

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TÍTULO DE TESIS:

**“APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN CONTRUCTION PARA
REDUCIR COSTOS Y TIEMPO EN LA COLOCACIÓN DE
ENCOFRADO, ACERO Y CONCRETO EN LA CONSTRUCCIÓN DE
EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE HUACHO”**

Autor:

FERNÁNDEZ REA HIMER CALIXTO

**Para optar el Título Profesional de
INGENIERIO CIVIL**

Asesor:

ING. PEDRO LUIS SEBASTIAN CRUZ

Huacho – Perú

2018

**APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN CONTRUCTION PARA
REDUCIR COSTOS Y TIEMPO EN LA COLOCACIÓN DE
ENCOFRADO, ACERO Y CONCRETO EN LA CONSTRUCCIÓN
DE EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE HUACHO**

ELABORADO POR:

Bach. FERNÁNDEZ REA HIMER CALIXTO

TESISTA

Ing. PEDRO LUIS SEBASTIAN CRUZ

ASESOR

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN PARA OPTAR
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL.**

Aprobado por:

Ing. Teodorico Jamanca Alberto

Presidente

Ing. Barrenechea Alvarado, Julio César

Secretario

Ing. Requena Soto, Elías Filberto

Vocal

DIDICATORIA

A Dios Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi Madre que con sus enseñanzas y su amor desde el cielo guían mis pasos. A mi Padre y hermanas por su apoyo incondicional a lo largo de todos estos años.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, que siempre están conmigo apoyándome y dándome el amor que necesito. Sobre todo, a mi Padre Calixto Fernández, a mis hermanas Pamela y Gladys que son mi inspiración para seguir adelante.

A todos mis amigos colaboradores que me brindaron su apoyo y confianza para la realización de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

DIDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I:	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción de la realidad problemática	3
1.2. Formulación del problema	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos	4
1.3. Objetivos de la investigación	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos	6
1.4. Justificación de la investigación	7

1.5.	Delimitación del estudio.....	7
1.6.	Viabilidad del estudio.....	8
CAPÍTULO II:.....		9
MARCO TEÓRICO.....		9
2.1.	Antecedentes de la investigación.....	9
2.2.	Bases teóricas	14
2.2.1.	Herramienta Lean Construction.....	14
2.2.1.1.	Productividad	18
2.2.1.2.	Variabilidad.....	20
2.2.1.3.	Lean Project delivery system	21
2.2.1.4.	Sectorización y tren de actividades	23
2.2.1.5.	Buffers.....	24
2.2.1.6.	Last Planner system.....	26
2.2.2.	Costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción.....	29
2.2.2.1.	Costos y tiempos.....	29
2.2.2.2.	Encofrado, acero y concreto.....	31
2.3.	Definición de términos	35
2.4.	Formulación de la hipótesis.....	37

2.4.1. Hipótesis general	37
2.4.2. Hipótesis específico.....	37
2.5. Operacionalización de variables.....	39
CAPÍTULO III:	41
MARCO METODOLÓGICO	41
3.1. Diseño metodológicos	41
3.2. Enfoque de investigación.....	41
3.3. Tipos y niveles de investigación.....	42
3.4. Población	42
3.5. Muestra	42
3.6. Técnicas de recolección de datos.....	43
3.7. Técnicas para el procedimiento de la investigación	43
CAPÍTULO IV:	44
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	44
4.1. Presentación de cuadros y gráficos.....	44
4.2. Validación de la Hipótesis.....	69
CAPÍTULO V:	80
DISCUSIONES, CONCLUSIONES Y RECONMENDACIONES.....	80
5.1. Análisis y discusiones.....	80

5.2. Conclusiones.....	85
5.3. Recomendaciones	88
CAPÍTULO VI:	89
FUENTES DE INFORMACIÓN	89
ANEXO	92
1. Matriz de consistencia.....	92
2. Instrumentos para la toma de datos	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01	.....	45
Figura 02	.....	46
Figura 03	.....	47
Figura 04	.....	48
Figura 05	.....	49
Figura 06	.....	50
Figura 07	.....	51
Figura 08	.....	52
Figura 09	.....	53
Figura 10	.....	54
Figura 11	.....	55
Figura 12	.....	56
Figura 13	.....	57
Figura 14	.....	58
Figura 15	.....	59
Figura 16	.....	60
Figura 17	.....	61

Figura 18	.....	62
Figura 19	.....	63
Figura 20	.....	64
Figura 21	.....	65
Figura 22	.....	66
Figura 23	.....	67
Figura 24	.....	68

RESUMEN

El presente trabajo de investigación cuyo título “Aplicación de herramientas lean construction para reducir costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de huacho”, desarrolla los concepto básico de la filosofía Lean Construction en la ejecución de obras de infraestructura, ya los tiempos modernos implican innovaciones en las ciencias y técnicas, para reducir al mínimo los costes de producción. En tal sentido el presente trabajo se trata de ver la utilidad de Lean Construction en las acidificaciones de la ciudad de Huacho, reduciendo costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en las construcciones en la ciudad de Huacho en el periodo 2017. Lean Construction abarca la aplicación de los principios y herramientas Lean al proceso completo de un proyecto desde su concepción hasta su ejecución y puesta en servicio. Entendemos Lean como una filosofía de trabajo que busca la excelencia de la empresa, por lo tanto, sus principios pueden aplicarse en todas las fases de un proyecto: diseño, ingeniería, pre-comercialización, marketing y ventas, ejecución, servicio de postventa, atención al cliente, puesta en marcha y mantenimiento del edificio, administración de la empresa, logística y relación con la cadena de suministro, facilitando así la reducción de los costes en la ejecución de proyectos.

Palabras Claves: Herramientas Lean Construction, Reducción de costos y tiempo, Edificaciones, Gestión, filosofía, Optimización

ABSTRACT

This research work whose title "Application of lean construction tools to reduce costs and times in the placement of formwork, steel and concrete in the construction of buildings in the city of huacho", develops the basic concept of the Lean Construction philosophy in the execution of infrastructure works, and modern times involve innovations in science and technology, to minimize production costs. In this sense the present work is about seeing the usefulness of Lean Construction in the acidification of the city of Huacho, reducing costs and times in the placement of formwork, steel and concrete in the constructions in the city of Huacho in the period 2017. Lean Construction covers the application of Lean principles and tools to the entire process of a project from its conception to its execution and commissioning. We understand Lean as a work philosophy that seeks the excellence of the company, therefore, its principles can be applied in all phases of a project: design, engineering, pre-marketing, marketing and sales, execution, after-sales service, attention the client, start-up and maintenance of the building, administration of the company, logistics and relationship with the supply chain, thus facilitating the reduction of costs in the execution of projects.

Key Words: Lean Construction tools, Reduction of costs and time, Buildings, Management, Philosophy, Optimization.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada “Aplicación de herramientas lean construction para reducir costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de huacho”, un tema sin muy apasionante pero poco abordado. Lean Construction es un sistema de negocio, desarrollado inicialmente por Toyota después de la Segunda Guerra Mundial, para organizar y gestionar el desarrollo de un producto, las operaciones y las relaciones con clientes y proveedores, que requiere menos esfuerzo humano, menos espacio, menos capital y menos tiempo para fabricar productos con menos defectos según los deseos precisos del cliente, comparado con el sistema previo de producción en masa.

Capítulo I, se desarrollan los antecedentes del desarrollo histórico y sociales de la filosofía Lean Construction y su evolución en la aplicación de esta herramienta en las edificaciones modernas.

Capitulo II, se desarrolla el marco conceptual, donde se desarrolla las dimensiones de la variable independiente y dependiente

Capitulo III, se desarrolla lo referente a la metodología de la investigación, es decir el enfoque de la investigación, tipos de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, etc.

Capitulo IV, se presenta el resultado de la investigación a través de la estadística y la validación de la hipótesis.

Capítulo V, se presenta las discusiones, conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación.

Capítulo VI, se presenta las discusiones, conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación.

Capítulo VII, se presenta las referencias bibliográficas con las que se trabajó la presente investigación. El presente trabajo de desarrolla de conformidad con las normas APA.

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El tema de investigación responde al nombre de: «APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN CONSTRUCTION PARA REDUCIR COSTOS Y TIEMPOS EN LA COLOCACIÓN DE ENCOFRADO, ACERO Y CONCRETO EN LA CONTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE HUACHO».

En los últimos años se ha incrementado la demanda inmobiliaria, las principales ciudades de nuestro país se está urbanizando raudamente, en sentido cada vez hay mayor demanda de edificaciones de grandes infraestructuras para ofertar como vivienda, para comercio, etc. A su vez esta demanda requiere por parte de los ingenieros que están a cargo de dichas construcciones emplear metodologías o herramientas modernas que permitan reducir costos y tiempos en el proceso de edificación y en los acabados como la colocación, de encofrado, acero y concreto.

La mayor parte de las edificaciones de gran envergadura suelen derrochar materiales, tiempos, mano de obra no por no utilizar herramientas adecuadas que permitan reducir los gastos de materiales al máximo y con ello el tiempo de ejecución y reducción de mano de obra. En tal medida proponemos una herramienta llamada “Lean Construction”, el Lean Construction está basado en la gestión de proyectos de construcción siguiendo los principios de la mejora continua y el Lean Manufacturing. Este novedoso método Lean tiene como objetivo la mejora continua, minimizar las pérdidas y maximizar el valor del producto final, diseñado conjuntamente con el cliente. A partir de la aplicación de técnicas que incrementan

la productividad de los procesos de construcción, conseguimos mejorar la rentabilidad total del proyecto y eliminar los desperdicios, o "todo aquello que no agrega valor al producto final". Además, el rendimiento de los sistemas de planificación y control son medidos y mejorados, con lo cual nos permite reducir los costos y tiempos en las construcciones, edificaciones y acabados como la colocación de encofrado, acero y concreto en las construcciones.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera las herramientas Lean Construction influyen los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿En qué medida la productividad influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017?
2. ¿Cómo influye la variabilidad en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017?

3. ¿Cómo el lean project delivery system influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017?
4. ¿Cómo la sectorización y tren de actividades influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017?
5. ¿En qué medida los buffers influyen en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017?
6. ¿En qué medida el last planner system influyen en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Analizar de qué manera las herramientas lean construction influyen los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017

1.3.2. Objetivos específicos

1. Analizar en qué medida la productividad influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017
2. Analizar cómo influye la variabilidad en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.
3. Analizar cómo el lean project delivery system influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.
4. Analizar cómo la sectorización y tren de actividades influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017
5. Analizar en qué medida los buffers influyen en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.
6. Analizar en qué medida el last planner system influyen en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.

1.4. Justificación de la investigación

En la actualidad en el auge de las inmobiliarias existen una gran demanda de edificaciones de infraestructura de para viviendas, comercio, etc. y existe una necesidad de reducir costos y tiempos en ese proceso de ejecución de los proyectos de gran envergadura.

Experiencias internacionales han demostrado que el empleo de herramientas tecnológicas permite emplear eficiente y eficazmente los insumos o materiales empleados en las construcciones. La presente investigación se centrara en utilizar la herramienta Lean Construction para reducir los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en las edificaciones de la ciudad de Huacho, en el periodo que comprende el año 2017. Con cual nuestra investigación será determinar si el empleo de la herramienta Lean Construction se puede reducir los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en las construcciones de la ciudad de Huacho.

1.5. Delimitación del estudio

- ❖ **Delimitación temática:** Herramienta Lean Construction y reducción de costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto.
- ❖ **Delimitación espacial:** El estudio se llevará a cabo en la Ciudad de Huacho, Provincia de Huaura y departamento de Lima, Perú.
- ❖ **Delimitación poblacional:** Profesionales de ingeniería civil, ejecutivos de inmobiliarias.
- ❖ **Delimitación temporal:** El desarrollo de la presente investigación comprende el Periodo 2017.

1.6. Viabilidad del estudio

La “viabilidad de una investigación comprende la disponibilidad de los recursos financieros, humanos y materiales”. Así también, la disponibilidad de información es un factor importante; siendo así, y al contar con los recursos en mención, la presente investigación es viable, garantizándose la ejecución de la investigación y los resultados a obtener. (Hernández, Fernández & Baptista, 2010).

El estudio es viable porque cuenta con las con las facilidades correspondientes para su aplicación en la institución, en tal sentido sus objetivos son viables alcanzables en el tiempo y en el espacio, así como se dispone de los recursos e información necesaria para desarrollar la presente investigación.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Domingo González Alcántara (2013), realizó una investigación denominada “Aplicación de herramientas lean en la gestión de proyectos de edificación”, presentada a la Universidad de Valladolid de España, llegando a las siguientes conclusiones: ”Como se ha tratado de demostrar en los distintos apartados que componen el proyecto, el sector de la construcción de obras de edificación presenta una gran cantidad de ineficiencias que podrían solventarse en gran medida con la utilización de herramientas Lean, con éxito en otros ámbitos productivos. Estas herramientas podrían complementar a los métodos de gestión convencionales con el objetivo de mejorar los resultados e incrementar el valor de los elementos producidos. Los desperdicios presentes en las obras tienen un origen similar al de otros sectores, es decir, los métodos de trabajo por lotes, esperas y almacenajes. Aunque con componentes específicos propios de la construcción como el alta presencia inicial de defectos, que no están presentes en otros sectores productivos”.

La herramienta que se ha mostrado más efectiva ha sido el trazado del mapa de valor de los procesos logísticos. Su utilización ha permitido conocer la forma en la que se desarrollan los trabajos actualmente, identificando los problemas y

limitaciones presentes. En el análisis del VSM trazado se ha detectado la presencia de varios cuellos de botella generados por las indefiniciones de proyecto. Como se ha comentado, la forma más extendida de desarrollar los proyectos en los que el equipo proyectista es ajeno a la ejecución de los trabajos, genera este tipo de problemas que impiden que desde la fase de diseño se puedan considerar los aspectos importantes que van a surgir durante la fase de ejecución. Para actuar contra estos cuellos de botella es necesario planificar las fechas límites para la resolución de estos problemas, realizando para ello un planteamiento de procesos Pull, en los que las necesidades de producción programadas tiran del resto de actividades, siendo la primera de ellas la definición completa de los aspectos del proyecto. Este aspecto puede mejorar también con la inclusión de líneas con las tareas de gestión en la planificación de los trabajos, de forma que se fijan las fechas límites de actuación y su vinculación con las actividades de ejecución. (Gonzales Alcantara, Domingo, 2013).

Abner Guzmán Tejada (2014), realizó una investigación sobre la “Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos” presentada a la Universidad Pontificia Católica del Perú, llegando a las siguientes conclusiones: “El LPDS (sistema de entrega de proyectos lean) nos propone un total de 42 herramientas en sus 5 fases. Sin embargo, la filosofía lean en el Perú se está desarrollando principalmente en 3 fases (Construcción Lean, Control de producción y trabajo estructurado), ya que son las empresas constructoras las que la están aplicando dentro de su campo de acción que es precisamente la ejecución de obras.

De 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. (Guzmán Tejada, Abner, 2014).

Renzo Figueroa Pacheco y Marcos Eduardo Tolmos Nehme (2017), realizo una investigación sobre la “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/B en Lima” presentado en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Perú, llegando a las siguientes conclusiones:

1. 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”.

2. Debido a la gestión de torre grúa realizada en Pardo y Aliaga, se consiguió un tiempo muerto de 12,9%, muy inferior al conseguido en Torre Sergio Bernales, el cual llega al 36,7%. La gestión y una buena programación de la torre grúa nos permite ser más productivos, pues se considera el diseño de planta en el proceso y permite que las cuadrillas vayan trabajando en función al avance físico de la obra, lo que reduce dramáticamente las esperas. Esto permite tener una logística interna en obra muy eficiente, por lo que es posible reducir las esperas por materiales internos en obra. Una logística eficiente genera un ahorro sustancial en horas hombres, lo cual contribuye a una reducción en el plazo y el costo del proyecto.
3. La aplicación de líneas balance en el proyecto Pardo y Aliaga permitió tener una mayor eficiencia y un menor costo de mano de obra. Esto ocurrió ya que esta herramienta mejoró el proceso en las actividades de colocación de concreto, acero y encofrado. Sin embargo, en el proyecto Sergio Bernales, la mano de obra era muy ineficiente, pues los procesos de distintas actividades se estorbaban a sí mismos, lo que generaba esperas y mucho trabajo no contributivo. Esto se comprobó gracias a los rendimientos, pues las horas hombre empleadas por unidad de avance eran inferiores en Pardo y Aliaga.
4. Reduciendo la variabilidad en los procesos involucrados en la construcción logramos reducir los costos y tiempos de un proyecto. Los resultados de la investigación demuestran que aplicando la herramienta Last Planner se logra aumentar la confiabilidad de la

programación. En el proyecto Pardo y Aliaga, se logró eliminar las restricciones antes de ejecutar las actividades programadas, aumentando el porcentaje de plan cumplido (el PPC alcanzado fue 86%) aplicando esta técnica. Por otro lado, en el proyecto Torre Sergio Bernales las actividades se ejecutaron y las restricciones se levantaron en el momento, ocasionando, como se aprecia en el PPC (el PPC obtenido fue 63%), que no se cumplan con todas las actividades programadas.

5. 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.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Herramienta Lean Construction

Antecedentes

La crisis del petróleo en otoño de 1973, a la que siguió una importante recesión, afectó a gobiernos, negocios y en general a la sociedad de todo el mundo. En 1974 la economía japonesa llegó a colapsarse hasta un estado de crecimiento cero. Sin embargo, en Toyota, aunque se redujeron sus beneficios, se consiguió mantener unos ingresos –durante los años 1975, 1976 y 1977– superiores a los de otras empresas. El amplio margen diferencial entre ella y las demás empresas hizo que la gente se preguntara qué ocurría en Toyota. (Ohno Taiichi , 1988).

Una década más tarde, en 1985, se originó en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) el Programa Internacional de Vehículos a Motor (PIVM) con el fin de comprender las fuerzas fundamentales del cambio industrial y mejorar el proceso de decisión política relativo al cambio. Los resultados de dicho estudio, revelaron que las empresas japonesas habían desarrollado un sistema productivo propio superior, capaz de fabricar con mayor calidad, a un menor coste y con plazos de entrega más cortos, tanto a nivel de diseño como a nivel de fabricación.

El término que se adoptó tanto desde el punto de vista académico como empresarial para definir el conjunto de técnicas de producción japonesas desarrolladas por la Toyota Motors fue Lean production o producción ajustada. Fue acuñado por John Krafcik a finales de la década de los 80, y difundido a nivel global

durante la década de los 90 a raíz de la publicación de los libros *La máquina que cambió el mundo*, de James P. Womack, Daniel T. Jones y Daniel Roos y *Lean Thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa* de J. Womack y D. Jones. La publicación *Las claves del éxito Toyota* de Jeffrey K. Liker contribuyó enormemente a la difusión del sistema de producción Toyota. (Liker, Jeffrey & Meier, David, 2007).

Definición

Lean es crear valor para el cliente y eliminar desperdicio. Según la filosofía Lean, todo lo que no es valor para el cliente es muda o desperdicio que puede ser eliminado o minimizado. Por lo tanto, es necesario comprender primero el significado de muda o desperdicio para seguir avanzando en el conocimiento del sistema Lean. (Pons Achell Juan Felipe , 2014).

El Lean Lexicon define Lean production o producción ajustada como un sistema de negocio, desarrollado inicialmente por Toyota después de la Segunda Guerra Mundial, para organizar y gestionar el desarrollo de un producto, las operaciones y las relaciones con clientes y proveedores, que requiere menos esfuerzo humano, menos espacio, menos capital y menos tiempo para fabricar productos con menos defectos según los deseos precisos del cliente, comparado con el sistema previo de producción en masa.

El uso del término Lean obedece al hecho de que este sistema utiliza menos de todo comparado con la producción en masa: la mitad de esfuerzo humano en la fábrica, la mitad de espacio en la fabricación, la mitad de inversión en herramientas, la mitad de horas de ingeniería para desarrollar un nuevo producto en la mitad de tiempo. Además, requiere mantener mucho menos de la mitad del inventario necesario en el sitio, dando lugar a muchos menos defectos y produce una mayor e incluso creciente variedad de productos. (Womack, James & Jones, 1996).

La aplicación de los principios y herramientas del sistema Lean a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción se conoce como Lean Construction o construcción sin pérdidas.

Lean Construction abarca la aplicación de los principios y herramientas Lean al proceso completo de un proyecto desde su concepción hasta su ejecución y puesta en servicio. Entendemos Lean como una filosofía de trabajo que busca la excelencia de la empresa, por lo tanto, sus principios pueden aplicarse en todas las fases de un proyecto: diseño, ingeniería, pre-comercialización, marketing y ventas, ejecución, servicio de postventa, atención al cliente, puesta en marcha y mantenimiento del edificio, administración de la empresa, logística y relación con la cadena de suministro. (Pons Achell Juan Felipe , 2014).

Lean Construction persigue la excelencia a través de un proceso de mejora continua en la empresa, que consiste fundamentalmente en minimizar o eliminar todas aquellas actividades y transacciones que no añaden valor, a través de la optimización de recursos y la maximización de la entrega de valor al cliente, para diseñar y producir a un menor coste, con mayor calidad, más seguridad y con plazos de entrega más cortos, dentro de un marco ecológico con el entorno.

Lean Construction trata de alcanzar estos objetivos en todas las fases del ciclo de vida de un proyecto de edificación, contando con todos los agentes sociales que intervienen en el proceso de diseño y construcción y con todas las personas y empresas que participan en la cadena entera de suministro y en cada flujo de valor, sin dejar a nadie fuera e integrando a todos bajo una meta común según los principios del sistema Lean. (Pons Achell Juan Felipe , 2014).

El Lean Construction está basado en la gestión de proyectos de construcción siguiendo los principios de la mejora continua y el Lean Manufacturing. Este novedoso método Lean tiene como objetivo la mejora continua, minimizar las pérdidas y maximizar el valor del producto final, diseñado conjuntamente con el cliente. A partir de la aplicación de técnicas que incrementan la productividad de los procesos de construcción, conseguimos mejorar la rentabilidad total del proyecto y eliminar los desperdicios, o "todo aquello que no agrega valor al producto final". Además, el rendimiento de los sistemas de planificación y control son medidos y mejorados. (Progressa.com, 2017).

2.2.1.1. Productividad

Serpell (1993) quien sostiene 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”. (SERPELL ALFREDO, 1993).

Según estudios sobre la ocupación del tiempo de los trabajadores en la construcción se consideró que los trabajadores pueden realizar tres tipos de actividades.

- ❖ Trabajo Productivo (TP): Consiste en actividades que aportan directamente a la producción para algún producto final. Ejemplo, encofrado, enfierrado, tarrajeo, pulido de pisos, etc.
- ❖ Trabajo Contributivo (TC): Consiste en el trabajo necesario para que se pueda realizar el trabajo productivo, pero no aporta directamente a la producción. Este trabajo se debe optimizar y reducir en recursos utilizados para mejorar la productividad. Ejemplo, traslado de materiales, planeamiento, charlas de seguridad, etc.
- ❖ Trabajo no Contributivo (TNC): Consiste en cualquier otra actividad realizada por el personal y que no califica en las anteriores categorías, por lo tanto son consideradas perdidas, ya que no suman valor por lo que se busca eliminarlas para mejorar la productividad. Ejemplo, pausas para descansar, esperando sin hacer nada, etc.

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.

Es la capacidad de una organización para agregar valor a los recursos que consume. Es hacer más (productos o servicios) con menos recursos. Es una medida de progreso técnico. Es la utilización eficiente de los recursos (insumos) al producir bienes (productos) y/o servicios.

La productividad aplicada a la filosofía lean construction tiene el siguiente ciclo:

- ❖ **Medición:** En el campo (obra), tomamos datos de la producción diaria de cada cuadrilla de trabajo, así como de las horas trabajadas.
- ❖ **Evaluación:** En base a los datos anteriores calculamos las productividades reales diarias y luego lo dividimos cada valor entre la productividad base para determinar los correspondientes índices de productividad diaria. Luego lo graficamos, teniendo como eje de abscisas (eje x) el tiempo y en el eje y (ordenadas) los índices de productividad (IP).
- ❖ **Planeación:** Proyección de los niveles futuros de producción (metas).
- ❖ **Mejoramiento:** Implantación de metodología planeada para mejorar, como una mejor distribución de insumos, distancias mínimas para acortar el tiempo de transporte.

2.2.1.2. Variabilidad

Para Guzman (2014), 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 más 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.

Según los lineamientos de la filosofía Lean Construction las metas de nuestra producción son producir el producto, maximizando los desperdicios y minimizando las perdidas, la manera de minimizar las perdidas como primer paso para conseguir las 2 primeras metas es el correcto manejo de la variabilidad que es la principal fuente de desperdicios en la construcción (Baja productividad, trabajos no óptimos, paras en los procesos, etc.) (Guzmán Tejada, Abner, 2014).

Hay dos tipos de variabilidad en los flujos de producción: Variabilidad en los tiempos de proceso y variabilidad en el flujo. La variabilidad en los tiempos de proceso se refiere al tiempo requerido para procesar una tarea en una estación de trabajo. Este tipo de variabilidad consiste en variabilidad natural (fluctuación debido a diferencias entre operadores, máquinas y material), detenciones aleatorias, preparaciones, disponibilidad de operadores y trabajo rehecho (debido a calidad inaceptable). Por otro lado, la variabilidad en el flujo significa variabilidad en la llegada de trabajos a una estación de trabajo.

2.2.1.3. Lean Project delivery system

Es un sistema de gestión que a través de él se establecen metodologías, herramientas y otros elementos que permiten a la organización alcanzar las metas establecidas.

El desarrollo de un proyecto de construcción pasa por distintas etapas que van desde el planteamiento del proyecto, diseño, construcción hasta su funcionamiento y uso.

La filosofía Lean no solo toma en cuenta la fase de ejecución en su marco teórico, sino que también considera todas las fases del proyecto. Sin embargo, busca diferenciarse de la gestión de proyectos tradicionales con el PMI y propone otro sistema al que llama Lean Project Delivery System (LPDS). El LPDS está alineado a los principios y fundamentos que propone la filosofía Lean por lo que se pretende generar valor y reducir pérdidas desde la concepción misma del proyecto hasta la fase de funcionamiento.

Las características fundamentales del modelo LPDS son las siguientes:

- ❖ El proyecto se organiza y gestiona como un proceso generador de valor.
- ❖ Los agentes que intervienen a posterior se involucran también en la planificación inicial y en el diseño por medio de equipos multifuncionales.

- ❖ El control del proyecto tiene una función ejecutiva, en oposición a la clásica detección posterior.
- ❖ La optimización de esfuerzos se centran en conseguir un flujo de trabajo fiable, en contraste con el incremento de productividad.
- ❖ Las técnicas pull (de empuje) se utilizan para manejar el flujo de información y de materiales a través de las redes de especialistas.
- ❖ Los colchones de capacidad y de almacén se utilizan para adsorber variaciones.
- ❖ Los ciclos de retroalimentación se incorporan en cada nivel, de modo que puedan realizar ajustes rápidos.

El Lean Project Delivery System, propone gestionar los proyectos de construcción considerando 5 fases y 13 módulos, para ello recomiendan la utilización de conceptos y técnicas destinadas a maximizar el valor para el cliente y minimizar las pérdidas en la producción. Estas pérdidas se originan durante el desarrollo de todas las fases del proyecto, tales como, diseño, abastecimiento y construcción; la práctica evidencia que una de las causas es la falta de integración de los datos e información entre dichas fases. (Orihuela Pablo , 2011).

El modelo LPDS está organizado en cinco fases: definición, diseño, suministro, ensamblaje y uso; que a su vez incluyen once módulos o etapas: objetivos, criterios de diseño, conceptos de diseño, diseño de procesos, diseño del producto, ingeniería de detalle, fabricación y logística, instalación, puesta en marcha, operación y mantenimiento y final de vida útil. Al mismo tiempo, cubriendo todas las etapas y fases, se extiende el módulo de control de producción y el módulo de estructuración

del trabajo. Además el módulo de evaluación post-ocupacional une el final de un ciclo con el siguiente generando un aprendizaje por retroalimentación.

2.2.1.4. Sectorización y tren de actividades

Podemos definir la sectorización como el 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 en la construcción se hace con la finalidad de dividir el trabajo en parte más manejable y poder formar lo que llamamos el tren de trabajo, y con esto se podrá separar las cuadrillas por especialidad y optimizar los rendimientos de cada cuadrilla haciendo uso de la curva de aprendizaje.

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, Abner, 2014).

Los trenes de actividades son una herramienta para administrar actividades repetitivas y secuenciales, tales como montajes de líneas de transmisión, estructuras de edificaciones, tendidos de tuberías, etc. En un tren de actividades, estas van conectadas como “vagones” se logra que las holguras se reduzcan a cero, se debe partir los volúmenes de trabajo en porciones pequeñas (sectorización) más manejables.

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

- ❖ Aumenta la productividad.
- ❖ Al ser una actividad repetitiva y retroalimentaría se mejora la curva de aprendizaje.
- ❖ Al ser una misma actividad que se repite se sabe los rendimientos reales y por consecuente el avance y los gastos de insumos diarios.
- ❖ Al tener un flujo de actividades programado se puede saber el avance en un día determinado.
- ❖ Al tener la cuadrilla especializada se reducen los errores.

2.2.1.5. Buffers

Buffer es un término inglés que no forma parte del diccionario de la Real Academia Española (RAE) pero que tiene un uso frecuente en nuestro idioma. (Definición.com, 2017).

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, que se tiene como alternativa para contrarrestar los efectos negativos de la variabilidad en la construcción. (Guzmán Tejada, Abner, 2014).

Los buffers pueden clasificarse en los siguientes ítems:

- ❖ Buffer de Inventario: Se entiende el tener una cantidad mayor a la necesaria de materiales y/o equipos para evitar que el flujo se detenga ante la falla de abastecimiento de insumos.
- ❖ Buffer de Tiempo: Es generar un colchón de tiempo para que el proyecto pueda terminar en la fecha establecida ante un evento imprevisto (clima, política, etc).
- ❖ Buffer de Capacidad: Son actividades o partidas no críticas en las cuales se puedan trabajar en caso de que una actividad crítica y/o

insumos propios queden remanentes de personal y/o materiales para que no sean desperdiciados.

2.2.1.6. Last Planner system

El Last planner system es una herramienta de la filosofía Lean construction 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. (Guzmán Tejada, Abner, 2014).

El Last Planner System o sistema de último 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 se transmite efectivamente a los trabajadores de campo. Adicionalmente la función del ultimo planificador es lograr que lo que “queremos” hacer conocida con lo que “podemos” hacer y finalmente ambas se conviertan en lo que “vamos” a hacer.

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. (Ballard Herman Glenn, 1994).

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. (Alarcón L., 2005).

A continuación los distintos niveles de programación en los que se divide la planificación de las tareas para llevar a cabo su aplicación.

- ❖ Planificación maestra: se define las tareas que se “deberían” hacer e incorpora la planificación de todas y cada de las actividades del proyecto. En él se establecen las relaciones en el tiempo y en el espacio entre las diferentes actividades programadas, fijando los hitos parciales exigidos para el cumplimiento de los plazos establecidos y definiendo el alcance y los plazos de las entregas parciales si las hubiese (por ejemplo bloques independientes, accesos, zonas comunes, etc.).
- ❖ Planificación por fase: Es el segundo nivel de planificación y es necesario realizarlo cuando los proyectos son largos y complejos. La planificación maestro puede dividirse en fases, con actividades que se exploran como conjunto de tareas que cubren la duración completa de la actividad y en que cada grupo de trabajo necesita ser realizado en una proximidad. La planificación por fase no siempre es necesario en

proyectos simples o pequeños, pero cumple una función que no debe ser ignorada en proyectos de mayor tamaño.

- ❖ **Planificación Look Ahead:** profundiza en la planificación de las actividades a medio plazo basado en la planificación por fase, que indica todas las actividades a ser ejecutadas en la próximas semanas (el número de semanas puede variar dependiendo de la variabilidad y el tiempo necesario de cada actividad). El Look ahead es actualizado cada semana y siempre se identifica las actividades nuevas que ingresan al plan 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.
- ❖ **Inventario de trabajo ejecutable:** cuando liberamos las restricciones de alguna actividad, esta pasa automáticamente a una lista de actividades que podemos ejecutar. 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 solo pueden haber tareas de las semanas futuras, sino que también pueden haber tareas que se debían o podían haber ejecutado en la semana en curso; pero que no se hicieron al no ser consideradas críticas.
- ❖ **Programación Semanal:** Es una programación de corto plazo que se desprende del look ahead 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 pueden contar con los recursos

necesarios, es decir se toman las actividades que fueron liberadas de restricciones y por lo tanto formaban parte del ITE.

2.2.2. Costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción

2.2.2.1. Costos y tiempos

El costo o coste es el gasto económico que representa la fabricación de un producto o la prestación de un servicio. Al determinar el costo de producción, se puede establecer el precio de venta al público del bien en cuestión (el precio al público es la suma del costo más el beneficio).

El costo de un producto está formado por el precio de la materia prima, el precio de la mano de obra directa empleada en su producción, el precio de la mano de obra indirecta empleada para el funcionamiento de la empresa y el costo de amortización de la maquinaria y de los edificios. (Definición.com, 2017).

Los costos se generan dentro de la empresa privada y está considerado como una unidad productora. El término costo ofrece múltiples significados y hasta la fecha no se conoce una definición que abarque todos sus aspectos. Su categoría económica se encuentra vinculada a la teoría del valor, "Valor Costo" y a la teoría de los precios, "Precio de costo".

El término "costo" tiene las acepciones básicas:

- ❖ La suma de esfuerzos y recursos que se han invertido para producir una cosa.
- ❖ Lo que es sacrificado o desplazado en el lugar de la cosa elegida.

Se conoce como tiempo a la duración de las cosas sujetas a cambio que determinan las épocas, períodos, horas, días, semanas, siglos, etcétera. Esta palabra procede del latín “*tempus*”. El tiempo es un concepto amplio que se aplica en diversos contextos. En relación a la definición dada anteriormente, el tiempo puede ser visto como la magnitud física que permite secuenciar hechos y determinar momentos y cuya unidad de medida es el segundo. Como tal, la expresión tiempo se utiliza para referirse a un determinado periodo, por lo que posee la habilidad de transportar a un individuo al pasado, presente y futuro. En este sentido, el tiempo es también la época durante la que sucede o sucedió algo o en la cual vive, vivió o sucede alguna cosa a una persona. (Significados.com, 2015).

2.2.2.2. Encofrado, acero y concreto

Encofrado

Equipo de trabajo utilizado en la construcción de estructuras de hormigón, consistente en moldes de madera o de metal destinados a contener el hormigón hasta su endurecimiento o fraguado. Tipología puede ser Horizontal (destinado al encofrado de vigas, forjados y losas), y Vertical (destinado al encofrado de muros, pilares, pilas, etc.).

El encofrado o formaleteado, es un molde de madera o acero y tienen por objetivo contener la armadura y el concreto durante el proceso de fraguado. Gracias a las propiedades mecánicas de la pasta de concreto es posible crear una gran cantidad de elementos de distintas formas con fines estructurales o arquitectónicos. (ARQHYS.ARQUITECURA, 2016).

Pero es necesario contener la mezcla durante el proceso de endurecimiento para generar la forma final que tendrá el elemento. Para la fabricación de un encofrado, es necesario contar con la madera o acero adecuado para esta aplicación y darle un correcto soporte. Durante el proceso de vaciado el concreto genera fuerzas de presión contra los elementos que lo confinan y si esta es mayor que la capacidad de estos o sus soportes, puede generar deformaciones en el encofrado que quedarán impresas en el elemento o en casos extremos la destrucción del encofrado lo significaría la pérdida del concreto utilizado. Dentro del encofrado es colocada la armadura o canasta de refuerzo, para quedar embebida en el elemento una vez fraguado.

Para una correcta colocación de esta armadura y para dejar los recubrimientos necesarios la canasta se debe separar de los bordes y en inferior utilizar separadores de concreto (helados), estos son fabricados de concreto, normalmente extruidos por un tubo, no es conveniente utilizar madera, pedazos de bloques u otros elementos que puede reducirnos la capacidad del concreto.

Acero

El acero es una aleación de hierro con una cantidad de carbono que puede variar entre 0,03% y 1,075% en peso de su composición, dependiendo del grado. Acero no es lo mismo que hierro. Y ambos materiales no deben confundirse. El hierro es un metal relativamente duro y tenaz, con diámetro atómico (dA) de 2,48 Å, con temperatura de fusión de 1535 °C y punto de ebullición 2740 °C. (Alacero, 2017).

La diferencia principal entre el hierro y el acero se halla en el porcentaje de carbono: el acero es hierro con un porcentaje de carbono de entre el 0,03% y el 1,075%. El acero conserva las características metálicas del hierro en estado puro, pero la adición de carbono y de otros elementos tanto metálicos como no metálicos mejora sus propiedades físico-químicas, sobre todo su resistencia. Existen muchos tipos de acero según el/los elemento/s aleante/s que estén presentes. Cada tipo de acero permitirá diferentes aplicaciones y usos, lo que lo hace un material versátil y muy difundido en la vida moderna, donde podemos encontrarlo ampliamente.

Los dos componentes principales del acero se encuentran en abundancia en la naturaleza. El acero se puede reciclar indefinidamente sin perder sus atributos, lo que favorece su producción a gran escala. Esta variedad y disponibilidad lo hace apto para

numerosos usos como la construcción de maquinaria, herramientas, edificios y obras públicas, aeronáutica, industria automotriz, instrumental médico, etc... contribuyendo al desarrollo tecnológico de las sociedades industrializadas, pues ningún material logra igualarlo cuando se trata de resistencia al impacto o la fatiga. (Alacero, 2017).

El acero es una aleación basada en hierro, que contiene carbono y pequeñas cantidades de otros elementos químicos metálicos. Generalmente el contenido de carbono oscila entre el 0.05% y el 1.7% de aleación, es decir, es una aleación hierro carbono con otros componentes (magnesio, silicio, fósforo y azufre) que ayudan a definir su potencial de propiedades físico-químicas de las cuales depende su comportamiento mecánico.

El acero para reforzar concreto se utiliza en distintas formas; la más común es la barra o varilla que se fabrica tanto de acero laminado en caliente, como de acero trabajado en frío. Generalmente el tipo de acero se caracteriza por el límite de esfuerzo de fluencia. Las barras laminadas en caliente pueden obtenerse con límites de fluencia desde 2300 hasta 4200 kg/cm². El acero trabajado en frío alcanza límites de fluencia de 4000 a 6000 kg/cm².

El acero es un material que tiene mucha mayor resistencia que el concreto. Numéricamente el acero tiene una resistencia a compresión del orden 10 veces mayor que el concreto y a tracción la relación es de 100 veces mayor. El costo del acero es mucho mayor que el concreto, por lo tanto la combinación de ambos es un balance adecuado para fabricar elementos resistentes y económicos.

Concreto

Es la unión de cemento, agua, aditivos, grava y arena lo que nos da una mezcla llamada concreto. El cemento representa sólo el 15% en la mezcla del concreto por lo que es el que ocupa menor cantidad en volumen; sin embargo su presencia en la mezcla es esencial. Al concreto se le agrega un aditivo el cual tiene diferentes funciones tales como reducir el agua, acelerar la resistencia e incrementar su trabajabilidad. (Holcim, 2017).

El concreto es un material de uso común, o convencional y se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua, y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo. Al mezclar estos componentes y producir lo que se conoce como concreto, se introduce de manera simultánea un quinto participante representado por el aire.

El concreto es un material duro que tiene similitud a la piedra, que resulta al efectuarse un adecuado mesclado entre cemento, agregados (piedra y arena), agua y aire. A diferencia de las piedras, el concreto puede ser formado de acuerdo a las dimensiones que se necesiten, para dar con estas dimensiones se usan las formas o encofrados.

El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados y convirtiendo todo el aglomerado en una masa sólida. De acuerdo al diseño de mezclas que se use podrá obtenerse diferentes resistencias de concreto.

Influye también en esta característica del concreto, los métodos y eficiencia del curado.

Debido a que el concreto es un elemento resistente a esfuerzos de compresión, teniendo en cambio muy poca resistencia a esfuerzos de tracción y flexión, es que se introduce el acero como parte complementaria para tomar esfuerzos en los cuales el concreto no actúa óptimamente.

2.3. Definición de términos

- ❖ **Lean Construction.-** El Lean Construction está basado en la gestión de proyectos de construcción siguiendo los principios de la mejora continua y el Lean Manufacturing. Este novedoso método Lean tiene como objetivo la mejora continua, minimizar las pérdidas y maximizar el valor del producto final, diseñado conjuntamente con el cliente. A partir de la aplicación de técnicas que incrementan la productividad de los procesos de construcción, conseguimos mejorar la rentabilidad total del proyecto y eliminar los desperdicios, o "todo aquello que no agrega valor al producto final". Además, el rendimiento de los sistemas de planificación y control son medidos y mejorados.

- ❖ **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”.

- ❖ **Edificaciones.-** Las edificaciones son obras que diseña, planifica y ejecuta el ser humano en diferentes espacios, tamaños y formas, en la mayoría de los casos para habitarlas o usarlas como espacios de resguardo. ... Dependiendo del uso que se le dé a la edificación, diversos serán los procedimientos de construcción.

- ❖ **Construcciones.-** Es una palabra originaria del latín con componentes léxicos como el prefijo “con” que quiere decir completamente o globalmente; y “estruere” que significa juntar o amontar, más el sufijo “cion” que es acción y efecto. Por lo tanto la palabra construcción hace alusión a la acción y el efecto de construir o el arte de construir. O sea se refiere a diversas estructuras creada por el hombre mayormente de gran tamaño, como un edificio, una casa entre otros, utilizando diversos materiales u elementos como los cimientos, la estructura, los muros exteriores las separaciones interiores etc., que ayudan a facilitar dicha creación.

- ❖ **Acero:** El acero es un metal que se deriva de la aleación entre el hierro y el carbono. Se caracteriza por su resistencia y porque puede ser trabajado en caliente, es decir solamente en estado líquido. Una vez que se endurece, su manejo es casi imposible. Los dos elementos que componen el acero (hierro y carbono) se encuentran en la naturaleza, por lo que resulta positivo al momento de producirlo a gran escala.

- ❖ **Concreto:** es un material compuesto constituido por un material cementante, agua y agregado. El cemento normalmente portland, una vez hidratado genera adhesión química entre los componentes. Por lo general el agregado representa entre el 60 al

75 % del volumen total del concreto estructural, el cemento entre un 7 a 15% y el aire atrapado entre 1 al 3%.

❖ **Planificación:** La planificación, la planeación o el planeamiento, es el proceso metódico diseñado para obtener un objetivo determinado. En el sentido más universal, implica tener uno o varios objetivos a realizar junto con las acciones requeridas para concluirse exitosamente. Otras definiciones, más precisas, incluyen “La planificación es un proceso de toma de decisiones para alcanzar un futuro deseado, teniendo en cuenta la situación actual y los factores internos y externos que pueden influir en el logro de los objetivos”. Va de lo más simple a lo complejo, dependiendo el medio a aplicarse. La acción de planear en la gestión se refiere a planes y proyectos en sus diferentes ámbitos, niveles y actitudes.

2.4. Formulación de la hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Las herramientas Lean Construction influyen los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.

2.4.2. Hipótesis específico

1. La productividad influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017

2. La variabilidad influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.
3. El lean project delivery system influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.
4. La sectorización y tren de actividades influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.
5. Los buffers influyen en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.
6. El Last Planner system influyen en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.

2.5. Operacionalización de variables

Variables	Concepto	Dimensiones	Indicadores	Ítem
Herramientas Lean Construction	Es un enfoque dirigido a la gestión de proyectos de construcción. Se originó en el Lean Production Management, el cual produjo una revolución en el diseño y producción industrial en el siglo XX. Este ha cambiado la forma de construir los proyectos. Este enfoque maximiza el valor y minimiza las pérdidas de los proyectos, mediante la aplicación de técnicas conducentes al incremento de la productividad de los procesos de construcción. (Lean Construction Enterprise, 2017).	Productividad	<ul style="list-style-type: none"> Trabajo productivo(TP) Trabajo contributivo Trabajo no contributivo 	<p>¿Cree usted que el trabajo es productivo con la herramienta lean Construction?</p> <p>¿Considera usted tener un trabajo contributivo con la herramienta lean Construction?</p> <p>¿Cree usted que el trabajo no contributivo se evita con la herramienta lean Construction?</p>
		Variabilidad	<ul style="list-style-type: none"> Variabilidad de flujo Variabilidad de proceso 	<p>¿Cree usted que la variabilidad de flujo se reduce con el uso de la herramienta lean Construction?</p> <p>¿Considera usted que la variabilidad de proceso se reduce con el uso de la herramienta lean Construction?</p>
		Lean project delivery system	<ul style="list-style-type: none"> Definición del proyecto Diseño Lean Abastecimiento lean Ensamblaje lean y Ejecución lean (Uso) 	<p>¿Cree usted que la fase de definición del proyecto ayuda a la mejora de aplicación de la herramienta lean Construction?</p> <p>¿Considera usted que la fase de diseño lean contribuye en la eficiencia de la herramienta lean Construction.</p> <p>¿Considera usted que la fase de abastecimiento Lean Construction permite maximizar los recursos empleados en la ejecución de proyectos?</p> <p>¿Considera usted que la fase de ensamblaje y ejecución lean es la expresión de un resultado formidable del proyecto?</p>
		Sectorización y tren de actividades	<ul style="list-style-type: none"> Sectorización Tren de actividades 	<p>¿Considera usted que la sectorización permite mayor rendimiento en la aplicación de lean Construction?</p> <p>¿Considera usted que la aplicación de la metodología tren de actividades permite la efectividad en el desarrollo del proyecto en la construcción de edificaciones?</p>
		Buffers	<ul style="list-style-type: none"> Buffer de Inventario Buffer de tiempo 	<p>¿Usted considera que el buffer de inventario permite controlar el stock de los materiales utilizadas para las edificaciones?</p>

			<ul style="list-style-type: none"> • Buffer de capacidad 	<p>¿Considera usted que la aplicación buffer de tiempo permite alcanzar eficientemente ejecución y entrega de proyectos?</p> <p>¿Cree usted que la aplicación de buffer de capacidad permite la mejor utilización de los materiales de construcción de manera ordenada y sin la depreciación?</p>
		Last Planner system	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación maestra • Planificación por fase • Planificación Look Ahead • Inventario de trabajo ejecutable • Programacion semanal 	<p>¿Considera Usted que la planificación maestra es una herramienta útil para los proyectos de construcción de edificaciones?</p> <p>¿Cree usted que la planificación por fase es una herramienta de gran utilidad para ingenieros civiles en la ejecución de los proyectos de edificaciones?</p> <p>¿Considera Ud. Que el Look Ahead permite controlar y superar las imprevisiones que pudieran surgir en el desarrollo de los proyectos de edificaciones?</p> <p>¿El inventario del trabajo ejecutable es esencial en la aplicación de Lean Construction?</p> <p>¿Considera usted que la programación semanal permite medir el grado de avance de los proyectos de planificados en función a los buffers de tiempo.</p>
Costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto	El costo, también llamado coste, es el gasto económico ocasionado por la producción de algún bien o la oferta de algún servicio. Este concepto incluye la compra de insumos, el pago de la mano de trabajo, los gastos en las producción y administrativos, entre otras actividades. (Concepto.de, 2017).	Costos y tiempos	<ul style="list-style-type: none"> • Costos • Tiempos 	<p>¿Considera usted que a la aplicación de Lean Construction permite reducir los costos en la ejecución de los proyectos de edificaciones?</p> <p>¿La aplicación de la herramienta Lean Construction permite mejorar los tiempos en la ejecución de los proyectos?</p>
		Encofrado, acero y concreto	<ul style="list-style-type: none"> • Encofrado • Acero • Concretos 	<p>¿Considera usted que en el proceso de encofrado es de gran utilidad la aplicación de la herramienta Lean Construction?</p> <p>¿Considera usted que la utilización de Lean Construction permite optimizar la utilización o distribución del Acero en las construcciones de edificaciones?</p> <p>¿Considera usted que el empleo de la herramienta Lean Construction permite medir, colocar y reducir el desperdicio de la cantidad de concreto que se requiere en las edificaciones de infraestructura?</p>

CAPÍTULO III:

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diseño metodológicos

El diseño metodológico es no experimental, porque se realiza sin manipular deliberadamente la variable y los que se observan los fenómenos en un ambiente naturales y para después analizarlos. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, Pág. 58)

Es una investigación de corte transversal correlacional porque los datos se recolectaran en un único momento, su propósito es describir la variable y su dimensiones cada una de ellas y las diferencia preferenciales en un momento dado. (Hernández, Fernández y Baptista 2003, Pág. 270).

3.2. Enfoque de investigación

Enfoque de la investigación cuantitativo por cuanto habrá una descripción de la fenomenología del problema y asimismo, se utilizará la recolección y análisis de datos para la demostración del establecimiento de los objetivos tanto general como los específicos y la mediación numérica, el conteo y frecuentemente el uso de la estadística para establecer con exactitud los patrones de eficacia trabajadores (...). (Hernández, Fernández, y Baptista, 2010, Pag.64).

3.3. Tipos y niveles de investigación

La investigación es aplicada y de nivel descriptivo correlacional, considerando que se describirá a la variable y sus dimensiones. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010. Pág. 63). En este caso se trata de establecer la influencia de la herramienta Lean Construction en la reducción de costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en las edificaciones en la ciudad de Huacho.

3.4. Población

Una población es un conjunto de sujetos o elementos que presentan características comunes. Sobre esta población se realiza el estudio estadístico con el fin de sacar conclusiones. En tal sentido la presente investigación tiene como población 30 personas que conforman el profesional de ingenieros civiles que radican en la ciudad de Huacho.

3.5. Muestra

Una muestra es un subconjunto cualquiera de la población. Para que la muestra nos sirva para extraer conclusiones sobre la población deber ser representativa, lo que se consigue seleccionando sus elementos al azar, lo que da lugar a una muestra aleatoria. Es una parte o porción extraída de un conjunto por métodos que permiten considerarla como representativa del mismo. Entonces, una muestra no es más que una parte de la población que sirve para representarla.

En la presente investigación nuestra población pasar a ser nuestra muestra dado que nuestra población es mínimo en tal sentido nuestra muestra estará compuesto por las 30

personas que conforman el profesional de ingenieros civiles que radican en la ciudad de Huacho.

3.6. Técnicas de recolección de datos

La Técnica de recolección de datos que se utilizara será aplicar un cuestionario anónimo, la cual se validará por Juicio de Expertos, La encuesta por cuestionario. Este instrumento se empleará para evaluar la entrevista no estructurada.

3.7. Técnicas para el procedimiento de la investigación

Recopilación bibliográfica por medio de libros especializados, revistas y navegando por internet para el reajuste pertinente. Elaboración y formulación de los instrumentos de recolección de datos como las encuestas Aplicación de las encuestas.

Organización, procedimiento e interpretación de los datos, utilizando: Cuadros estadísticos, representaciones gráficas lineales, de barras o circulares, Medidas estadísticas descriptivas

CAPÍTULO IV:

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente capítulo presentaremos los resultados del análisis de las dimensiones y medición de los indicadores correspondientes a las variables de objeto de estudio expresados generalmente en cuadros analíticos.

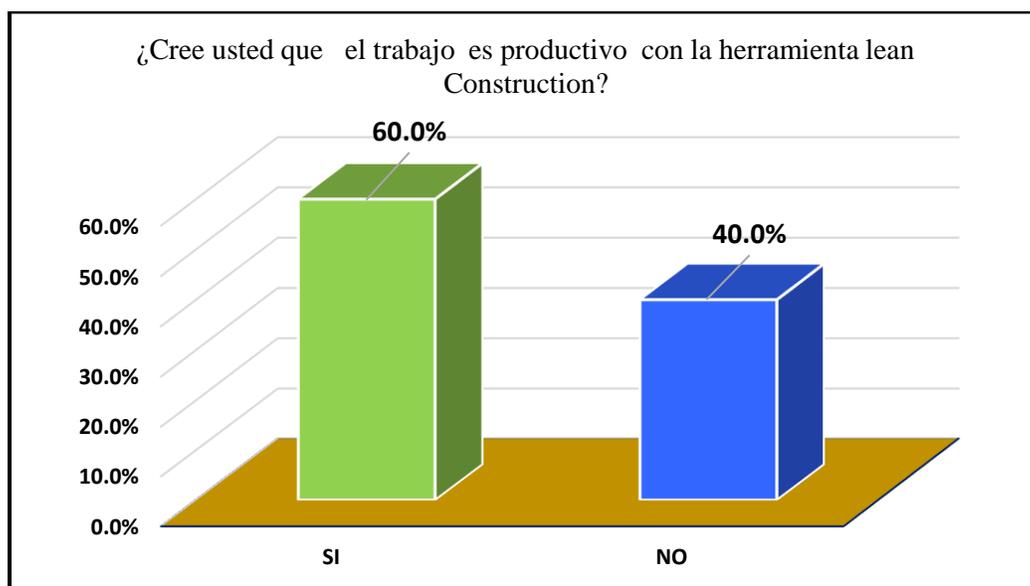
Para lo cual se ha realizado un estudio pormenorizado en las edificaciones de la ciudad de Huacho, así mismo se ha entrevistado y encuestado a los ingenieros civiles, directivos de las constructoras de la ciudad de Huacho, provincia de Huaura y departamento de Lima que nos permite tener una noción objetiva y clara de los beneficios o no beneficios que acarrea el uso de la herramienta Lean Construction. Estos resultados se han expresado en una serie de cuadros estadísticos que presentamos en el presente capítulo. Estos cuadros analíticos han sido interpretados y concluye con la prueba de hipótesis.

4.1. Presentación de cuadros y gráficos

Tabla N° 1

¿Cree usted que el trabajo es productivo con la herramienta lean Construction?	Frecuencia	Porcentaje
SI	18	60.0%
NO	12	40.0%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



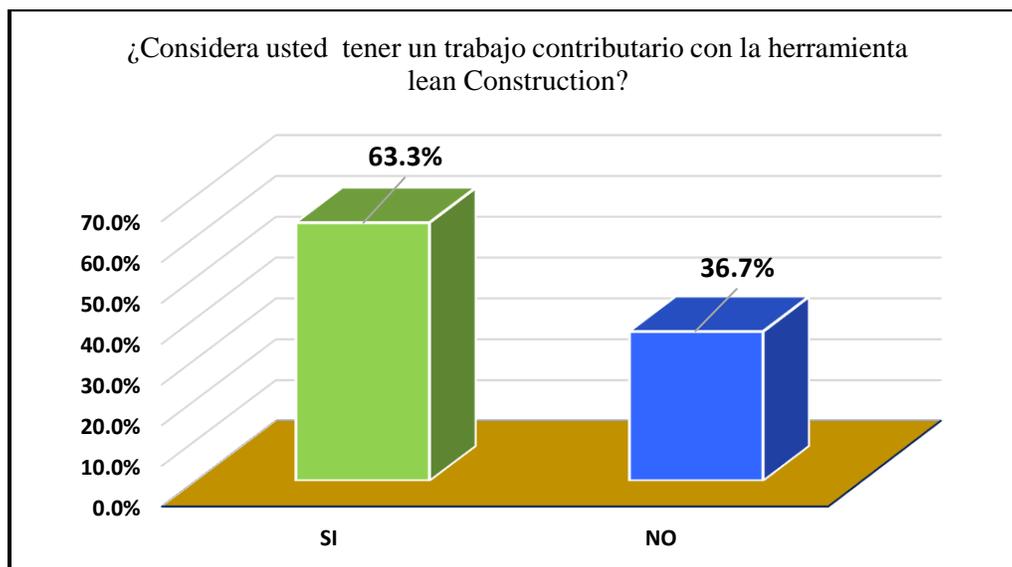
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 1, que representa a la siguiente pregunta ¿Cree usted que el trabajo es productivo con la herramienta lean Construction? Indicaron: un 60% que SI, es más productivo el empleo de Lean Construction y un 40% señalaron que NO, señala que no es productivo.

Tabla N° 2

¿Considera usted tener un trabajo contributivo con la herramienta lean Construction?	Frecuencia	Porcentaje
SI	19	63.3%
NO	11	36.7%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



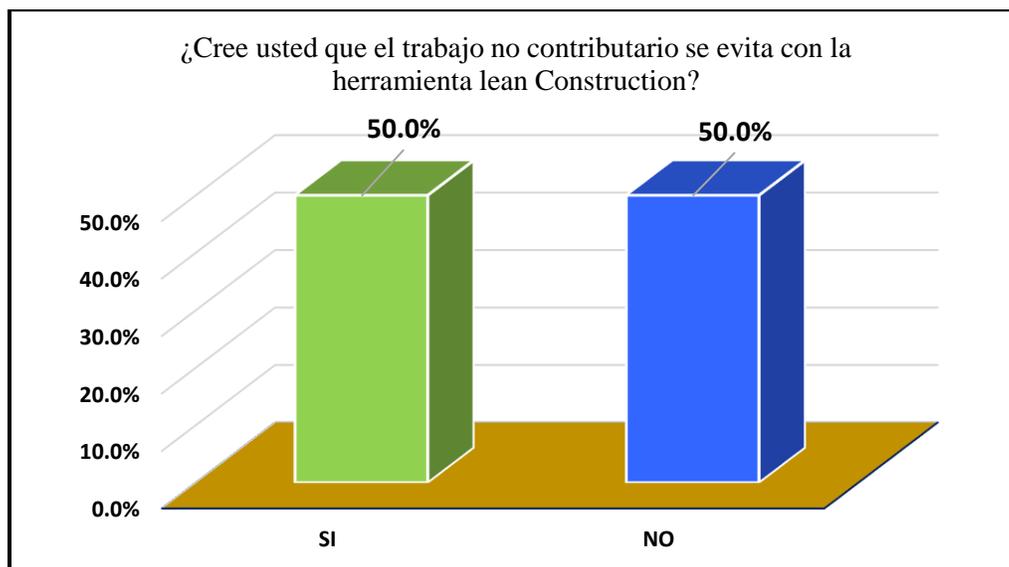
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 02, que representa a la siguiente pregunta ¿Considera usted tener un trabajo contributivo con la herramienta lean Construction? Indicaron: un 63, 3% que SI, contribuye en el trabajo y un 36, 7% señalaron que NO, contribuye en el trabajo en los encofrados, enchapados en las edificaciones de la ciudad de Huacho.

Tabla N° 3

¿Cree usted que el trabajo no contributivo se evita con la herramienta lean Construction?	Frecuencia	Porcentaje
SI	15	50.0%
NO	15	50.0%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



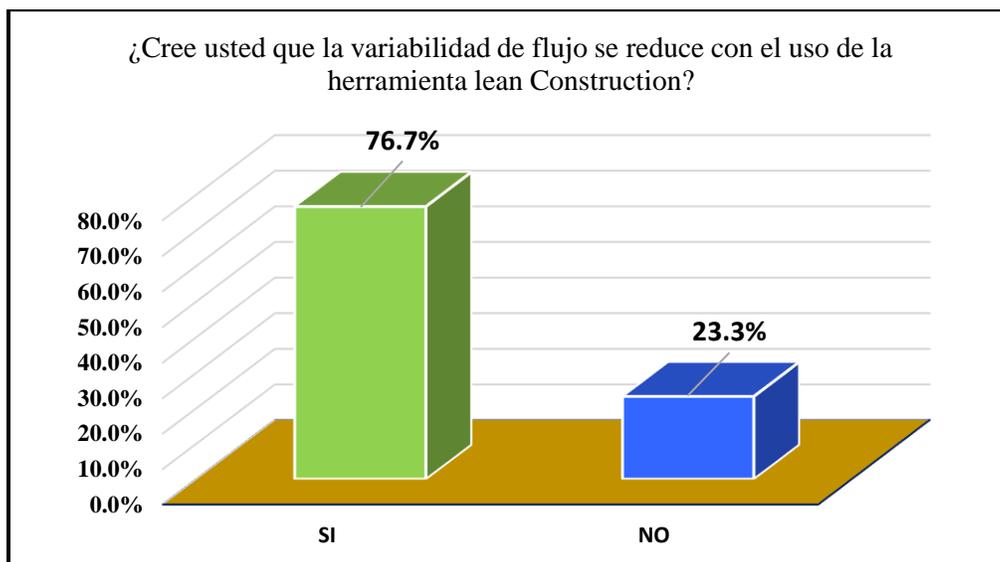
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 03, que representa a la siguiente pregunta ¿Cree usted que el trabajo no contributivo se evita con la herramienta lean Construction? Indicaron: un 50, 0% que SI, y un 50, 0% señalaron que NO.

Tabla N° 4

¿Cree usted que la variabilidad de flujo se reduce con el uso de la herramienta lean Construction?	Frecuencia	Porcentaje
SI	23	76.7%
NO	7	23.3%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



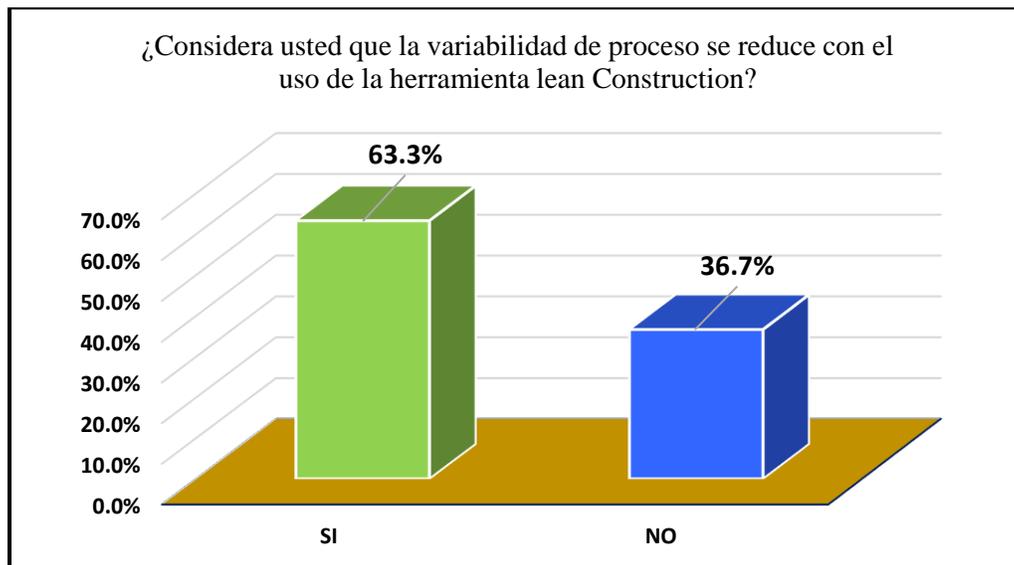
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 04, que representa a la siguiente pregunta ¿Cree usted que la variabilidad de flujo se reduce con el uso de la herramienta lean Construction? Indicaron: un 76, 7% que SI, considera que la variabilidad de flujo se reduce con el uso de la herramienta Lean Construction y un 23, 3% señalaron que NO.

Tabla N° 5

¿Considera usted que la variabilidad se reduce con el uso de la herramienta lean Construction?	Frecuencia	Porcentaje
SI	23	76.7%
NO	7	23.3%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



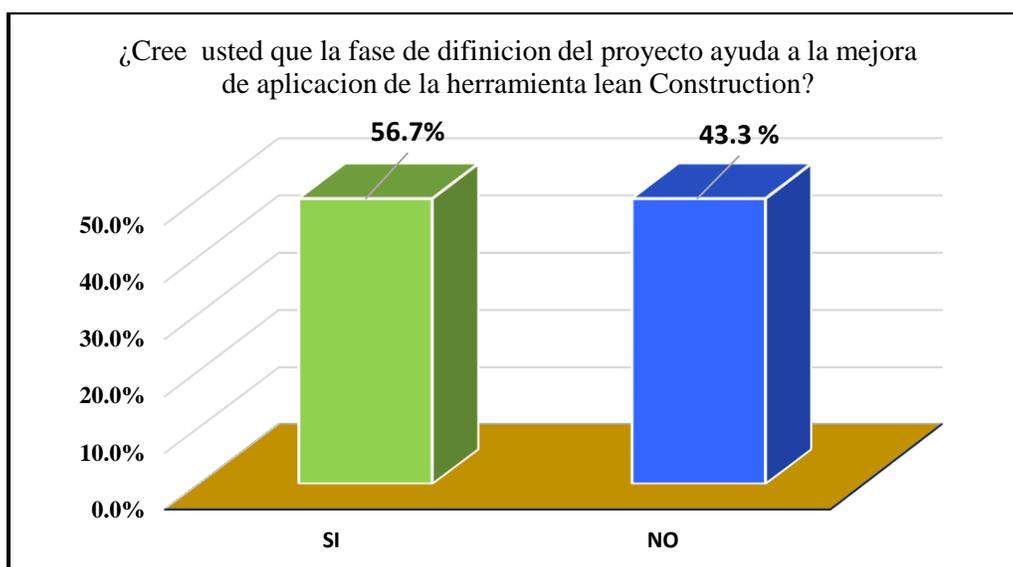
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 05, que representa a la siguiente pregunta ¿Considera usted que la variabilidad de proceso se reduce con el uso de la herramienta lean Construction? Indicaron: un 63, 3% que SI, considera que la variabilidad de proceso es una herramienta útil y un 36, 7% señalaron que NO.

Tabla N° 6

¿Cree usted que la fase de definición del proyecto ayuda a la mejora de aplicación de la herramienta lean Construction?	Frecuencia	Porcentaje
SI	17	56.7%
NO	13	43.3%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



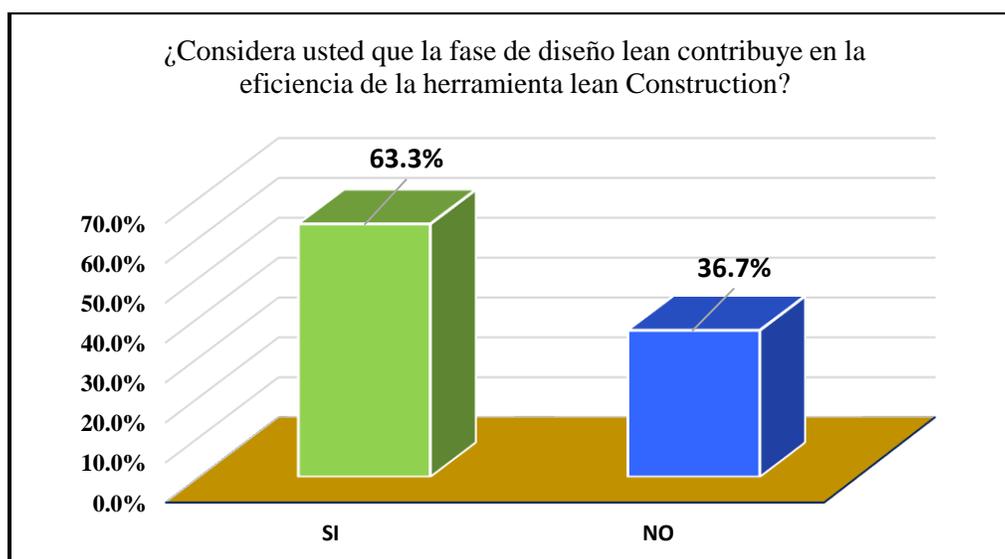
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 06, que representa a la siguiente pregunta ¿Cree usted que la fase de definición del proyecto ayuda a la mejora de aplicación de la herramienta lean Construction? Indicaron: un 56, 7% que SI, considera que la definición del proyecto ayuda a la mejora de aplicación de la herramienta Lean Construction y un 43, 3% señalaron que NO, que no ayuda en la mejora de la aplicación de la herramienta Lean Construction.

Tabla N° 7

¿Considera usted que la fase de diseño lean contribuye en la eficiencia de la herramienta lean Construction?	Frecuencia	Porcentaje
SI	19	63.3%
NO	11	36.7%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



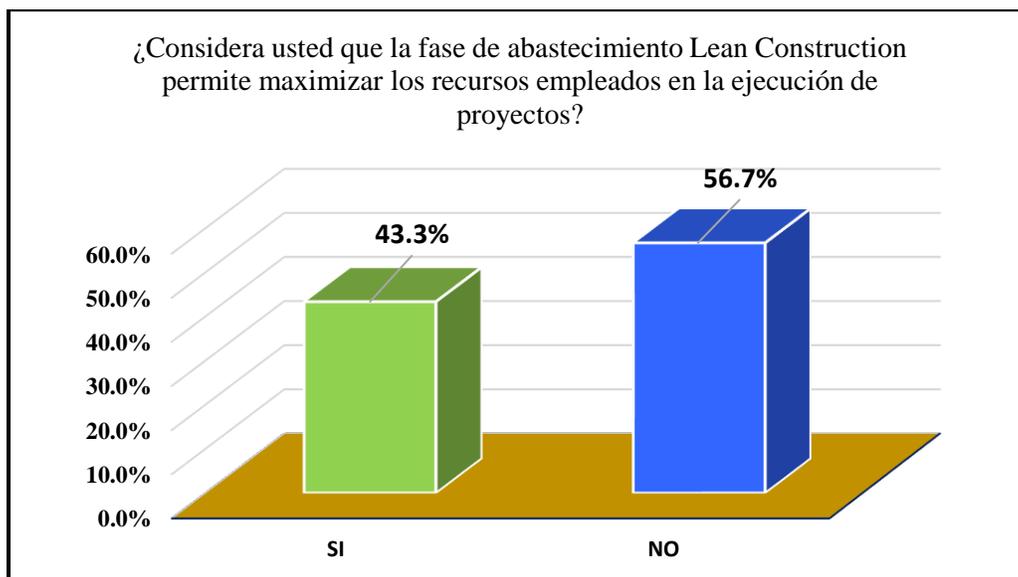
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 07, que representa a la siguiente pregunta ¿Considera usted que la fase de diseño lean contribuye en la eficiencia de la herramienta lean Construction? Indicaron: un 63,3% que SI, que el diseño contribuye en la eficiencia de la herramienta lean Construction y un 36, 7% señalaron que NO, contribuye en la eficiencia de la herramienta lean Construction en la colocación de encofrados, acero y concreto en las edificaciones de la ciudad de Huacho.

Tabla N° 8

¿Considera usted que la fase de abastecimiento Lean Construction permite maximizar los recursos empleados en la ejecución de proyectos?	Frecuencia	Porcentaje
SI	13	43.3%
NO	17	56.7%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



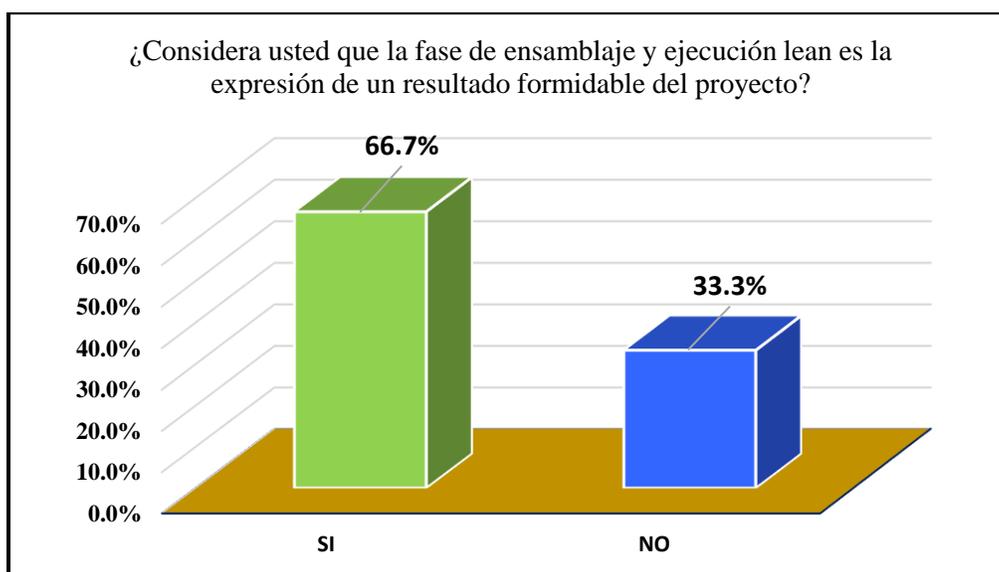
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 08, que representa a la siguiente pregunta ¿Considera usted que la fase de abastecimiento Lean Construction permite maximizar los recursos empleados en la ejecución de proyectos? Indicaron: un 43,3% que SI, considera que la etapa de abastecimiento Lean Construction permite maximizar los recursos empleados en la ejecución de proyectos y un 56,7% señalaron que NO.

Tabla N° 9

¿Considera usted que la fase de ensamblaje y ejecución lean es la expresión de un resultado formidable del proyecto?	Frecuencia	Porcentaje
SI	20	66.7%
NO	10	33.3%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



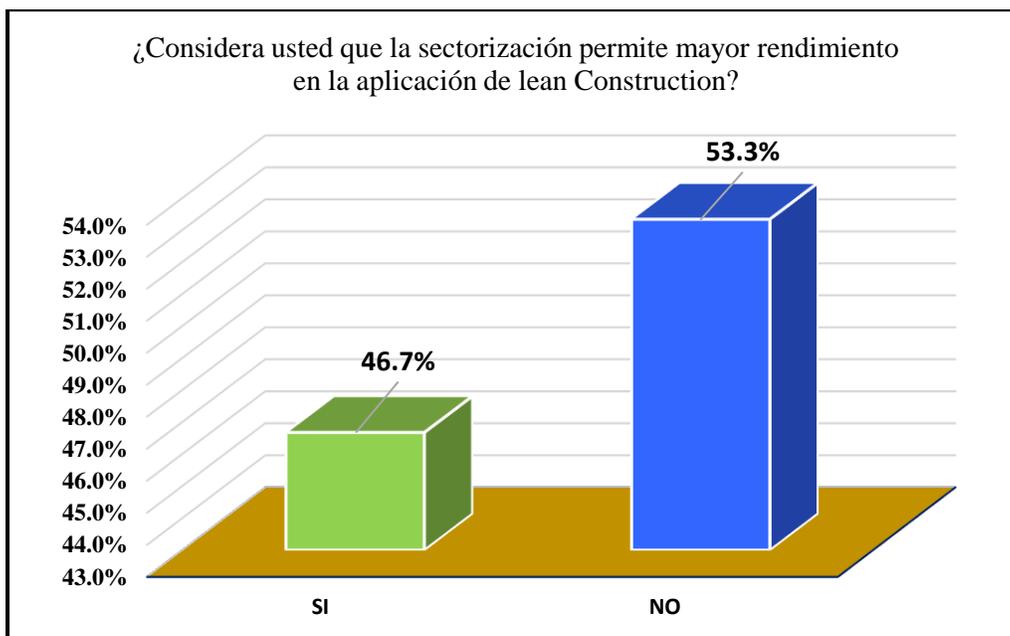
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 09, que representa a la siguiente pregunta ¿Considera usted que la fase de ensamblaje y ejecución lean es la expresión de un resultado formidable del proyecto? Indicaron: un 66, 7% que SI, Considera usted que la etapa ejecución lean es la expresión de un resultado formidable del proyecto y un 33, 3% señalaron que NO.

Tabla N° 10

¿Considera usted que la sectorización permite mayor rendimiento en la aplicación de lean Construction?	Frecuencia	Porcentaje
SI	14	46.7%
NO	16	53.3%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



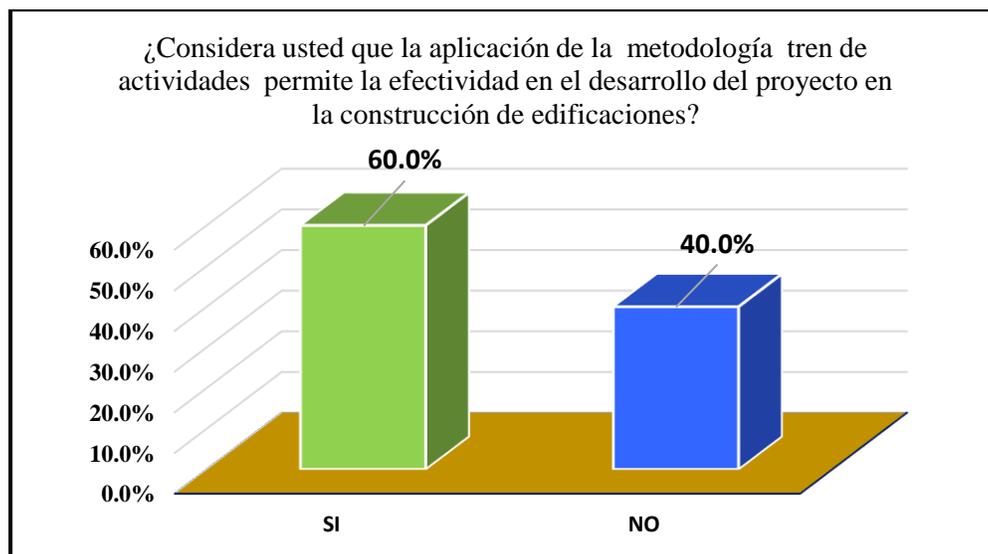
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 10, que representa a la siguiente pregunta ¿Considera usted que la sectorización permite mayor rendimiento en la aplicación de lean Construction? Indicaron: un 46, 7% que SI, Considera usted que la sectorización permite mayor rendimiento y un 53, 3% señalaron que NO.

Tabla N° 11

¿Considera usted que la aplicación de la metodología tren de actividades permite la efectividad en el desarrollo del proyecto en la construcción de edificaciones?	Frecuencia	Porcentaje
SI	18	60.0%
NO	12	40.0%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



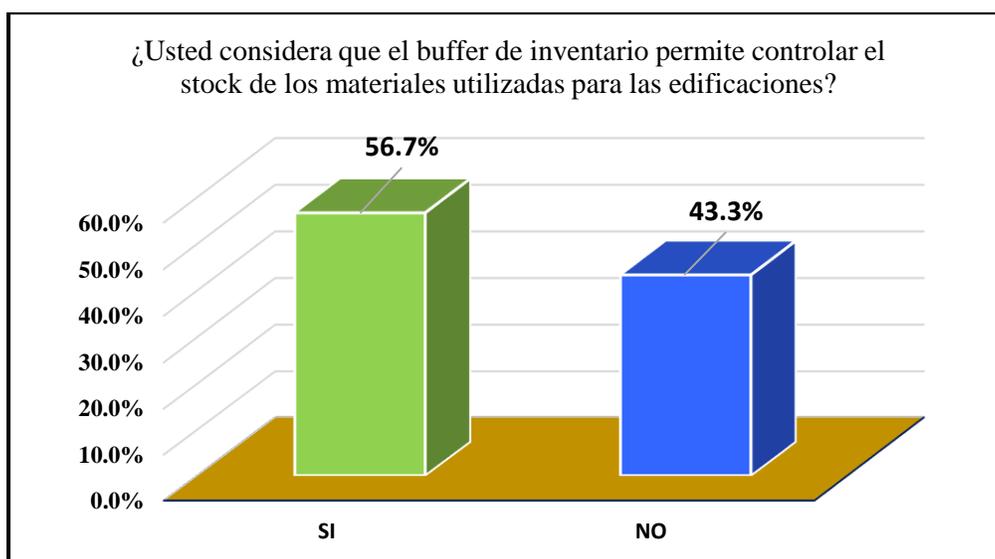
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 11, que representa a la siguiente pregunta ¿Considera usted que la aplicación de la metodología tren de actividades permite la efectividad en el desarrollo del proyecto en la construcción de edificaciones? Indicaron: un 60, 0% que SI, contribuye en el trabajo y un 40, 0% señalaron que NO, contribuye en el trabajo en los encofrados, enchapados en las edificaciones de la ciudad de Huacho.

Tabla N° 12

¿Usted considera que el buffer de inventario permite controlar el stock de los materiales utilizadas para las edificaciones?	Frecuencia	Porcentaje
SI	17	56.7%
NO	13	43.3%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



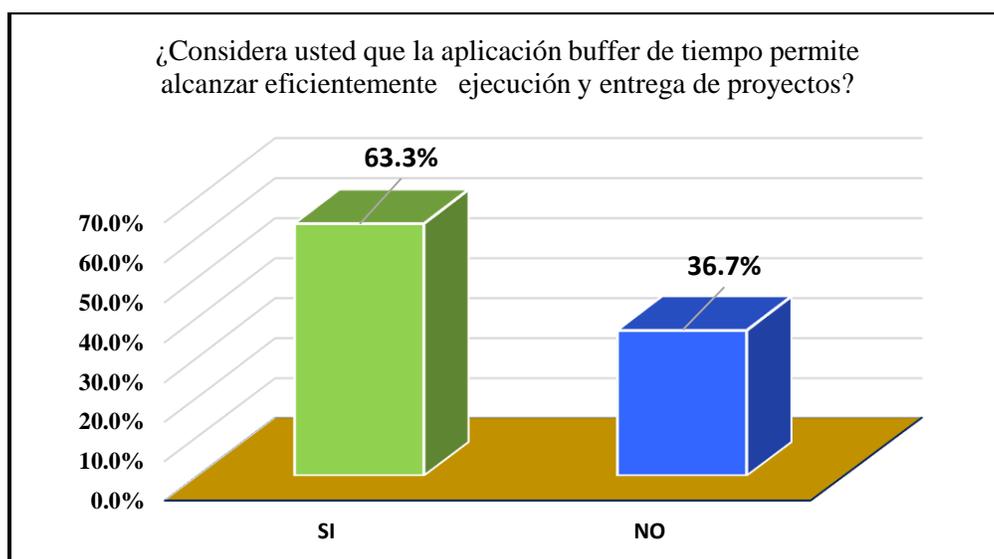
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 12, que representa a la siguiente pregunta ¿Cree usted que la aplicación de buffer de capacidad permite la mejor utilización de los materiales de construcción de manera ordenada y sin la depreciación? Indicaron: un 56, 7% que SI, considera que la aplicación de buffer de capacidad permite la mejor utilización de los materiales de construcción de manera ordenada y sin la depreciación y un 43, 3% señalaron que NO.

Tabla N° 13

¿Considera usted que la aplicación buffer de tiempo permite alcanzar eficientemente ejecución y entrega de proyectos?	Frecuencia	Porcentaje
SI	19	63.3%
NO	11	36.7%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



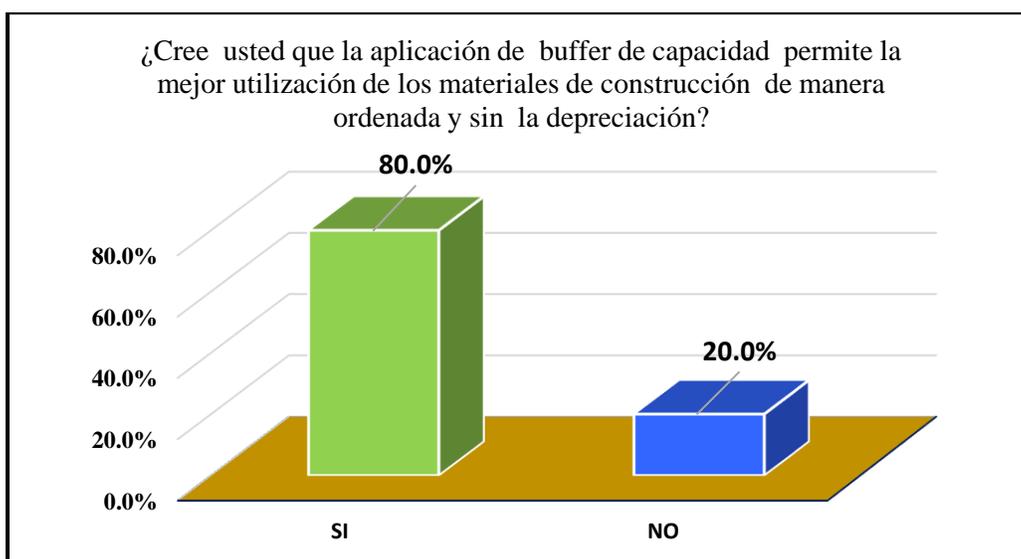
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 13, que representa a la siguiente pregunta ¿Considera usted que la aplicación buffer de tiempo permite alcanzar eficientemente ejecución y entrega de proyectos? Indicaron: un 63, 3% que SI, considera que la aplicación buffer de tiempo permite alcanzar eficientemente ejecución y entrega de proyectos y un 36, 7% señalaron que NO.

Tabla N° 14

¿Cree usted que la aplicación de buffer de capacidad permite la mejor utilización de los materiales de construcción de manera ordenada y sin la depreciación?	Frecuencia	Porcentaje
SI	24	80.0%
NO	6	20.0%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



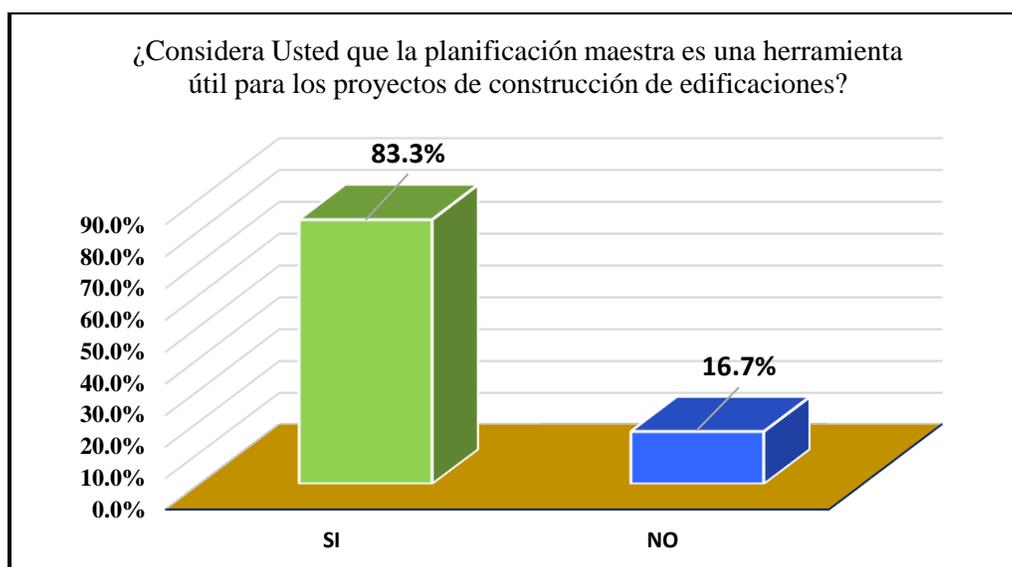
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 14, que representa a la siguiente pregunta ¿Cree usted que la aplicación de buffer de capacidad permite la mejor utilización de los materiales de construcción de manera ordenada y sin la depreciación? Indicaron: un 80, 0% que SI, considera que la aplicación de buffer de capacidad permite la mejor utilización de los materiales de construcción de manera ordenada y sin la depreciación y un 20, 0% señalaron que NO.

Tabla N° 15

¿Considera Usted que la planificación maestra es una herramienta útil para los proyectos de construcción de edificaciones?	Frecuencia	Porcentaje
SI	25	83.3%
NO	5	16.7%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



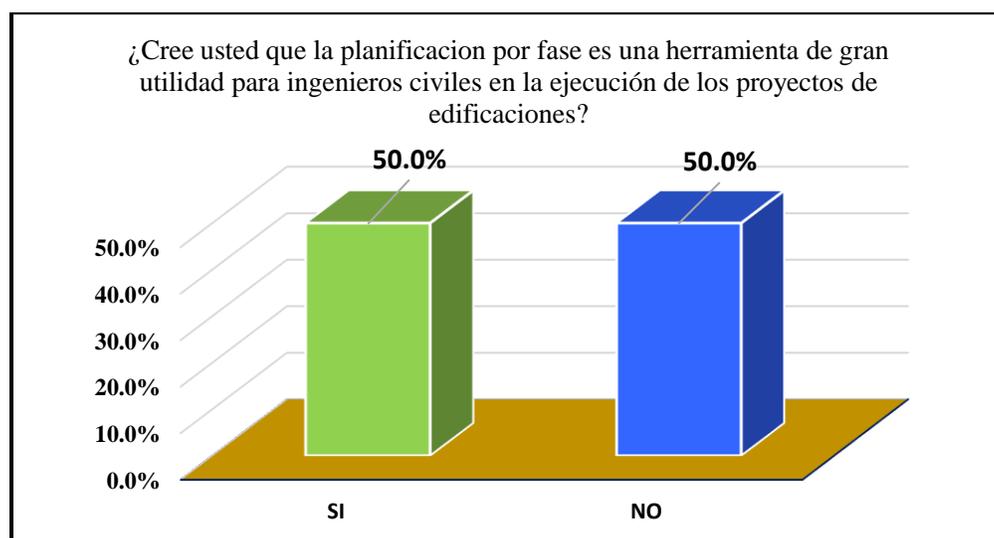
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 15, que representa a la siguiente pregunta ¿Considera Usted que la planificación maestra es una herramienta útil para los proyectos de construcción de edificaciones? Indicaron: un 83.3% que SI, considera que la planificación maestra es una herramienta útil para los proyectos de construcción de edificaciones y un 16.7% señalaron que NO.

Tabla N° 16

¿Cree usted que la planificación por fase es una herramienta de gran utilidad para ingenieros civiles en la ejecución de los proyectos de edificaciones?	Frecuencia	Porcentaje
SI	15	50.0%
NO	15	50.0%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



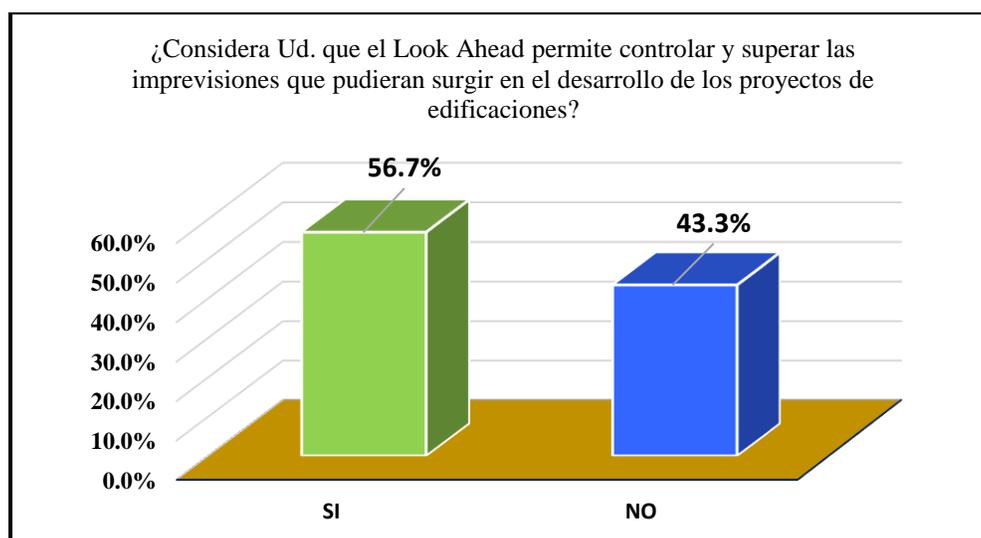
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 16, que representa a la siguiente pregunta ¿Cree usted que la planificación por fase es una herramienta de gran utilidad para ingenieros civiles en la ejecución de los proyectos de edificaciones? Indicaron: un 50, 0% que SI, considera que la planificación por fase es una herramienta de gran utilidad para ingenieros civiles en la ejecución de los proyectos de edificaciones y un 50, 0% señalaron que NO.

Tabla N° 17

¿Considera Ud. Que el Look Ahead permite controlar y superar las imprevisiones que pudieran surgir en el desarrollo de los proyectos de edificaciones?	Frecuencia	Porcentaje
SI	17	56.7%
NO	13	43.3%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



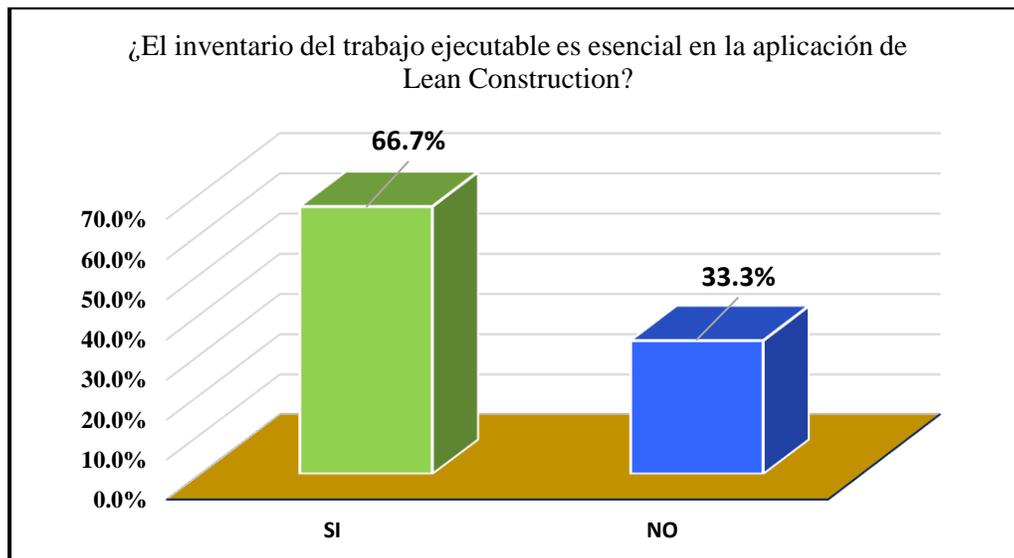
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 17, que representa a la siguiente pregunta ¿Considera Ud. que el Look Ahead permite controlar y superar las imprevisiones que pudieran surgir en el desarrollo de los proyectos de edificaciones? Indicaron: un 56, 7% que SI, consideran que el Look Ahead Plan permite controlar y superar las imprevisiones que pudieran surgir en el desarrollo de los proyectos de edificaciones y un 43, 3% señalaron que NO.

Tabla N° 18

¿El inventario del trabajo ejecutable es esencial en la aplicación de Lean Construction?	Frecuencia	Porcentaje
SI	20	66.7%
NO	10	33.3%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



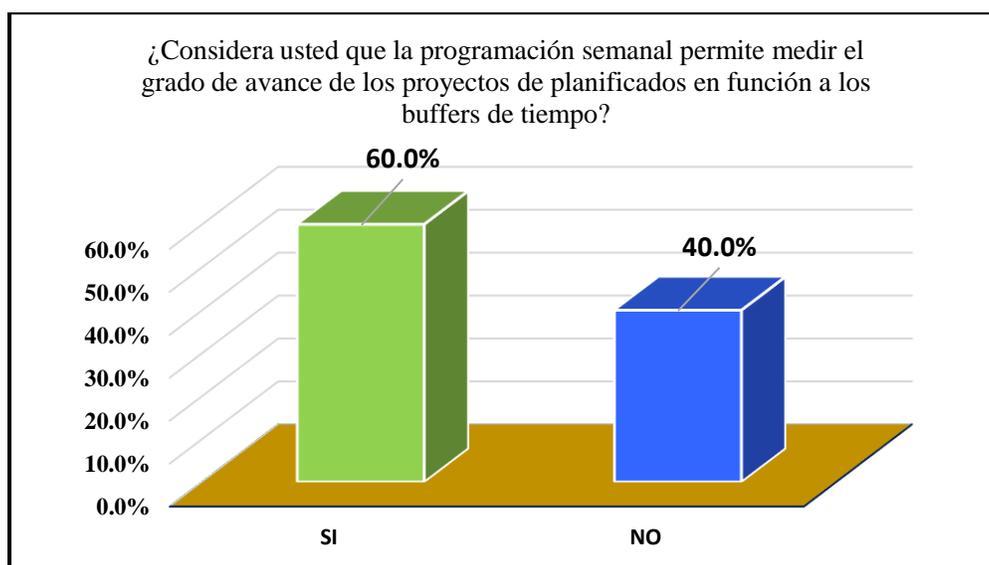
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 18, que representa a la siguiente pregunta ¿El inventario del trabajo ejecutable es esencial en la aplicación de Lean Construction? Indicaron: un 66, 7% que SI, considera que el inventario del trabajo ejecutable es esencial en la aplicación de Lean Construction y un 33, 3% señalaron que NO.

Tabla N° 19

¿Considera usted que la programación semanal permite medir el grado de avance de los proyectos de planificados en función a los buffers de tiempo?	Frecuencia	Porcentaje
SI	18	60.0%
NO	12	40.0%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



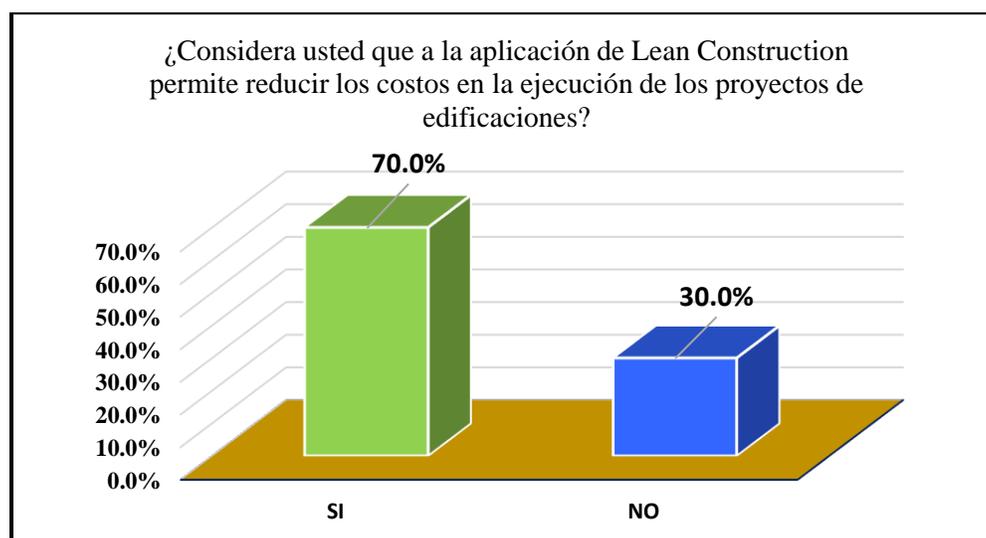
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 19, que representa a la siguiente pregunta ¿Considera usted que la programación semanal permite medir el grado de avance de los proyectos de planificados en función a los buffers de tiempo? Indicaron: un 60, 0% que SI, considera que la programación semanal permite medir el grado de avance de los proyectos de planificados en función a los buffers de tiempo y un 40, 0% señalaron que NO.

Tabla N° 20

¿Considera usted que a la aplicación de Lean Construction permite reducir los costos en la ejecución de los proyectos de edificaciones?	Frecuencia	Porcentaje
SI	21	70.0%
NO	9	30.0%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



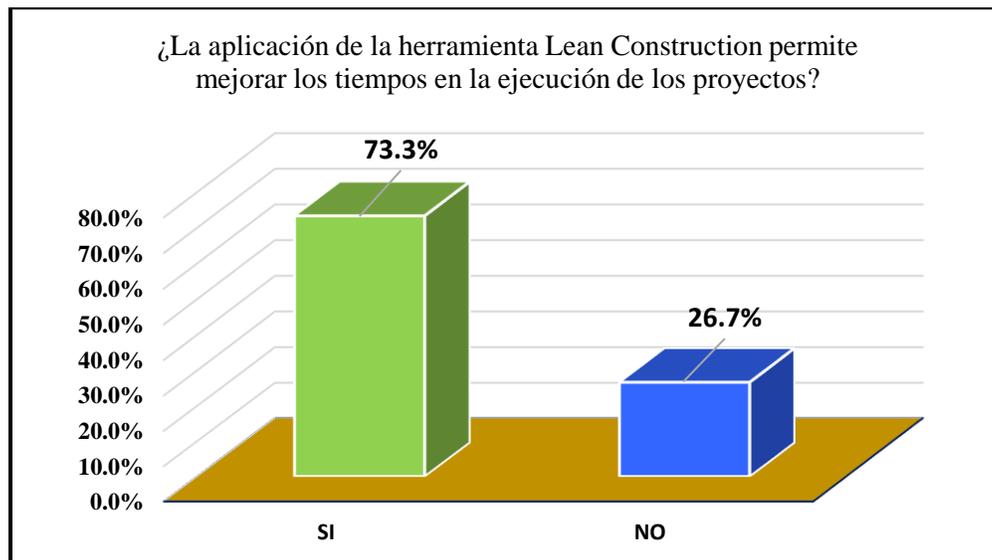
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 20, que representa a la siguiente pregunta ¿Considera usted que a la aplicación de Lean Construction permite reducir los costos en la ejecución de los proyectos de edificaciones? Indicaron: un 70, 0% que SI, considera que a la aplicación de Lean Construction permite reducir los costos en la ejecución de los proyectos de edificaciones y un 30, 0% señalaron que NO.

Tabla N° 21

¿La aplicación de la herramienta Lean Construction permite mejorar los tiempos en la ejecución de los proyectos?	Frecuencia	Porcentaje
SI	22	73.3%
NO	8	26.7%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



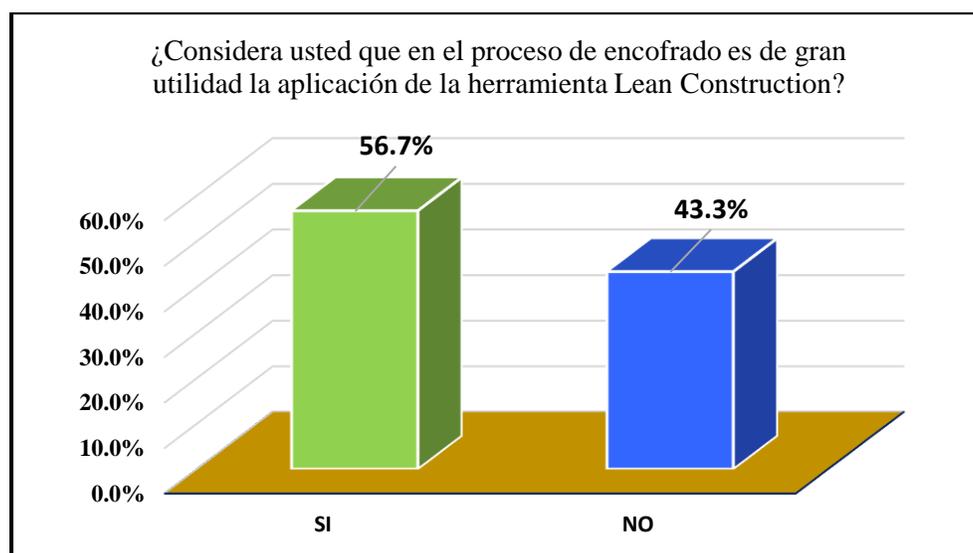
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 21, que representa a la siguiente pregunta ¿La aplicación de la herramienta Lean Construction permite mejorar los tiempos en la ejecución de los proyectos? Indicaron: un 73, 3% que SI, considera que la aplicación de la herramienta Lean Construction permite mejorar los tiempos en la ejecución de los proyectos y un 26, 7% señalaron que NO.

Tabla N° 22

¿Considera usted que en el proceso de encofrado es de gran utilidad la aplicación de la herramienta Lean Construction?	Frecuencia	Porcentaje
SI	17	56.7%
NO	13	43.3%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



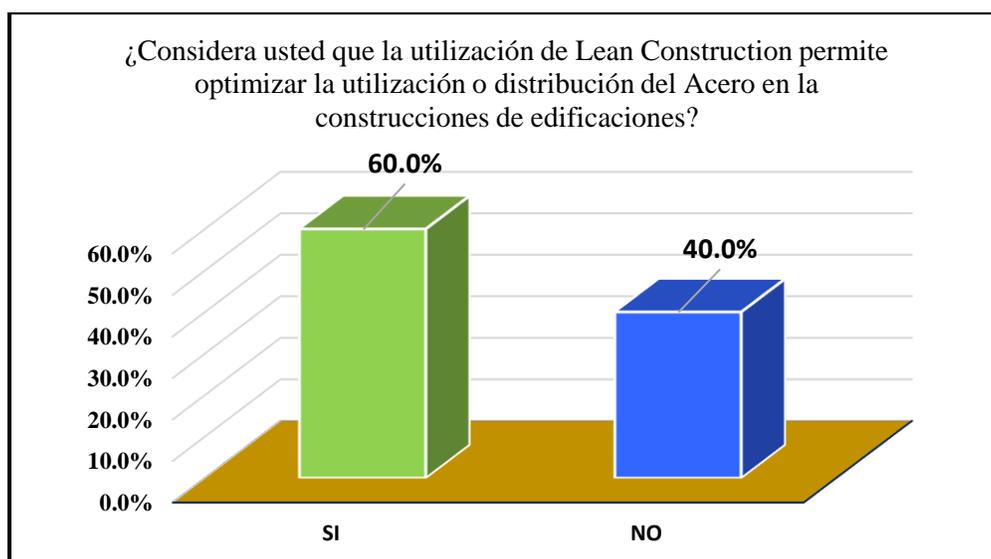
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 22, que representa a la siguiente pregunta ¿Considera usted que en el proceso de encofrado es de gran utilidad la aplicación de la herramienta Lean Construction? Indicaron: un 56,7% que SI, considera que en el proceso de encofrado es de gran utilidad la aplicación de la herramienta Lean Construction y un 43,3% señalaron que NO.

Tabla N° 23

¿Considera usted que la utilización de Lean Construction permite optimizar la utilización o distribución del Acero en la construcciones de edificaciones?	Frecuencia	Porcentaje
SI	18	60.0%
NO	12	40.0%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



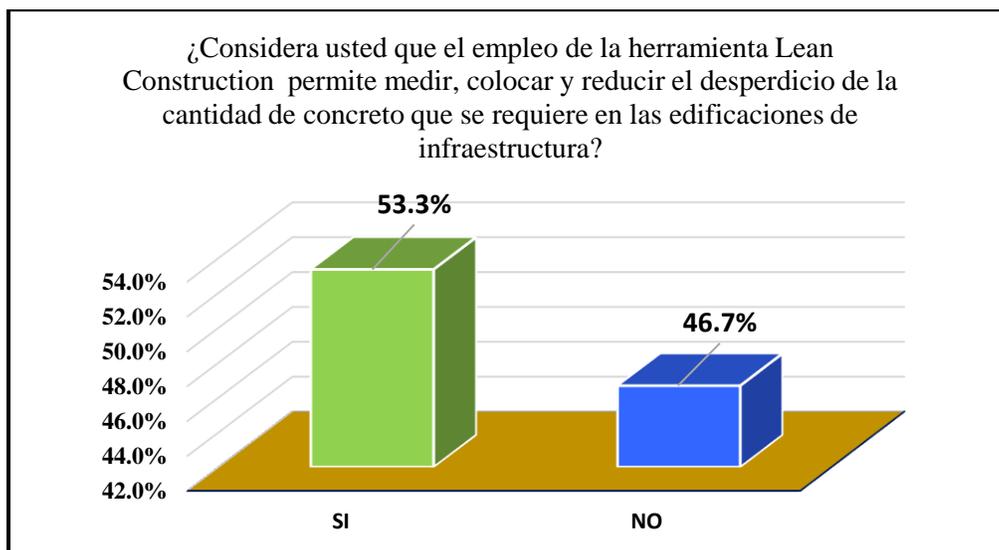
Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 23, que representa a la siguiente pregunta ¿Considera usted que la utilización de Lean Construction permite optimizar la utilización o distribución del Acero en la construcciones de edificaciones? Indicaron: un 60, 0% que SI, considera que la utilización de Lean Construction permite la utilización o distribución del Acero en la construcciones de edificaciones y un 40, 0% señalaron que NO.

Tabla N° 24

¿Considera usted que el empleo de la herramienta Lean Construction permite medir, colocar y reducir el desperdicio de la cantidad de concreto que se requiere en las edificaciones de infraestructura?	Frecuencia	Porcentaje
SI	16	53.3%
NO	14	46.7%
TOTAL	30	100.0%

Para efectos de mejor apreciación y comparación se presenta la siguiente figura:



Fuente: Elaboración propia del autor.

De la figura 24, que representa a la siguiente pregunta ¿Considera usted que el empleo de la herramienta Lean Construction permite medir, colocar y reducir el desperdicio de la cantidad de concreto que se requiere en las edificaciones de infraestructura? Indicaron: un 53, 3% que SI, contribuye en el trabajo y un 46, 7% señalaron que NO.

4.2. Validación de la Hipótesis

Planteamiento de Hipótesis General

H₀: Las herramientas Lean Construction no influyen los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.

H₁: Las herramientas Lean Construction influyen los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.

Demostración de la Hipótesis

Utilizamos el siguiente criterio:

Si la significancia asintótica (p) $>$ al nivel de significancia (0.05), se acepta la H₀.

Si el valor de $p < 0.05$ se acepta H₁.

Aplicamos SPSS v24:

Tabla 25: Correlación de Spearman

Correlaciones				HERRAMIENTAS LEAN	COSTOS Y TIEMPOS EN LA COLOCACIÓN DE ENCOFRADO, ACERO Y CONCRETO
Rho de Spearman	HERRAMIENTAS LEAN	CONSTRUCTION	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	1,000	,793**
				.	,000
					27
	COSTOS Y TIEMPOS EN LA COLOCACIÓN DE ENCOFRADO, ACERO Y CONCRETO	LEAN	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,793**	1,000
				,000	.
				30	30

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Como se observa en tabla 25, la significancia asintótica 0,000 es menor que el nivel de significación 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, existe significativamente influencia en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho. Además, la correlación de Rho de Spearman es 0.620, de acuerdo a la escala de Bisquerra dicha correlación es positiva y moderada.

Planteamiento de hipótesis específica 01

- H₀:** La productividad no influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017
- H₁:** La productividad influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.

Demostración de la hipótesis específica 01

Utilizamos el siguiente criterio:

Si la significancia asintótica (p) > al nivel de significancia (0.05), se acepta la H₀.

Si el valor de $p < 0.05$ se acepta H₁.

Aplicamos SPSS v24:

Tabla 26: Correlación de Pearson

		Correlaciones	
		Productividad	Costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto
Rho de Spearman	Coefficiente de correlación	1,000	1,000**
	Sig. (bilateral)	.	.
	N	30	30
Productividad	Coefficiente de correlación	1,000**	1,000
	Sig. (bilateral)	.	.
	N	27	27
Costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto	Coefficiente de correlación	1,000**	1,000
	Sig. (bilateral)	.	.
	N	27	27

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Como se observa en tabla 26, la significancia asintótica 0,000 es menor que el nivel de significación 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, que la productividad influye significativamente en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017. Además, la correlación de Pearson es 0.619, de acuerdo a la escala de Bisquerra dicha correlación es positiva y moderada.

Planteamiento de hipótesis específica 02

H₀: La variabilidad no influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.

H₁: La variabilidad influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.

Demostración de la hipótesis

Utilizamos el siguiente criterio:

Si la significancia asintótica (p) > al nivel de significancia (0.05), se acepta la H₀.

Si el valor de $p < 0.05$ se acepta H₁.

Aplicamos SPSS v24:

Tabla 27: Correlación de Pearson

		Correlaciones	
		Variabilidad	Costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto
• Variabilidad	Correlación de Pearson	1	0,714**
	Sig. (bilateral)		0,000
	N	30	30
• Costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto	Correlación de Pearson	0,714**	1
	Sig. (bilateral)	0,000	
	N	30	30

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Como se observa en tabla 27, la significancia asintótica 0,000 es menor que el nivel de significación 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, la variabilidad influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017. Además, la correlación de Pearson es 0.714, de acuerdo a la escala de Bisquerra dicha correlación es directa y moderada.

Planteamiento de hipótesis específica 03

Ho: El lean project delivery system no influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.

H1: El lean project delivery system influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.

Demostración de la hipótesis

Utilizamos el siguiente criterio:

Si la significancia asintótica (p) > al nivel de significancia (0.05), se acepta la H0.

Si el valor de $p < 0.05$ se acepta H1.

Aplicamos SPSS v24:

Tabla 28: Correlación de Pearson

		Correlaciones	
		Lean project delivery system	Costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto
Lean project delivery system	Correlación de Pearson	1	0,695**
	Sig. (bilateral)		0,001
	N	30	30
Costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto	Correlación de Pearson	0,695**	1
	Sig. (bilateral)	0,001	
	N	30	30

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Como se observa en tabla 28, la significancia asintótica 0,001 es menor que el nivel de significación 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, que el lean project delivery system influye en los costos y tiempos

en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017. Además, la correlación de Pearson es 0.695, de acuerdo a la escala de Bisquerra dicha correlación es directa y fuerte.

Planteamiento de hipótesis específica 04

H₀: La sectorización y tren de actividades no influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017

H₁: La sectorización y tren de actividades influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017

Demostración de la hipótesis

Utilizamos el siguiente criterio:

Si la significancia asintótica (p) > al nivel de significancia (0.05), se acepta la H₀.

Si el valor de $p < 0.05$ se acepta H₁.

Aplicamos SPSS v24:

Tabla 29: Correlación de Pearson

		Correlaciones	
		Sectorización y tren de actividades	Costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto
Sectorización y tren de actividades	Correlación de Pearson	1	0,695**
	Sig. (bilateral)		0,001
	N	30	30
Costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto	Correlación de Pearson	0,695**	1
	Sig. (bilateral)	0,001	
	N	30	30

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Como se observa en tabla 29, la significancia asintótica 0,001 es menor que el nivel de significación 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, la sectorización y tren de actividades influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017. Además, la correlación de Pearson es 0.695, de acuerdo a la escala de Bisquerra dicha correlación es directa y fuerte.

Planteamiento de hipótesis específica 05

H₀: Los buffers no influyen en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.

H₁: Los buffers influyen en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.

Demostración de la hipótesis

Utilizamos el siguiente criterio:

Si la significancia asintótica (p) > al nivel de significancia (0.05), se acepta la H₀.

Si el valor de $p < 0.05$ se acepta H₁.

Aplicamos SPSS v24:

Tabla 30: Correlación de Pearson

		Correlaciones	
		Buffers	Costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto
Buffers	Correlación de Pearson	1	0,695**
	Sig. (bilateral)		0,001
	N	30	30
Costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto	Correlación de Pearson	0,695**	1
	Sig. (bilateral)	0,001	
	N	30	30

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Como se observa en tabla 30, la significancia asintótica 0,001 es menor que el nivel de significación 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, los buffers influyen en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017. Además, la correlación de Pearson es 0.695, de acuerdo a la escala de Bisquerra dicha correlación es directa y fuerte.

Planteamiento de hipótesis específica 06

H₀: El last planner system no influyen en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.

H₁: El last planner system influyen en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.

Demostración de la hipótesis

Utilizamos el siguiente criterio:

Si la significancia asintótica (p) > al nivel de significancia (0.05), se acepta la H₀.

Si el valor de $p < 0.05$ se acepta H₁.

Aplicamos SPSS v24:

Tabla 31: Correlación de Pearson

		Correlaciones	
		Las planner system	Costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto
Las planner system	Correlación de Pearson	1	0,695**
	Sig. (bilateral)		0,001
	N	30	30
Costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto	Correlación de Pearson	0,695**	1
	Sig. (bilateral)	0,001	
	N	30	30

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

Como se observa en tabla 31, la significancia asintótica 0,001 es menor que el nivel de significación 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, que el last planner system influyen en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017. Además, la correlación de Pearson es 0.695, de acuerdo a la escala de Bisquerra dicha correlación es directa y fuerte.

CAPÍTULO V:

DISCUSIONES, CONCLUSIONES Y RECONMENDACIONES

5.1. Análisis y discusiones

En la presente investigación se realizó una comparación de los resultados con otras investigaciones similares, distinguiendo las variables estudiadas o su respectiva relación, destacando aspectos de compatibilidad o discrepancia con los antecedentes y fuentes teóricas citadas en esta investigación.

- ❖ Los resultados obtenidos en esta investigación conducen en términos generales a establecer que el uso de las herramientas lean construction influyen significativamente en la reducción de los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017. Este resultado guarda compatibilidad con lo expresado por Luis Eduardo Bracamonte Correa en su Tesis Titulado: “Aplicación de herramientas lean construction para optimizar los costos y tiempos en la ampliación del colegio Markham”, desarrollado en 2015, presentado a la Universidad Nacional Ingeniería, donde arribó a las siguientes conclusiones: “Como Beneficios que aporta la implementación del sistema Lean Construction en los proyectos podemos mencionar los siguientes puntos según lo evidenciado en el Proyecto Ampliación del Colegio Markham.
 - Mayor Calidad en la Construcción
 - Mayor satisfacción del Cliente
 - Mayor Productividad

- Mejora en la Seguridad y la Prevención de Riesgos.
- Reducción de Plazos de Entrega
- Mayores Beneficios y reducción de Costos.
- Mayor Grado de Colaboración.

Confirma la hipótesis que planteo al inicio de su investigación, que: “las herramientas lean construction influyen significativamente en la reducción de los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017”.

- ❖ En la presente investigación se ha descrito y planteado la utilidad de la herramienta lean construction en los trabajos de colocación de encofrado, acero y concreto en las edificaciones de la ciudad de Huacho, se procederá a detallar los pasos que deben seguirse con el fin optimizar los recursos y costos en la ejecución de proyectos de infraestructura en éste mismo sentido Bracamonte Correa (2015) señala los procedimientos que se deben seguir a fin de optimiza los costes:

1. Sectorización del Trabajo. Se Analiza cual es el volumen de trabajo real que se tendrá en campo con la información brindada inicialmente. Este volumen de trabajo será seccionado de manera que se desarrollen los frentes de trabajo en función al plazo contractual que se tenga, previo a esto se deberán definir los hitos de control para poder tener fechas límites para el cumplimiento; ya con los sectores establecidos se procederá a realizar el Planeamiento del Proyecto.

2. Se debe realizar el cálculo de índices de Productividad de las partidas que serán controladas, se requiere la información de Análisis de Precios unitarios con el que se elaboró el presupuesto y se necesita saber cuáles son las partidas que serán evaluadas
3. Realizar el cálculo de las herramientas proyectadas en función a los metrados de Presupuesto y a los índices de Productividad calculados teóricamente, estos datos nos ayudarán a controlar cuales son nuestros límites para el uso de los recursos según el presupuesto.
4. Generar un Plan Maestro de las actividades que serían necesarias para la ejecución del proyecto considerando la sectorización planeada en los pasos anteriores, el plan maestro no debe ser muy detallado, pero debe mostrar claramente cuáles son las partidas que puedan marcar el ritmo de avance del proyecto. Se realiza la colocación de Hitos, en función a la sectorización planteada.
5. Dimensionamiento de cuadrillas y Calculo del Personal obrero, la función del personal es importante es y es necesario contar con personal especializado para las actividades más incidentes.
6. Realizar un primer Análisis de Restricciones globales, para poder tener un arranque adecuado con los recursos en obra a tiempo y con el personal de producción requerido para que su ingreso sea en el momento adecuado.

7. Tomar la información que se tiene del Plan Maestro y con esta información elaborar el Look ahead con un Horizonte entre 3 a 6 semanas el cual deberá ir en conjunto con su respectivo Análisis de restricciones. Recordar que el desarrollo del Look ahead es más detallado.
8. Elaboración de Programaciones Semanales; las cuales en una reunión anticipada al inicio de esa semana y con las restricciones identificadas con anticipación levantadas, deberán ser dadas a conocer a todo el equipo de trabajo para poder conocer las metas claras/ Esta programación va íntimamente ligada con el look ahead.
9. Elaboración de Planes Diarios donde se detallan que actividades se desarrollarán durante la una semana X día a día, en este plan diario se deberán indicar las partidas a ejecutar, los frentes de trabajo (en caso se tengan varios), el metrado respectivo, la cantidad de personas a realizar la actividad, la cantidad de HH a emplear y unas columnas de PPC diario.
10. Generar un control de avance semanal, el cual se obtiene recopilando la información de los metrados ejecutados diariamente en el plan diario y verificando su conformidad en campo. Se deberá considerar el avance a un 100% cuando el producto entregado no tenga ninguna deficiencia la cual nos genere trabajos de reparación posteriores, los cuales se pueden convertir en restricciones.

11. Generar el Informe Semanal de Producción, en el cual se deberá tener organizado todos los datos como horas hombre por actividades, Metrado ejecutado de las diversas actividades de la semana que corresponda y los datos de Horas Hombre y metrados ejecutados hasta la semana anterior; esta información trabajará directamente relacionada con los índices de Productividad determinados inicialmente.

 12. Una vez ingresado y obtenido los datos es necesario realizar un análisis y hacer la identificación de las partidas con mejores rendimientos, con los rendimientos de menor eficiencia, la identificación de los motivos por la baja eficiencia (causas raíces) y las medidas correctivas para mejorar su rendimiento y así aumentar su productividad.
- ❖ Si bien existe un cierto sector de la comunidad de ingenieros y directivos de constructoras que aún no emplea herramientas como el Lean Construction en la ejecución de las obras de infraestructura y así reducir los costos y el tiempo. Esto se debe en gran medida al cambio de mentalidad, y la capacidad de adaptarse a los nuevos cambios que suscitan en el mundo real y en el mundo tecnológico.

5.2. Conclusiones

1. Lean es crear valor para el cliente y eliminar desperdicio, según la filosofía Lean, todo lo que no es valor para el cliente es muda o desperdicio que puede ser eliminado o minimizado, por lo tanto, es necesario comprender primero el significado de muda o desperdicio para seguir avanzando en el conocimiento del sistema Lean.
2. Lean Construction abarca la aplicación de los principios y herramientas Lean al proceso completo de un proyecto desde su concepción hasta su ejecución y puesta en servicio. Entendemos Lean como una filosofía de trabajo que busca la excelencia de la empresa, por lo tanto, sus principios pueden aplicarse en todas las fases de un proyecto: diseño, ingeniería, pre-comercialización, marketing y ventas, ejecución, servicio de postventa, atención al cliente, puesta en marcha y mantenimiento del edificio, administración de la empresa, logística y relación con la cadena de suministro.
3. Lean Construction persigue la excelencia a través de un proceso de mejora continua en la empresa, que consiste fundamentalmente en minimizar o eliminar todas aquellas actividades y transacciones que no añaden valor, a través de la optimización de recursos y la maximización de la entrega de valor al cliente, para diseñar y producir a un menor coste, con mayor calidad, más seguridad y con plazos de entrega más cortos, dentro de un marco ecológico con el entorno

4. Equipo de trabajo utilizado en la construcción de estructuras de hormigón, consistente en moldes de madera o de metal destinados a contener el hormigón hasta su endurecimiento o fraguado. Tipología puede ser Horizontal (destinado al encofrado de vigas, forjados y losas), y Vertical (destinado al encofrado de muros, pilares, pilas, etc.).
5. Como se observa en tabla 25, la significancia asintótica 0,000 es menor que el nivel de significación 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, existe significativamente influencia en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho. Además, la correlación de Rho de Spearman es 0.620, de acuerdo a la escala de Bisquerra dicha correlación es positiva y moderada.
6. Como se observa en tabla 26, la significancia asintótica 0,000 es menor que el nivel de significación 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, que la productividad influye significativamente en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.
7. Como se observa en tabla 27, la significancia asintótica 0,000 es menor que el nivel de significación 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, la variabilidad influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.

8. Como se observa en tabla 29, la significancia asintótica 0,001 es menor que el nivel de significación 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna (hipótesis del investigador). Es decir, la sectorización y tren de actividades influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.

9. El acero es una aleación de hierro con una cantidad de carbono que puede variar entre 0,03% y 1,075% en peso de su composición, dependiendo del grado. Acero no es lo mismo que hierro. Y ambos materiales no deben confundirse. El hierro es un metal relativamente duro y tenaz, con diámetro atómico (dA) de 2,48 Å, con temperatura de fusión de 1535 °C y punto de ebullición 2740 °C.

5.3. Recomendaciones

1. Recomendamos aplicar la herramienta Lean Construction en las construcciones de edificaciones esto con el objeto de reducir los costos y tiempos en el proceso de ejecución de las mismas.
2. Recomendamos el uso de Lean Construction en los proyectos que cuenten con una alta variabilidad y horarios de trabajo restringidos, que permita tener un mayor ajuste en los trabajos complejos y de gran variabilidad.
3. Se recomienda a los ingenieros y empresas constructoras usar la herramienta Lean Construction por las grandes ventajas y beneficios que ofrece como instrumento en las construcciones modernas.
4. Recomendamos a los estudiantes, egresados y profesionales del ingeniería civil a estudiar de forma sistemática y profunda sobre la filosofía de Lean Construction, que muchos ingenieros y empresas constructoras no lo utilizan en sus construcciones, pues esto debido a la falta de adaptabilidad a los cambios que se suscitan en el mercado global.

CAPÍTULO VI:

FUENTES DE INFORMACIÓN

Alacero. (Julio de 2017). *¿Qué es el Acero?* Obtenido de <https://www.alacero.org/es/page/el-acero/que-es-el-acero>

Alarcón L. (2005). *Información extraída del texto Planificación y Control de Producción Para la Construcción: Sistema del Ultimo Planificador.*

ARQHYS.ARQUITECTURA. (Agosto de 2016). *¿Qué es el encofrado?* Obtenido de <http://www.arqhys.com/arquitectura/quees-el-encofrado.html>

Ballard Herman Glenn. (1994). *The last planner.* Monterrey : Nothern Construction.

Bracamonte Correa, Luis Eduardo. (2015) Aplicación de herramientas lean construction para optimizar los costos y tiempos en la ampliación del colegio Markham. Universidad Nacional de Ingeniería.

Concepto.de. (Diciembre de 2017). *¿Qué se entiende por Costo?* Obtenido de <http://concepto.de/costo/>

Definición.com. (octubre de 2017). *¿Qué es el Costo?* Obtenido de <https://definicion.de/costo/>

Definición.com. (Diciembre de 2017). *Concepto de definición.* Obtenido de <https://definicion.de/buffer/>

- Gonzales Alcantara, Domingo. (2013). *Aplicación de herramientas Lean en la Gestión de Proyectos de edificación*. Madrid: Universidad de Valladolid.
- Guzmán Tejada, Abner. (2014). *Aplicación de la filosofía lean construction en la planificación, programación, ejecución y control de proyectos*. Lima: PUCP.
- Hernández, Fernández & Baptista. (2010). *Metodología de Investigación*. México: Editores, S.A. DE C.V.
- Holcim. (Mayo de 2017). *¿Qué es el Concreto?* Obtenido de <http://www.holcim.com.mx/productos-y-servicios/concreto.html>
- Lean Construction Enterprise. (Noviembre de 2017). *¿Qué es Lean Construction?* Obtenido de <http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/lean-construction>
- Liker, Jeffrey & Meier, David. (2007). *El talento Toyota*. McGraw-Hill. McGraw-Hill.
- Ohno Taiichi . (1988). *Toyota Production System: beyond large-scale production*. Cambridge, Productivity. Free Press.
- Orihuela Pablo . (2011). *Sistema integrado para la gestión lean de proyectos de construcción*. Santiago: Aras.
- Pons Achell Juan Felipe . (2014). *Introducción a Lean Construction* . Fundación Laboral de la Construcción.
- Progressa.com. (Noviembre de 2017). *Lean construction: la mejora continua en el sector de la construcción*. Obtenido de <http://www.progressalean.com/lean-construction-mejora-continua-sector-construccion/>

SERPELL ALFREDO. (1993). *Administración de obras de construcción*. Santiago de Chile : Aras.

Significados.com. (Setiembre de 2015). *Significado de Tiempo*. Obtenido de <https://www.significados.com/tiempo/>

Womack, James & Jones. (1996). *Daniel (1996). Lean Thinking: Como utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa*. Free Press.

ANEXO

1. Matriz de consistencia

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN CONSTRUCTION PARA REDUCIR COSTOS Y TIEMPOS EN LA COLOCACIÓN DE ENCOFRADO, ACERO Y CONCRETO EN LA CONTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE HUACHO						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿De qué manera las herramientas lean construction influyen los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017?	Analizar de qué manera las herramientas lean construction influyen los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.	Las herramientas lean Construction influyen los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.	Herramientas Lean Construction	<ul style="list-style-type: none"> • Productividad • Variabilidad • Lean project delivery system • Sectorización y tren de actividades 	<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo productivo (TP) • Trabajo contributivo • Trabajo no contributivo • Variabilidad de flujo • Variabilidad de proceso • Definición del proyecto • Diseño lean • Abastecimiento Lean • Ensamblaje lean y Ejecución Lean • Sectorización • Tren de actividades 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo: Básico • Diseño: No experimental. • Nivel: Descriptivo – correlacional. Técnicas e instrumentos: Técnica- encuesta, Instrumento - cuestionario
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE	<ul style="list-style-type: none"> • Buffers • Las planner system • Costos y tiempos • Encofrado, acero y concreto 	<ul style="list-style-type: none"> • Buffer de inventario • Buffer de tiempo • Buffer de capacidad • Planificación maestra • Planificación por fase • Planificación Look ahead • Inventario de trabajo ejecutable • Programación semanal • Costos • Tiempos • Encofrado • Acero • Concreto 	<p style="text-align: center;">POBLACIÓN</p> <p style="text-align: center;">30 ingenieros civiles de la ciudad de Huacho</p> <p style="text-align: center;">MUESTRA</p> <p style="text-align: center;">Se tomara toda la población como muestra que serían los 30 ingenieros.</p>
1. ¿En qué medida la productividad influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017?	1. Analizar en qué medida la productividad influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017	1. La productividad influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017	Costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto			
2. ¿Cómo influye la variabilidad en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017?	2. Analizar cómo influye la variabilidad en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.	2. La variabilidad influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.				
3. ¿Cómo el lean project delivery system influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017?	3. Analizar cómo el lean project delivery system influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.	3. El lean project delivery system influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.				

<p>4. ¿Cómo la sectorización y tren de actividades influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017?</p>	<p>4. Analizar cómo la sectorización y tren de actividades influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017</p>	<p>4. La sectorización y tren de actividades influye en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017</p>				
<p>5. ¿En qué medida los buffers influyen en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017?</p>	<p>5. Analizar en qué medida los buffers influyen en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.</p>	<p>5. Los buffers influyen en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.</p>				
<p>6. ¿En qué medida el last planner system influyen en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017?</p>	<p>6. Analizar en qué medida el last planner system influyen en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.</p>	<p>6. El last planner system influyen en los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en la ciudad de Huacho, 2017.</p>				

2. Instrumentos para la toma de datos

HERRAMIENTAS LEAN CONSTRUCTION		
I. Productividad (Marcar con una “X” en el recuadro apropiado)	Calificación	
	1	2
1. ¿Cree usted que el trabajo es productivo con la herramienta lean Construction?		
2. ¿Considera usted tener un trabajo contributivo con la herramienta lean Construction?		
3. ¿Cree usted que el trabajo no contributivo se evita con la herramienta lean Construction?		
II. Variabilidad (Marcar con una “X” en el recuadro apropiado)	Calificación	
	1	2
4. ¿Cree usted que la variabilidad de flujo se reduce con el uso de la herramienta lean Construction?		
5. ¿Considera usted que la variabilidad de proceso se reduce con el uso de la herramienta lean Construction?		
III. Lean project delivery system (Marcar con una “X” en el recuadro apropiado)	Calificación	
	1	2
6. ¿Cree usted que la fase de definición del proyecto ayuda a la mejora de aplicación de la herramienta lean Construction?		
7. ¿Considera usted que la fase de diseño lean contribuye en la eficiencia de la herramienta lean Construction?		
8. ¿Considera usted que la fase de abastecimiento Lean Construction permite maximizar los recursos empleados en la ejecución de proyectos?		
9. ¿Considera usted que la fase de ensamblaje y ejecución lean es la expresión de un resultado formidable del proyecto?		
IV. Sectorización y tren de actividades (Marcar con una “X” en el recuadro apropiado)	Calificación	
	1	2
10. ¿Considera usted que la sectorización permite mayor rendimiento en la aplicación de lean Construction?		
11. ¿Considera usted que la aplicación de la metodología tren de actividades permite la efectividad en el desarrollo del proyecto en la construcción de edificaciones?		
V. Buffers (Marcar con una “X” en el recuadro apropiado)	Calificación	
	1	2
12. ¿Usted considera que el buffer de inventario permite controlar el stock de los materiales utilizadas para las edificaciones?		
13. ¿Considera usted que la aplicación buffer de tiempo permite alcanzar eficientemente ejecución y entrega de proyectos?		
14. ¿Cree usted que la aplicación de buffer de capacidad permite la mejor utilización de los materiales de construcción de manera ordenada y sin la depreciación?		
VI. Last Planner system (Marcar con una “X” en el recuadro apropiado)	Calificación	
	1	2
15. ¿Considera Usted que la planificación maestra es una herramienta útil para los proyectos de construcción de edificaciones?		
16. ¿Cree usted que la planificación por fase es una herramienta de gran utilidad para ingenieros civiles en la ejecución de los proyectos de edificaciones?		

17. ¿Considera Ud. Que el Look Ahead Plan permite controlar y superar las imprevisiones que pudieran surgir en el desarrollo de los proyectos de edificaciones?		
18. ¿El inventario del trabajo ejecutable es esencial en la aplicación de Lean Construction?		
19. ¿Considera usted que la programación semanal permite medir el grado de avance de los proyectos de planificados en función a los buffers de tiempo?		
COSTOS Y TIEMPOS EN LA COLOCACIÓN DE ENCOFRADO, ACERO Y CONCRETO		
VII. Costos y tiempos (Marcar con una “X” en el recuadro apropiado)	Calificación	
	1	2
20. ¿Considera usted que a la aplicación de Lean Construction permite reducir los costos en la ejecución de los proyectos de edificaciones?		
21. ¿La aplicación de la herramienta Lean Construction permite mejorar los tiempos en la ejecución de los proyectos?		
VIII. Encofrado, acero y concreto (Marcar con una “X” en el recuadro apropiado)	Calificación	
	1	2
22. ¿Considera usted que en el proceso de encofrado es de gran utilidad la aplicación de la herramienta Lean Construction?		
23. ¿Considera usted que la utilización de Lean Construction permite optimizar la utilización o distribución del Acero en la construcciones de edificaciones?		
24. ¿Considera usted que el empleo de la herramienta Lean Construction permite medir, colocar y reducir el desperdicio de la cantidad de concreto que se requiere en las edificaciones de infraestructura?		



UNIVERSIDAD NACIONAL

“JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN”

Escuela de Ingeniería Civil



TESIS DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN CONSTRUCTION PARA REDUCIR COSTOS Y TIEMPOS EN LA COLOCACIÓN DE ENCOFRADO, ACERO Y CONCRETO EN LA CONTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES EN LA CIUDAD DE HUACHO

Estimado colega, esperamos tu colaboración respondiendo con responsabilidad y honestidad, el presente cuestionario. Se agradece no dejar ninguna pregunta sin contestar.

El objetivo es, recopilar información, sobre la aplicación de la herramienta Lean Construction en la colocación de encofrado, acero y concreto en las edificaciones de la ciudad de Huacho, 2017.

Instrucciones: Lea cuidadosamente las preguntas y marque con una aspa(x) la escala que crea conveniente.

Escala valorativa.

1	2
SI	NO

Muchas gracias por tu colaboración.