendimientos Mínimos de Mano de Obra de las provincias de Lima y Callao han sido tomados de la Resolución Ministerial N° 175 del 09 de abril de 1968 del Ministerio de Vivienda y Construcción. Dicha Resolución Ministerial define el estándar mínimo que debe realizar un operario promedio en una jornada de ocho horas.
- Recomendaciones del manual o programa computacional S10 que facilita el proceso de elaborar el presupuesto de obra a partir de los cálculos métricos realizados con los planos y especificaciones del proyecto.

- Manual de construcción para maestros de obra CORPORACIÓN ACEROS AREQUIPA S.A.
- Edición actualizada de su título No 29 "Costos y Presupuestos de Edificación, obra que forma parte de nuestra prestigiosa COLECCIÓN DEL CONSTRUCTOR, por la Cámara Peruana de la Construcción CAPECO
- CAPECO (Cámara Peruana de la Construcción) es una asociación civil sin fines de lucro, de carácter gremial. Agrupa y representa a las empresas que se desenvuelven en la actividad constructora en el Perú.

IV. Diagnóstico de las empresas constructoras

El mercado actual presenta una diversidad de materiales, equipos, herramientas y mano de obra, los cuales facilitan la libre competencia. El éxito en la contratación y ejecución de obras radica principalmente en tres conceptos fundamentales: el rendimiento (velocidad con que se lleva a cabo la misma o algunas de sus partes) el costo del producto terminado y la calidad de los trabajos. Los dos primeros se encuentran íntimamente relacionados, debido al hecho de que al aumentar el rendimiento decrece el costo o de que al aumentar el volumen de obra (medición) disminuye el costo unitario (BOTERO, 2 002).

Los rendimientos y consumos utilizados en los presupuestos y programación de obras, deben estar fundamentados en múltiples observaciones y análisis estadísticos, que consideren las condiciones particulares en las cuales se realizan las diferentes actividades de construcción, por lo cual estos análisis deben ser realizados en cada región que sean solicitados, puesto que un sólo factor diferente puede influir en el valor del rendimiento para una actividad específica. Mediante la utilización de patrones de análisis, se pueden obtener resultados precisos, confiables, y acordes a la realidad de cada entorno.

De esta forma, la fase de planeación, tan importante y muchas veces descuidada en la industria de la construcción, ayudará a los constructores a obtener el éxito en sus proyectos y se convertirá en punto de partida para la medición del desempeño del

recurso humano, requisito indispensable para mejorar la productividad y competitividad en la industria de la construcción en nuestro país.

Para enmarcar la presente investigación haremos uso de los diferentes métodos utilizados en obra.

- Cartas de Balance: La productividad de la mano de obra es un tema bien importante ya que de esta dependen tanto el avance y costos en la construcción. Con esta técnica, podremos medir la productividad de los trabajadores y aplicar mejoras para incrementar esta. En pocas palabras, es una herramienta estadística que nos deja poder describir, en forma detallada, cual es el proceso de cualquier operación y buscar su optimización.
- Líneas de Balance: se ha propuesto a las Líneas balance como procedimiento para administrar los tiempos y recursos. El objetivo de las LB es que sus líneas sean paralelas, que tengan la misma pendiente. Esto requiere un manejo eficiente de los insumos. Lo cual se evidencia con un mínimo de esperas entre una actividad y la siguiente. Además, el buen manejo de los recursos se demuestra al concatenar actividades de tal forma que sean consecutivas siempre protegiendo al flujo.
- Guía de observación: según Ortiz (2004, p. 75) Es un instrumento de la técnica de observación; su estructura corresponde con la sistematicidad de los aspectos que se prevé registrar acerca del objeto. Este instrumento permite registrar los datos con un orden cronológico, práctico y concreto para derivar de ellos el análisis de una situación o problema determinado.

V. Problemática de las empresas constructoras

Es un hecho que en la industria de la construcción tanto en la ciudad de Trujillo, como en otras del Estado, desde hace mucho tiempo se tiene una cantidad innumerable de desperdicios y retrasos en todos los procesos y etapas de desarrollo de un proyecto, por tal motivo es cada vez más necesaria una reestructuración en cada parte para identificar y eliminar desperdicios que no agregan valor al producto final de los proyectos.

En la actualidad se ha profundizado sobre manera en el tema de controlar el costo de la construcción, siendo uno de sus componentes más importantes la mano de obra; su rendimiento, su consumo, son temas que conociéndolos, permiten que un constructor sean competitivo, dentro de un mercado en el cual, cada vez es más difícil participar.

Todos los proyectos de ingeniería civil confían en la productividad de su equipamiento y en la de sus trabajadores para conseguir buenos resultados. Los proyectos de obras importantes con un alto equipamiento pueden estimar con cierta aproximación cuanto y qué tipo de equipamiento será requerido para el tipo de obra concebido. La productividad de la mano de obra individual, aunque tendrá un menor impacto sobre los costos y plazos totales, es importante para asegurar que el equipamiento es utilizado efectivamente

La industria de la construcción, principalmente en Trujillo se ha caracterizado por su baja o nula predisposición para planificar y evaluar los procesos constructivos de una manera adecuada y sujetándose a metodologías técnicas probadas. Esto ha conducido, a no contar con un registro de rendimientos, lo que obliga a cuestionar la confiabilidad de los análisis de precios unitarios utilizados por los constructores e instituciones públicas y privadas. Ha sido tradicional la utilización de bases de datos comerciales sobre rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción, como soporte en el análisis del costo y tiempo del proyecto a ejecutar. Los estimativos allí presentados se alejan muchas veces de la realidad, generando en el sector gran desconfianza, debido a su alta dispersión. Los rendimientos y consumos utilizados en la presupuestación y programación de obras, deben ser fundamentados en múltiples observaciones y análisis estadísticos, que consideren las condiciones particulares en las cuales se realizan las diferentes actividades de construcción.

Los problemas relacionados al rendimiento de los trabajadores en obra, hacen cada vez más difícil terminar un proyecto de construcción con el mínimo de sobrecostos, para tal efecto en otras industrias se cuenta con sistemas de gestión de calidad con lo cual controlan sus procesos de tal manera que se reducen notablemente las pérdidas llegando a optimizar tanto sus sistemas que tienen una mejora evidente en el

desarrollo del producto, sin embargo, sabemos que en la construcción llegar a la eliminación de pérdidas es una tarea sumamente difícil pero definitivamente se pueden disminuir en gran medida con el hecho de implementar una metodología sencilla que permita la optimización del ciclo en base a la mejora del rendimiento de los trabajadores. Esto traería una menor variación en el incremento desmedido de costos por falta de un control de pérdidas en la construcción.

En vista de lo antes planteado, el actual escenario de competitividad en el que se mueven las empresas de ingeniería en la Libertad, demanda nuevos enfoques de producción, donde la variable rendimiento de los trabajadores juega un papel muy importante. En este sentido el concepto de rendimiento debe empezar a ser manejado por todos los agentes involucrados: ingenieros, arquitectos, mandantes, entre otros. El concepto de rendimiento, por ser de carácter general, se ha mantenido en un ámbito más bien conceptual, haciéndose complejo el desarrollo de herramientas que faciliten su consideración a través del ciclo de vida completo de un proyecto. Este estudio tiene como finalidad articular el concepto rendimiento de mano de obra con las herramientas de la filosofía Lean Construction, empleada como el complemento necesario para entregar una base de análisis centrada en la gestión de producción. Así, aplicando las herramientas aplicadas en la gestión de proyectos de construcción (Lean Construction y Constructabilidad), se busca un soporte sólido para la operacionalización, y futura aplicación, de criterios de rendimiento en los procesos y etapas que involucra el ciclo de vida completo de los proyectos de construcción. Por lo cual en esta investigación se trata de mostrar los elementos que componen este sistema y su importancia o relevancia en la mano de obra.

4.2 Propuesta Específica

I. Objetivos

- Aplicar el enfoque Lean Construction en la construcción de obras residenciales, condominios y viviendas particulares en Trujillo, La Libertad.
- Conocer y usar todas las herramientas del enfoque Lean Construction para ser usadas por los profesionales y operarios en la construcción de obras.

II. Instrumentos técnicos

- Análisis de involucrados:** El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) define al análisis de los involucrados como la principal herramienta para diseñar el proyecto a fin de analizar su viabilidad y estudiar posibles aliados o adversarios. La información de los diferentes actores involucrados se sistematiza en una matriz, donde se presentan los intereses de los diferentes grupos afectados o beneficiados por el proyecto; es decir a través de una Matriz de involucrados.
- Definición de la Visión y Misión:** mientras que la misión se refiere a la razón de ser de las empresas constructoras con respecto al aumento del rendimiento de la mano de obra en la ejecución de obras, condominios, proyectos, entre otros. La visión es la imagen objetivo de la empresas constructoras desean generar con respecto a la eficacia de la ejecución de sus proyectos en un horizonte de tiempo dado.
- Determinación de los Objetivos:** De las definiciones de objetivos, los resultados a largo plazo que una organización aspira lograr a través de una misión básica (David, F. 1996). Es la situación o resultado futuro que un determinado actor o grupo de actores desea lograr (CIAT, 1995). Los objetivos son los esfuerzos y resultados que una organización proyecta lograr mediante su misión básica.
- Matriz FODA:** Herramienta de formulación de estrategias que conduce al desarrollo de cuatro tipos de estrategias: FO; DO; FA y DA. La Matriz FODA se estructura en dos ejes: el de las abscisas donde se ubican los elementos internos de la organización, fortalezas y debilidades, y el de las ordenadas donde se ubican los elementos del entorno del organismo, oportunidades y amenazas.

- e. **Árbol de problemas:** Se define como un diagrama semejante a un organigrama que muestra por medio de cuadros y casilleros organizados en forma de estructuras ramificadas, los problemas en una situación y las relaciones de causa y efecto entre ellos.
- f. **Árbol de objetivos:** Se define como un organigrama que describe las soluciones de los problemas señalados en el árbol de problemas. Resulta de describir en cada cuadro la situación que resultará de resolver el problema antes identificados.
- g. **Matriz de Marco Lógico:** es una herramienta conceptual que ayuda a preparar el diseño, darle seguimiento a la ejecución y realizar la evaluación de proyectos. Ofrece un esquema de orden para conceptualizar y describir los proyectos. Es útil para comunicar la información esencial sobre los proyectos de una manera escueta, lógica y homogénea.

III. Involucrados

1. Dueño (Cliente) (Es el individuo u organización para quien se va a construir una obra o proyecto, o proporcionar un servicio, por medio de un contrato)
2. Arquitecto (Es el individuo que planea, programa y diseña edificios, así como la obra exterior)
3. Arquitecto/Ingeniero (El A/I (también conocido como el “diseñador”) es parte de la empresa que emplea tanto a arquitectos e ingenieros y tiene la capacidad para realizar un diseño integral.)
4. Administrador de la Construcción (Es una empresa u organización especializada que proporciona los servicios administrativos y de gerencia de proyectos para realizar actividades de construcción.)
5. Ingeniero (Es un individuo u organización que realiza diseño especializado o algún otro trabajo asociado con el diseño o la construcción.)
6. Empresa de Ingeniería-Construcción (Tipo de organización que combina labores de arquitectura/ingeniería con las de construcción.)
7. Contratista General (Es la empresa contratada por el dueño para la construcción del proyecto, o para ejecutar la mayor parte de él.)

8. Administrador del Proyecto (Es el individuo a cargo de la coordinación general de todas las etapas de construcción, quien trabaja para el dueño.)
9. Ingeniero del Proyecto (Funge como intermediario entre la oficina central y la obra. También supervisa y coordina el trabajo de todos los ingenieros involucrados en un proyecto.)
10. Subcontratista (Trabaja para el contratista general, para realizar parte del proyecto.)
11. Constructor es el profesional –ingeniero civil– encargado por el dueño de adelantar la construcción del edificio o levantamiento de la estructura. El constructor debe ejecutar la obra con estricta sujeción a los planos recibidos del cliente y a las especificaciones de construcción
12. Albañil: Un albañil construye las paredes interiores y exteriores de los edificios. Esto puede implicar la construcción de nuevos edificios o la reparación y el mantenimiento de los ya existentes. Utilizan una gran variedad de herramientas y materiales
13. Alicatador: Los alicatadores arreglan las baldosas de las paredes y los suelos de los distintos tipos de construcción después de una primera medición y preparación de la superficie. La obra consiste en la planificación y corte cuidadoso de baldosas para encajarlas en las estructuras existentes

IV. METAS PROPUESTAS

METAS	ACCIONES PROPUESTAS
Promover un nuevo manual de metodología actual de construcción en lo que respecta al costo, plazo y productividad en las obras	Recomendar que los flujos en una construcción no paren sin preocuparnos de la eficiencia de los flujos y procesos. Esto se debe a que al tener flujos continuos el trabajo no se detendrá y podremos observar las fallas en cada proceso y los flujos entre estos para eliminarlos
	Concientizar al personal sobre el cumplimiento de seguir las pautas de un

	<p>sistema de producción efectivo y este se logra dividiendo el trabajo total equitativamente entre los procesos para de esa manera tener procesos y flujos balanceados. Para lograr esto se utilizan los principios de física de producción y el tren de actividades.</p>
	<p>Concientizar sobre el logro de que los procesos sean eficientes, lo cual se hará en base a la optimización de procesos.</p>
<p>Promover Optimización de Procesos a través de la aplicación Lean Construction</p>	<p>Fomentar que se trabaje adecuadamente los procesos y recursos eliminando el desperdicio dentro de cada proceso y logrando que todo el sistema de producción sea efectivo, ya que se tendrá un flujo continuo con procesos eficientes y por lo tanto el flujo dentro del sistema también lo será.</p>
	<p>Crear un diseño del Proceso que es el diseño de los pasos y procedimientos para lograr la fabricación efectiva y eficiente del producto o proyecto ya definido y a su vez estructurar adecuadamente las actividades a realizar para generar un conjunto de especificaciones que definan cómo será el producto final.</p>
<p>Promover la estructuración del trabajo como aplicación del Lean Construction</p>	<p>Crear espacios para la capacitación de personal en el flujo de trabajo durante la construcción, con la finalidad de que la ejecución de la obra sea más confiable, eficiente y le añada valor al cliente</p>
	<p>Promover la aplicación de la evaluación post, funcionando este como un mecanismo de</p>

	retroalimentación y mejora continua, ya que al evaluar el proceso de entrega, se podrá obtener conclusiones importantes para mejorar la calidad de la obra, maximizando el valor que obtenga el nuevo y futuro cliente.
--	---

V. FORMULACION DE LA ESTRATEGIA

- Definición de la Misión

La misión que las empresas constructoras deberá dar a conocer los métodos y pasos a seguir en la mejora del rendimiento de la mano de obra en el proceso de producción como un flujo de materiales e información que van desde las materias primas hasta el producto final que llegara al cliente, esta misión siempre debe estar alineada con las políticas definidas por el Ministerio de Construcción y Vivienda.

- Definición de la Visión

La visión de las empresas constructoras en la aplicación de Lean Construction debe considerar una mirada de corto plazo por parte de los mismos, con la finalidad de eliminar o reducir al máximo los elementos que no aporten de manera positiva en la construcción de una obra, mejorando el rendimiento de la mano de obra

VI. RESPONSABLES

Para la implementación de la PROPUESTA PARA LA APLICACIÓN DEL ENFOQUE LEAN CONSTRUCTION EN LA CONTRUCCION, se deberá incorporar todos los actores sociales, económicos y políticos; así como al equipo técnico responsable. Por tanto los responsables deberán ser:

1. Propietarios
2. Arquitecto/Ingeniero

3. Administrador de la Construcción
4. Ingeniero
5. Empresa de Ingeniería-Construcción
6. Contratista General
7. Administrador del Proyecto
8. Ingeniero del Proyecto
9. Subcontratista
10. Constructor
11. Albañil
12. Alicatador

CONCLUSIONES

1. La industria de la construcción se ha caracterizado por su baja o nula predisposición para planificar y evaluar los procesos constructivos de una manera adecuada y sujetándose a metodologías técnicas probadas.
2. El lean Production es una filosofía aplicable al sector industrializado y se enfoca principalmente en la reducción de los principales tipos de desperdicios (sobreproducción, inventario, tiempo de espera, etc.), además tiene nuevas metodologías que brindan resultados de productividad mucho mayores a los que se tenían en esa época.
3. El rendimiento de mano de obra es uno de los elementos fundamentales en las herramientas de presupuesto y programación, que a su vez hacen parte del proceso de planeación y control de una obra.
4. La variable Enfoque de Lean Construction tiene un nivel regular con un 78% según percepción de obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”.
5. Las dimensiones de la variable Enfoque de Lean Construction, tienen un nivel regular en los siguientes porcentajes: trenes de cuadrilla 78%, horas de refrigerio 66.5%, horas efectivas de trabajo 55.5%, tiempo de descanso 55.5% y entradas y salidas 44.5%.
6. La variable rendimiento de la mano de obra tiene un nivel es medio con un 78% según percepción de obreros, ingenieros y arquitectos encargados de la construcción de la residencial “LAS PALMAS III”.
7. Las dimensiones de la variable rendimiento de la mano de obra tienen un nivel medio en los siguientes porcentajes: reducción de costos 89%, cumplimiento de plazos 78%, reducción de tiempo 78% y mayor productividad 55.5%.

8. La distribución del trabajo que realizan los obreros para la instalación y colocación de ventanas es en la forma siguiente: trabajo productivo 42.5% (siendo el tiempo de 4:25 m.), el trabajo contributorio de 32.5 (3:25m.) y el trabajo no contributorio de 25% (2:50m.); esto refleja la pérdida significativa de tiempo por parte de los trabajadores.
9. La distribución del trabajo que realizan los obreros para el enchape de baldosas es en la forma siguiente: trabajo productivo 45% (siendo el tiempo de 4:50m.), el trabajo contributorio de 50 (5:00m.) y el trabajo no contributorio de 5% (0:50s.); en esta actividad se evidencia una pérdida poco significativa de tiempo por parte de los trabajadores.
10. La distribución del trabajo que realizan los obreros para la instalación de Barandas, en la forma siguiente: trabajo productivo 55% (siendo el tiempo de 5:50m.), el trabajo contributorio de 37.5% (4:15m.) y el trabajo no contributorio de 5% (1:15m.); en esta actividad se evidencia una pérdida poco significativa de tiempo por parte de los trabajadores.
11. El Enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III -Trujillo, La Libertad incrementa notoriamente el rendimiento de la mano de obra incidiendo en la reducción del tiempo de entrega y los costos de operación; el estadístico de prueba Tau-b de Kendall es $\tau = 0.78$, por lo que se acepta la hipótesis de investigación y se rechaza la nula.
12. Las horas efectivas de trabajo bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III incrementan el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad; el estadístico de prueba Tau-b de Kendall es $\tau = 0.60$, por lo que se acepta la hipótesis y se rechaza la nula.
13. Se evidencia de las horas de trabajo medidas al minuto en las actividades de construcción de la Residencial “LAS PALMAS III”; que de los 30 minutos tomados para la muestra, hubo un desperdicio de 7 minutos que fue producto de viajes entre habitaciones y tiempos de espera por parte de los trabajadores.

14. El tiempo de descanso bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III disminuye el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad; el estadístico de prueba Tau-b de kendall es $\tau= 0.48$, por lo que se acepta la hipótesis y se rechaza la nula.
15. El tiempo destinado a la entrada y salida del personal bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III disminuye el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad; el estadístico de prueba Tau-b de kendall es $\tau= 0.56$, por lo que se acepta la hipótesis y se rechaza la nula.
16. El tiempo usado para el refrigerio bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III disminuye el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad; el estadístico de prueba Tau-b de kendall es $\tau= 0.69$, por lo que se acepta la hipótesis y se rechaza la nula.
17. Los trenes de cuadrillas bajo el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III incrementan el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad; el estadístico de prueba Tau-b de kendall es $\tau= 0.55$, por lo que se acepta la hipótesis y se rechaza la nula.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALARCON CARDENAS, LUIS FERNANDO. “Guía para la implementación del sistema del último planificador”. Santiago: GEPUC, Pontificia Universidad Católica de Chile. 2008.
- ALARCON CARDENAS, LUIS FERNANDO. “Identificación y Reducción de Pérdidas en la Construcción. Herramientas y Pérdidas”. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile. 2000.
- ALARCON CARDENAS, LUIS FERNANDO. “Herramientas para identificar y reducir pérdidas en proyectos de construcción”. Revista Ingeniería de construcción.
- ALARCON CARDENAS, LUIS FERNANDO. “Planificación y Control de Producción para la Construcción, Guía para la Implementación”. Primera edición. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile. 2003.
- ALARCON, LUIS F. Y GONZALES, VICENTE. “Buffers de programación: una estrategia complementaria para reducir la variabilidad en los procesos de construcción”. Revista ingeniería de construcción, Vol 18, N° 2. Pontificia universidad católica de Chile, Santiago de Chile. 2003.
- ANDRADE, M. Y ARRIETA, B. “Last Planner en subcontrato de empresa constructora”. Revista de la construcción, volumen 10 n° 1 – 2011.
- BARRÍA, CAROL F. “Implementación del sistema Last Planner en la construcción de viviendas”. [Tesis]. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 2009.
- BOTERO BOTERO, LUIS FERNANDO. “Construcción sin pérdidas, análisis de procesos y filosofía lean construction”. Segunda edición, Colombia: Editorial Legis. 2006.
- BOTERO BOTERO, LUIS FERNANDO. “Construcción sin pérdidas, análisis de procesos y filosofía lean construction”. Colombia: Editorial Legis. 2004.
- BOTERO, LUIS F. y ÁLVAREZ, MARTHA. “Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda (Lean construction como estrategia de mejoramiento)”. Revista universidad EAFIT Vol 40 n° 136, 2004. Pp. 50- 64.

- BOTERO, LUIS F. y ÁLVAREZ, MARTHA. “Identificación de pérdidas en el proceso productivo de la construcción”. Revista universidad EAFIT n° 130, abril-mayo-junio. 2003.
- BOTERO, LUIS FERNANDO Y ACEVEDO, HARLEM. “Simulación de operaciones y línea de balance: Herramientas integradas para la toma de decisiones”. Revista Ingeniería y ciencia, volumen 7, número 13, enero-junio de 2011, paginas 29-45. Colombia. 2011.
- BRADY, DENISE; TZORTOPOULOS, PATRICIA Y ROOKE, JOHN. “An examination of the barriers to Last Planner implementation”. 19 conferencia anual del LCI. Lima. Perú. 2011.
- BRIOSO, XAVIER, “Material de la Diplomatura de Gestión del Proyectos de Construcción”, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014.
- CASTILLO, INÉS. “Inventario de herramientas del sistema de entrega de proyectos Lean (LPDS)”. [Tesis]. Pontificia universidad católica del Perú, Lima, Perú. 2014.
- GHIO CASTILLO, Virgilio. “Guía para la innovación tecnológica en la construcción”.
- GHIO CASTILLO, Virgilio. “Productividad en obras de construcción; Diagnostico, critica y propuesta”. Lima: Fondo editorial PUCP. 2001.
- GOLDRATT, ELIYAHU y COX, JEFF. “The goal”. Great Barrington, MA. North River Press. USA. 1984.
- HERMAN GLENN, Ballard. “Lean Project Delivery System”.Lean construction institute, California. 2000.
- HERMAN GLENN, Ballard. “The last planner system of production control”. [Tesis doctoral]. Birmingham: Universidad de Birmingham, Facultad de Ingeniería. 2000.
- HERMAN GLENN, Ballard. “The last planner”. Northern California Construction Institute. Monterey, CA. 1994
- HERMAN GLENN, Ballard. “White paper #7 Phase scheduling”.Lean Construction Institute. 2000.

- HOWELL, GREGORY; CHARRON, ROBERTO Y KNAPP STEVE. “Planificación por fases ahora”. 14 conferencia anual del LCI. Santiago de Chile. 2006.
- KOSKELA, LAURI. “An exploration towards a production theory and its application to construction”. Tesis doctoral. Technical Research Centre of Finland, Espoo. 2000.
- KOSKELA, LAURI. “Application of the new production philosophy to construction”. Technical report #72. Stanford: Stanford University. 1992.
- LARA CASTILLO, PABLO ANDRÉS. “Estudio de optimización de costos y productividad en la construcción de viviendas de hormigón”. [Tesis]. Universidad de Chile. Santiago, Chile, 2007.
- LCI, Lean Project Delivery Glossary (available at: www.leanconstruction.org/glossary.htm)
- LORÍA ARCILA, JOSÉ HUMBERTO. “Programación de obras con la técnica de la línea de balance”. Universidad autónoma de Yucatán, México.
- LORIA, J. “Programación de obras con la técnica de la Línea de Balance”. Mérida, Yucatán, México. 2010.
- MORILLO, TANIA Y LOZANO, MIGUEL. “Estudio de la productividad en una obra de edificación”. [Tesis]. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. 2007.
- NIETO MOROTE, A.M. ; RUZ VILA, F. ; NIETO MOROTE, C.: “Estrategias para la implementación del sistema de gestión last Planner”
- OHNO, Taichi. “Toyota production system”. Japon. 1988.
- ORIHUELA, PABLO Y ESTEBES, DELFÍN. “Aplicación del método de la línea de balance a la planificación maestra”. 5to encuentro latino americano de gestión y economía de la construcción (ELAGEC). Cancún, México. 2013.
- ORIHUELA, PABLO y ULLOA, KAREM. “La planificación de las obras y el sistema last planner”. Boletín N° 12, Corporación aceros Arequipa, julio. 2011.
- ORIHUELA, PABLO. “Aplicación de la teoría de restricciones a un proceso constructivo”. Boletín N° 1, Corporación Aceros Arequipa. 2008.
- ROJAS VERA, RAÚL: “La construcción: Estudio e implementación de una nueva filosofía de planificación de proyectos “Lean Construction””. Chile. 2005.

SABBATINO, DANIEL; ALARCÓN, LUIS F. Y TOLEDO, MAURICIO. “Análisis de indicadores claves para una exitosa implementación del sistema last Planner en proyectos de edificación”.

SABBATINO, DANIEL. “Directrices y recomendaciones para una buena implementación del sistema last planner en proyectos de edificación en Chile, [Tesis], Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile. 2011.

Santiago de Chile: Editorial Pontificia Universidad Católica de Chile. 1997.

SERPELL, ALFREDO: “Administración de obras de construcción”. Santiago de Chile, Chile. 1993.

T.P. Wright “Learning curves”. 1936. VASQUEZ, JUAN C. “Aplicación del Lean Design en proyectos de edificación”. [Tesis]. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. 2005.

VII. ANEXOS

ANEXO 1

CUESTIONARIO DE ENFOQUE LEAN CONSTRUCTION

Edad: _____

Sexo: Masculino []

Femenino []

Nivel: _____

El presente cuestionario tiene por finalidad recoger información para determinar como el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III incrementa el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad, 2017.

Se pide ser extremadamente objetivo, honesto y sincero en sus respuestas. Se le agradece por anticipado su valiosa participación y colaboración, considerando que los resultados de este estudio de investigación científica permitirán proponer estrategias urbanas ambientales contribuyen a mejorar la Imagen Urbana de la ciudad.

INSTRUCCIONES:

El cuestionario consta de 45 ítems. Cada ítem incluye cuatro alternativas de respuestas. Lea con mucha atención cada una de los ítems y las opciones de las repuestas que le siguen. Para cada ítem marque sólo una respuesta con una equis (X) en la letra que considere que se aproxime más a su realidad, es decir cuántas veces ocurren estas situaciones en su institución o ciudad.

- Si no ocurre, marca la alternativa **NUNCA (0)**
- Si ocurre pocas veces, marca la alternativa **A VECES (1)**
- Si ocurre muchas veces, marca la alternativa **CASI SIEMPRE (2)**
- Si ocurre continuamente, marca la alternativa **SIEMPRE (3)**

Nº	ÍTEMS	NUNCA (0)	A VECES (1)	CASI SIEMP RE (2)	SIEMP RE (3)
HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO					
01	El trabajador permanece en el trabajo a disposición del empresario en el ejercicio de su actividad				
02	El trabajador cumple con los horarios establecidos y fijados por el empresario				
03	El promedio de horas trabajadas en la semana no superan los máximos legales				

04	Los trabajadores se encuentran sujetos a fiscalización inmediata de la jornada laboral				
05	La duración de la jornada diaria es la establecida en la ley remunerándose las horas extras				
06	El trabajador realiza la actividad real para la cual fue contratado				
07	El rendimiento general de la cuadrilla es el esperado por los responsables de la obra				
08	El rendimiento promedio de los trabajadores es acorde a sus capacidades físicas				
09	Se aplica la filosofía Lean construction en la construcción de la obra				
TIEMPO DE DESCANSO					
10	Se establece un período de descanso durante la jornada laboral no inferior a quince minutos				
11	Se respeta el descanso entre jornadas de trabajo durante el día laborable				
12	Las horas establecidas como descanso se encuentran establecidas previamente por el empleador				
13	Se establece un recinto especial para el descanso de los trabajadores				
14	Se contemplan los tiempos de descanso máximos que establece la ley laboral				
15	Se establece un día de descanso semanal que es remunerado				
16	Los tiempos de descanso laborados incrementan la productividad del trabajador				
17	Se paga doble los días descanso laborados por el trabajador				
ENTRADAS Y SALIDAS					
18	Se efectúan los registros diarios de entrada y salida al trabajo del personal obrero				
19	Los trabajadores y obreros asumen la puntualidad como regla básica				
20	Se cuenta con un sistema de control de horario para verificar la presencia en obra				
21	Se tiene establecido de forma preliminar la hora de comienzo de jornada laboral				
22	Se tiene establecido y definida el termino de jornada laboral diaria				
23	Cada trabajador cuenta con una ficha personal para el registro correspondiente				
24	Se registran todas las entradas y salidas al trabajo durante la jornada laboral				
25	Se tiene un resumen total de horas registradas por periodos semanales o mensuales				
26	Se asigna a los trabajadores días libre y vacaciones de acuerdo a su contrato				
HORARIO DE REFRIGERIO					
27	La hora de refrigerio esta destinado exclusivamente a la ingesta de alimentos				
28	Se destina un tiempo establecido para la ingesta de alimentos que es de 1 hora				
29	Los obreros cuentan con un espacio determinado para				

	el refrigerio				
30	La hora del refrigerio se encuentra fijada con antelación y es la misma durante la semana				
31	Durante la hora de refrigerio los obreros suspenden todo tipo de labores				
32	El tiempo destinado al refrigerio no forma parte de la jornada laboral diaria				
33	El empleador puede modificar el horario de refrigerio de acuerdo a las necesidades de la obra				
34	El empleador puede extender el horario de descanso de los trabajadores				
TRENES DE CUADRILLAS					
35	Los trenes de cuadrillas permiten organizar el trabajo de forma más eficiente				
36	Se especifican las tareas precisas a cada una de las cuadrillas				
37	Se establecen turnos rotativos a las cuadrillas de trabajadores				
38	Los trenes de cuadrilla favorecen la especialización de los obreros en diferentes áreas				
39	Las cuadrillas permiten una mejor organización del tiempo en obra				
40	Se cumplen con las normas de Higiene y Seguridad laboral				
41	La cuadrilla realiza una misma tarea durante toda la obra				
42	Se pronostica con exactitud qué avance de obra se tendrá en un día determinado				
43	El atraso de una partida hace que se atrasen todas, retrasando el sistema en su conjunto				
44	Los Trenes de Trabajo ayudan a optimizar la producción de los trabajadores mediante el trabajo repetitivo				
45	La sectorización ayuda a tener un mayor control sobre las partidas				

ANEXO 2

CUESTIONARIO DE RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA

Edad: _____

Sexo: Masculino []

Femenino []

Nivel: _____

El presente cuestionario tiene por finalidad recoger información para determinar como el enfoque Lean Construction aplicado en la construcción de la residencial Las Palmas III incrementa el rendimiento de la mano de obra, Trujillo, La Libertad, 2017.

Se pide ser extremadamente objetivo, honesto y sincero en sus respuestas. Se le agradece por anticipado su valiosa participación y colaboración, considerando que los resultados de este estudio de investigación científica permitirán proponer estrategias urbanas ambientales contribuyen a mejorar la Imagen Urbana de la ciudad.

INSTRUCCIONES:

El cuestionario consta de 45 ítems. Cada ítem incluye cuatro alternativas de respuestas. Lea con mucha atención cada una de los ítems y las opciones de las repuestas que le siguen. Para cada ítem marque sólo una respuesta con una equis (x) en la letra que considere que se aproxime más a su realidad, es decir cuántas veces ocurren estas situaciones en su institución o ciudad.

- Si no ocurre nunca, marca la alternativa **NUNCA (0)**
- Si ocurre pocas veces, marca la alternativa **A VECES (1)**
- Si ocurren muchas veces, marca la alternativa **CASI SIEMPRE (2)**
- Si ocurren continuamente, marca la alternativa **SIEMPRE (3)**

Nº	ÍTEM	NUNCA	A VECES	CASI SIEMPRE	SIEMPRE
REDUCCIÓN DE COSTOS					
1	Alta rotación del personal y mano de obra poco calificada				
2	Eliminación de las actividades que no generan valor dentro del proceso de construcción.				
3	El enfoque Lean Construction permite ejercer un mayor volumen de proyectos u obras				
4	La reducción de pérdidas cubre las expectativas de ganancia del empresario				
5	El enfoque Lean Construction promueve una menor inversión en materiales y mano de obra				

6	Se produce una mayor rentabilidad en los proyectos gracias al ahorro en tiempo y materiales				
7	La reducción de costos posibilita la viabilidad del proyecto a ejecutar				
8	Se tiene y cuenta con mano de obra calificada para la obra				
9	Se prevé un menor desperdicio de materiales y tiempo				
10	La reducción de costos en los procesos constructivos genera costos más bajos de los productos				
CUMPLIMIENTO DE PLAZOS					
11	Se produce un mayor control de la obra asegurando un flujo ininterrumpido de los procesos				
12	Existe un fuerte compromiso de los empresarios para garantizar su aplicación continua				
13	Los clientes tienen un mayor grado de satisfacción con el tiempo de entrega de la obra				
14	Se ajustan los plazos teniendo como resultado más calidad y asegurando entregas sin demora				
15	La metodología de lean construction actúa fuertemente es el cumplimiento de plazos				
16	La entrega de las obras se realiza de forma puntual				
17	Se logra un fuerte cumplimiento del contrato pactado con el comprador				
18	La calidad del proceso no disminuye con la aplicación del enfoque Lean Construction				
19	Se logra una mayor satisfacción del cliente con la entrega de la obra				
20	Se incrementan las ventas de los productos entregados en el tiempo requerido				
21	Se entrega lo que se necesita, cuándo se necesita y con el precio requerido				
REDUCCIÓN DE TIEMPO					
22	El enfoque Lean Construction facilita la implementación de herramientas de planificación				
23	Se adoptan procesos y métodos que tienen por objetivo eliminar los desvíos de costo, tiempo y productividad				
24	Se garantiza un alto desempeño de los trabajadores en la obra				
25	La organización de las tareas permite hacer más eficiente el trabajo				
26	Se realiza el trabajo individual y en cuadrillas con eficiencia y eficacia				
27	Se usan herramientas tecnológicas aplicadas a los procesos constructivos				
28	Se fomenta una mayor productividad del recurso humano				
29	Hay una mejor coordinación de todos los agentes participantes en la obra				
30	Se asegura el cumplimiento de la programación de construcción en la obra de edificación				
31	No hay Inversión en equipos costosos o contratación de personal adicional				

MAYOR PRODUCTIVIDAD					
32	Existe un control total de la calidad basado en la mejora continua de los procesos				
33	El enfoque Lean construction permite identificar unidades de producción y trenes de trabajo				
34	Se promueve la industrialización de la construcción				
35	Se desarrolla y fortalece la cadena de valor de la industria de la construcción				
36	Se implementan mejoras continuas para asegurar altos estándares de calidad				
37	Se produce un mejoramiento del desempeño de los obreros que participan en la realización de una obra				
38	Existe compromiso del personal y un mejoramiento del ambiente laboral				
39	La secuencia óptima de actividades permite obtener avances coherente y sostenido en toda la obra				
40	Existe una mayor eficiencia en la productividad laboral				
41	Se promueve la gestión de calidad asegurando una ventaja competitiva de las empresas constructoras				
42	Se promueve un alto rendimiento de la mano de obra contratada				
43	Las empresas que aplican el concepto consiguen producir más y mejor en menos tiempo				
44	Existe una adecuada gestión de los recursos con la finalidad de controlar los desperdicios de los mismos				

ANEXO 3
CARTAS BALANCE

	A+B1:G22yudate 1 (Vidrio)	Obrero 1 (Colocacion)	Tiempo Promedio (30seg)	Obra	Las Palmas III
				Actividad: Instalacion de ventanas	colocacion de ventanas 04/05/2017
				Fecha: 04/05/2017	
1	3	4	(30seg)	Trabajo Productivo	
2	3	3	(30seg)	1	Colocación de vidrios
3	3	4	(30seg)	2	Reforzamiento del aluminio
4	3	3	(30seg)	3	Siliconado de ventanas
5	3	3	(30seg)	4	Colocacion de seguros
6	2	3	(30seg)	5	
7	2	3	(30seg)	6	
8	2	3	(30seg)	7	
9	1	2	(30seg)	8	
10	3	2	(30seg)	9	
11	3	2	(30seg)	10	
12	4	2	(30seg)	Trabajo Contributorio	
13	4	2	(30seg)	1	Instrucciones
14	4	2	(30seg)	2	Transporte del vidrio
15	4	1	(30seg)	3	Cortes de aluminio
16	4	1	(30seg)	4	Medidas
17	4	3	(30seg)	5	Recojo de materiales
18	4	3	(30seg)	6	
19	5	3	(30seg)	7	
20	5	3	(30seg)	8	
21				9	
22				10	
23				Trabajo no Contributorio	
24				1	Esperas y descansos
25				2	Simulación de Trabajo
26				3	Viajes

	Obrero 1 (Colocacion)	Tiempo Promedio (30seg)	Obra	Las Palmas III Enchapes de Baldosas 04/05/2017
			Actividad: Enchapes de Baldosas Fecha: 04/05/2017	
1	4	(30seg)	Trabajo Productivo	
2	4	(30seg)	1	Colocación de Ceramica
3	4	(30seg)	2	Fraguado
4	3	(30seg)	3	Encementado
5	3	(30seg)	4	Colocacion de cruzetas
6	3	(30seg)	5	
7	3	(30seg)	6	
8	4	(30seg)	7	
9	4	(30seg)	8	
10	1	(30seg)	9	
11	3	(30seg)	10	
12	3	(30seg)	Trabajo Contributorio	
13	3	(30seg)	1	Instrucciones
14	3	(30seg)	2	Transporte
15	1	(30seg)	3	Cortes de ceramica
16	1	(30seg)	4	Medidas
17	1	(30seg)	5	Recojo de materiales
18	1	(30seg)	6	
19	4	(30seg)	7	
20	4	(30seg)	8	
21			9	
22			10	
23			Trabajo no Contributorio	
24			1	Esperas y descansos
25			2	Simulación de Trabajo
26			3	Viajes
27			4	

	Ayudante 1 (Soldadura)	Obrero 1 (Colocacion)	Tiempo Promedio	Obra		Las Palmas III
			(30seg)	Actividad: Instalacion de ventanas		colocacion de ventanas 04/05/2017
				Fecha: 04/05/2017		
1	3	6	(30seg)	Trabajo Productivo		
2	2	1	(30seg)	1	Fijacion del barandal	
3	2	1	(30seg)	2	Soldadura	
4	2	2	(30seg)	3	Colocacion de seguros	
5	1	2	(30seg)	4		
6	1	2	(30seg)	5		
7	1	2	(30seg)	6		
8	1	2	(30seg)	7		
9	2	2	(30seg)	8		
10	3	2	(30seg)	9		
11	3	2	(30seg)	10		
12	2	2	(30seg)	Trabajo Contributorio		
13	2	6	(30seg)	1	Instrucciones	
14	2	6	(30seg)	2	Retoques	
15	3	3	(30seg)	3	Nivelado	
16	3	3	(30seg)	4	Medidas	
17	3	2	(30seg)	5	Recojo de materiales	
18	1	3	(30seg)	6	cortes	
19	1	3	(30seg)	7		
20	5	1	(30seg)	8		
21				9		
22				10		
23				Trabajo no Contributorio		
24				1	Esperas y descansos	
25				2	Simulación de Trabajo	
26				3	Viajes	
27				4		