



FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**IMPLEMENTACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN
CONSTRUCTION PARA LA MEJORA DE LA
PRODUCTIVIDAD EN LA EJECUCIÓN DEL EDIFICIO**

VOCE

PRESENTADO POR

**LUIS JESÚS DÍAZ CORDOVA
KEVIN JOEL PUICÓN TUEROS**

TESIS PARA OPTAR

EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA – PERÚ

2021



CC BY-NC-ND

Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTIN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**IMPLEMENTACIÓN DE LA FILOSOFÍA LEAN
CONSTRUCTION PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD
EN LA EJECUCIÓN DEL "EDIFICIO VOCE"**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

**DIAZ CORDOVA, LUIS JESUS
PUICON TUEROS, KEVIN JOEL**

LIMA - PERÚ

2021

El siguiente proyecto de investigación presentado se lo dedicado a mi familia que me ha apoyado durante toda mi vida para poder lograr mis objetivos.

A mis maestros que me guiaron y compartieron sus conocimientos y experiencias que me han ayudado dentro y fuera de la universidad.

Este trabajo de investigación está dedicado a mis familiares, amigos e ingenieros que me apoyaron y guiaron durante todo el transcurso de mi carrera.

Quisiéramos extender nuestro profundo agradecimiento a nuestro asesor el Ing. Juan Manuel Oblitas Santa María que nos ha apoyado en la elaboración de esta tesis.

A nuestros amigos que hemos hecho durante la carrera de Ingeniería Civil con quienes tenemos innumerables anécdotas y extrañamos en el contexto en el vivimos actualmente.

Y por último al cuerpo técnico encargado del PROYECTO EDIFICIO VOCE, por permitirnos utilizar esta obra como sujeto de estudio para la realización de esta tesis.

RESUMEN

Esta tesis fomenta la utilización del pensamiento Lean Construction como un conjunto de instrumentos que posibilita mejorar la productividad durante cualquier fase dentro de un proyecto de ingeniería civil en el cual se tienen en cuenta los conceptos básicos de las diversas herramientas que se utilizan en este caso en particular. Se realizó un trabajo de campo para tomar datos durante la fase de casco estructural del EDIFICIO VOCE y un trabajo de oficina para desarrollar los gráficos y tablas que ayudaron a comprender la situación inicial del proyecto y los cambios que se observaron durante la implementación de la filosofía.

La problemática de este trabajo de investigación se analizó en base a estudios desarrollados en Latinoamérica y Perú sobre el tiempo productivo en obra. Asimismo, el objetivo general de este proyecto reside en aumentar la productividad en la obra mencionada implementando la filosofía Lean Construction utilizando los instrumentos de Líneas Balance, Cartas Balance y Teoría de Restricciones.

Por otro lado, luego de poner en práctica la hipótesis de solución se corroboró que esta aplicación ayudó al proyecto en aumentar su productividad desde un 22% que se vio en la primera semana hasta llegar a un 44% en la semana final de trabajo, generando un ahorro de S/. 3,254.50.

Palabras Clave: Lean Construction, Productividad, Teoría de Restricciones, Cartas balance, Líneas Balance.

ABSTRACT

In this thesis we promote the use of the Lean Construction philosophy as a series of tools that allow the improvement of the productivity during any phase of a civil engineering project in which the basic concepts of the many tools that are used in this particular case are taken in consideration. A field work was done to take the data during the building structure of the VOCE building and an office work was developed to do the graphics and the charts that helped to understand the initial situation of the project and the changes that were observed during the philosophic implementation.

The problematic of this project was analyzed based on the previous studies developed in Latin America and Peru about the productive time on a building lot. In addition to that, the general objective of this project consists of the improvement of the productivity in the previously mentioned building lot implementing the Lean Construction philosophy using the Line Balance tools, Balance Letters and the Restriction Theories.

On the other side, putting on practice the solution we could verify that this application helped the project to increase its productivity from 22% which was seen during the first week until getting to a 44% in the final job week, generating a S/. 3,254.50 saving.

Keys Words: Lean Construction, Productivity, Theory of Constrains, Balance Letter, Balance Lines.

INTRODUCCION

Como antecedentes de esta tesis se ha indagado sobre trabajos anteriores que describen una situación pasada tanto de Perú como de otros países de Latinoamérica en los que se observó que la productividad de Perú es más baja que la de sus países vecinos.

Este proyecto fomenta la activación de la filosofía Lean Construction y de sus instrumentos como medio que contribuya a acrecentar la productividad en obra, disminuir tiempos de ejecución y economizar el costo de la mano de obra.

La problemática de este proyecto plantea que el proyecto EDIFICIO VOCE, se encontraba por debajo del promedio visto en estudios pasados sobre la productividad en obras de Lima Metropolitana lo que causó un retraso durante la primera semana de trabajo en el casco estructural.

Asimismo, cabe mencionar que el objetivo principal de este proyecto consta de la implementación del sistema Lean Construction como medio de una mejora de productividad en el EDIFICIO VOCE en las partidas de casco estructural. Mientras que, entre los objetivos específicos se encuentran la implementación de herramientas tales como las Líneas Balance, Cartas Balance y Teoría de Restricciones con la finalidad de aumentar la productividad vista al inicio de la obra.

En lo alusivo a la hipótesis se propone que la implementación de esta filosofía de manera continua durante el tiempo de construcción va a permitir una mejora en la productividad, contrarrestar el retraso observado y obtener un ahorro del costo de mano de obra

Por otro lado, este proyecto tuvo como limitación el no contar con los medios para analizar el total de la construcción, sino que solo se limita a las partidas de casco estructural.

En el capítulo I, se desarrolla el planteamiento del problema, desde una idea general hasta el caso específico desarrollado en esta tesis, las

razones por las cuales se debió implementar esta filosofía en el proyecto, además de plantearse los problemas y las hipótesis.

En el capítulo II, se expone dentro del marco teórico, el tema en cuestión haciendo especial énfasis en los términos y herramientas utilizadas en el trabajo de investigación.

En el capítulo III, se explica la metodología de cómo se va a ejecutar la investigación, además se plantease las variables utilizadas.

En el capítulo IV, se desarrolla el proyecto a profundidad sobre el trabajo de implementación, desde la concepción inicial en la que se encontró la obra, la resolución de los problemas encontrados en la metodología y los resultados obtenidos al término del casco estructural.

En el capítulo V, se presenta los resultados obtenidos a través de la implementación desarrollada en el capítulo anterior.

En el capítulo VI, se discute los resultados obtenidos con respecto a los objetivos propuestos para la presenta investigación, además, de compararlos como similares proyectos.

INDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCCION	vii
INDICE GENERAL	ix
INDICE DE GRAFICOS	xii
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Situación Problemática	1
1.2. Formulación del problema	6
1.2.1. Problema general	
1.2.2. Problemas específicos	
1.3. Objetivos	7
1.3.1. Objetivo general	
1.3.2. Objetivos específicos	
1.4. Justificación e importancia	
1.5. Alcances y limitaciones	8
1.6. Viabilidad	
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes de investigación	9
2.1.1. En el ámbito internacional	
2.1.2. En el ámbito nacional	11
2.2. Bases teóricas	13
2.2.1. Lean Construction	
2.2.2. El desperdicio	16
2.2.3. Sistema de Producción Eficiente	17
2.2.4. Flujo Continuo	18

	Página
2.2.5. Flujo Eficiente	22
2.2.6. Procesos Eficientes	27
2.2.7. Productividad en obra	33
2.3. Definición de térmicos básicos	35
2.4. Hipótesis	36
2.4.1. Hipótesis general	
2.4.2. Hipótesis específicas	
 CAPITULO III. METODOLOGÍA	
3.1. Diseño metodológico	37
3.1.1. Enfoque de la investigación	
3.1.2. Tipo de investigación	
3.1.3. Nivel de investigación	
3.1.4. Diseño de investigación	
3.2. Definición de las variables	
3.3. Operación de las variables	38
3.4. Población y muestra	39
3.4.1. Población	
3.4.2. Muestra	
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	
3.6. Técnicas e instrumentos de procesamiento y análisis de datos	40
 CAPITULO IV. DESARROLLO DEL PROYECTO	
4.1. Descripción del Proyecto	41
4.2. Situación inicial	43
4.2.1. Líneas Balance	45
4.2.2. Cartas Balance	49
iii. Toma de datos en campo	50

	Página
iv. Presentación de resultados	52
4.2.3. Diagnóstico del problema	56
4.3. Implementación de filosofía Lean Construction	57
4.3.1. Realización del Last Planner	
4.3.2. Trenes de trabajo	
4.3.3. Teoría de Restricciones	59
4.4. Monitoreo de la solución	63
4.4.1. Líneas balance y cartas balance con la aplicación de Lean	
4.4.2. Reducción de costos por la optimización	71
4.4.3. Estudio final de productividad	74
CAPITULO V. RESULTADOS	80
CAPITULO VI. DISCUSION DE RESULTADOS	82
CONCLUSIONES	86
RECOMENDACIONES	87
ANEXOS	88
FUENTES DE INFORMACION	94

INDICE DE GRAFICOS

FIGURAS	Página
Figura I-1: Sistema Tradicional vs Sistema Lean Construction	3
Figura I-2: Comparación de productividad en países latinoamericanos	4
Figura I-3: Curva S de la situación inicial del proyecto	6
Figura II-1: Análisis de tiempos en la construcción	16
Figura II-2: Flujos de procesos eficientes	18
Figura II-3: planificación usual	19
Figura II-4: Sistema de Planificación Lean	20
Figura II-5: Sistema de planificación Lean	20
Figura II-6: Flujo eficiente de actividades	23
Figura II-7: Procesos Optimizados	27
Figura II-8: Distribución General de Trabajo	28
Figura II-9: Líneas de balance óptimas para un edificio multifamiliar	29
Figura IV-1: Ubicación del proyecto	41
Figura IV-2: Planta Típica del proyecto	42
Figura IV-3: Curva S inicial del proyecto	43
Figura IV-4: Retraso observado en la curva S	44
Figura IV-5: Líneas Balance día 1	45
Figura IV-6: Línea Balance día 2	46
Figura IV-7: Líneas Balance día 3	47
Figura IV-8: Línea Balance día 4	48
Figura IV-9: Distribución de trabajos inicial	54
Figura IV-10: Distribución de trabajo productivo inicial	54
Figura IV-11: Distribución de trabajo contributorio inicial	55
Figura IV-12: Distribución de trabajo no contributorio inicial	55
Figura IV-13: Sectorización del proyecto	58
Figura IV-14: Líneas Balance aplicando Lean	63
Figura IV-15: Distribución de trabajo final	68
Figura IV-16: Distribución de trabajo productivo final	68

	Página
Figura IV-17: Distribución de trabajo contributorio final	69
Figura IV-18: Distribución de trabajo no contributorio	69
Figura IV-19: Distribución final de trabajos	78
Figura IV-20: Distribución final de trabajo productivo	78
Figura IV-21: Distribución final de trabajo contributorio	79
Figura IV-22: Distribución final de trabajo no contributorio	79
Figura V-1: Curva S final del proyecto	80
Figura V-2: Distribución de trabajo final del proyecto	81
Figura VI-1: Curva S previa aplicación del Lean	82
Figura VI-2: Comparación con el estudio de Ghio	83
Figura VI-3: Comparación con antecedentes internacionales	84
Figura VI-4: Comparación con antecedentes nacionales	85
TABLAS	
Tabla III-1: Variable independiente	38
Tabla III-2: Variable dependiente	39
Tabla IV-1: Categorización de actividades	49
Tabla IV-2: Toma de datos	50
Tabla IV-3: Cuadro de resultados	53
Tabla IV-4: Last Planner del proyecto	57
Tabla IV-5: Trenes de trabajos	58
Tabla IV-6: Medición de tiempos de trabajo aplicado Lean	64
Tabla IV-7: Carta Balance aplicando Lean	67
Tabla IV-8: Velocidad de cuadrillas de vigas	70
Tabla IV-9: Tiempo no contributorio de la cuadrilla de viga	70
Tabla IV-10: Tiempo productivo de la cuadrilla de viga	70
Tabla IV-11: Productividad de mano de obra de la cuadrilla de viga	70
Tabla IV-12: Presupuesto inicial de la mano de obra	71
Tabla IV-13: Número de trabajadores	71
Tabla IV-14: Costos de HH	72
Tabla IV-15: conformación de cuadrillas de trabajo	72

	Página
Tabla IV-16: Duración del proyecto	72
Tabla IV-17: Sobrecosto de la mano de obra	73
Tabla IV-18: Duración final del proyecto	73
Tabla IV-19: Gasto final de la mano de obra	73
Tabla IV-20: Resultados finales de cartas balance	77
Tabla V-1: Cuadro de porcentaje de cartas balance	81

CAPITULO I.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación Problemática

Es bien conocido que el sector industrial es uno de los más productivos ya que la mayoría de las actividades son robotizadas con grandes maquinarias, este modelo nació bajo el nombre de Lean Manufacturing o producción sin desperdicios.

Este proceso fue bien visto en otros sectores dedicados a la producción de productos terminados con altos grados de desperdicios como lo es el sector construcción.

De acuerdo con (Koskela, 2010), la filosofía del Lean Construction nace a partir del modelo productivo del Lean Manufacturing, implementado en el sector automovilístico, cuyo objetivo es disminuir costos, tiempos y desperdicios de producción con el propósito de aumentar la productividad de una compañía con una serie de técnicas, principios y herramientas.

Por esta razón se le atribuye el darle un enfoque en el sector construcción a esta filosofía a (Koskela, 2010), en cuyo escrito indica que la producción en el sector anteriormente mencionado se oriente a ser un proceso de transformación y generador de valor.

Los objetivos fundamentales de la visión integradora de producción por parte de Koskela son: la reducción de los costos, además del ahorro en el tiempo e incrementar el valor para el interesado o cliente.

Otro autor relevante en el tema como lo es (Sacks, 2017), también resalta que, el enfoque de transformación-flujo-valor extiende las percepciones comunes de la construcción como un conjunto de actividades de transformación discontinuas, en las que los materiales se transforman en productos, para tener en cuenta el flujo de trabajadores, materiales, información, instalaciones y dinero a través de un proceso. El valor es la tercera visión de la producción en la construcción, que permite

la identificación de las pérdidas dentro de cualquier proceso mediante la distinción entre las actividades que agregan valor, o no, al consumidor final.

El Problem Solving, que viene del pensamiento Lean, es la solución a los contratiempos que pueden manifestarse en el día a día en una construcción, si bien se llega a solucionar dichos problemas que surgen no se hacen de la forma en la que el pensamiento Lean sugiere solucionarlos, no se intenta buscar las causas de estos problemas, ni mucho menos aprender de estos.

Las técnicas utilizadas en la actualidad durante una construcción se aplican con la finalidad de optimizar el proyecto, actividad por actividad. Como consecuencia de esto, se presta cada vez menos atención a cómo es que se crea valor añadido y de cómo este influye hacia la persona o grupo de personas interesadas o llamadas comúnmente como cliente. Los principales intereses en los que se enfoca la filosofía lean son:

- Generar un flujo confiable de recursos e información.
- Liberar carga del trabajo entre cada actividad.

Estas ideas se están viendo ignoradas en la actualidad de la construcción por darles más importancia a las ideas convencionales de productividad. La puesta en marcha de la filosofía Lean durante la construcción de una obra según (Howell, Koskela, Ballard, & Tommelein, 2002), se fundamenta en los cuatro siguientes aspectos esenciales:

- Objetivos evidentes, para la puesta en funcionamiento de la infraestructura.
- Maximización del rédito a nivel del ciclo de vida de la infraestructura.
- Diseño de acuerdo con la construcción de la infraestructura.
- Vigilancia de la producción a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

En pocas palabras, lo que se indaga con el empleo del sistema Lean Construction es reducir las actividades o los pasos a seguir dentro de un proceso preestablecido para lograr los objetivos sin generar desperdicio de los recursos.

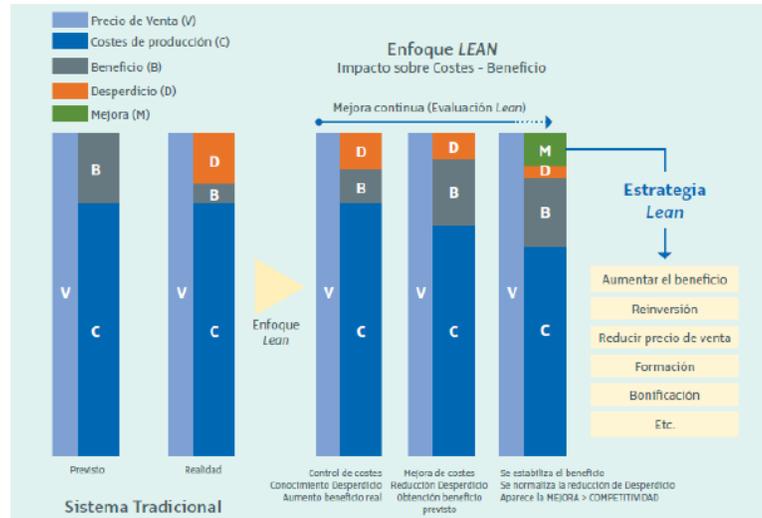


Figura 0-1: Sistema Tradicional vs Sistema Lean Construction

Fuente: (Structuralia, 2017)

En la imagen mostrada se puede ver las diferencias entre el sistema convencional de gestión de proyectos vista al lado izquierdo, que no considera los desperdicios desde un punto de vista económico, mientras que, en el lado derecho, se observa el sistema Lean, en el que todos los agentes están involucrados en la maximización del valor del cliente eliminando o reduciendo desperdicios. En otras palabras, lo que busca este sistema es maximizar los beneficios, reduciendo cada vez más los desperdicios de un proyecto.

Con la información recolectada hasta el momento podemos decir que el sistema del Lean Construction se presenta como una manera de gestión integral o construcción sin pérdidas de un proyecto por medio de herramientas que participan a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, en contraste con el modelo tradicional de ejecutar los proyectos de ingeniería, de manera que se pueda tener un mejor aprovechamiento de los recursos propios de cada proyecto.

En el ámbito nacional y de acuerdo con lo mencionado anteriormente, a partir del trabajo elaborado por (Ghio, 2000), se sabe que el trabajo productivo en el sector construcción de obras en Lima es solo

del 28%, más preocupante aún es el tiempo desperdiciado en trabajos no contributorios (36%).



Figura 0-2: Comparación de productividad en países latinoamericanos

Fuente: (Structuralia, 2017)

En esta figura obtenida desde (Structuralia, 2017) a partir de diversos trabajos hechos, entre ellos el realizado por (Ghio, 2000) muestra como en un estudio hecho en Chile, Colombia y Perú, nuestro país revela un índice de productividad menor que los otros.

Esto trae la necesidad de implementar herramientas o metodologías que permitan la mejora en el campo de la productividad dentro del país, la metodología utilizada en la mayoría de los países es el Lean Construction.

(Orihuela, 2011) En el Perú existe desde el año 2011 el Instituto de Lean Construction – Perú (LCI-PERU) con los objetivos de generar y compartir conocimiento sobre este sistema constructivo además de promover su aplicación y orientar a las nuevas empresas interesadas en utilizar el sistema de Lean Construction.

Este instituto fue fundado por seis empresas tales como: Graña y Montero, Coinsa, Copracsa, Edifica, Marcan y Motiva, en conjunto con la Pontificia Universidad Católica del Perú.

De acuerdo con el estudio elaborado por (Cámara Peruana de la Construcción, 2020) sobre el mercado de edificaciones, en Lima Metropolitana y Callao se construyeron aproximadamente 4.97 millones de m² en edificaciones urbanas, lo que corresponde a una caída del 15.7% con respecto al año anterior. El costo directo de construcción fue aproximadamente de US\$ 1,500'000.000. de los cuales cerca de la tercera parte es costo por desperdicios.

De esta información resulta evidente la necesidad de implementar métodos más eficientes de gestión de recursos. Claro está que una respuesta a esta problemática es la filosofía Lean Construction.

En ese sentido, el proyecto EDIFICIO VOCE el cual se encuentra en Jr. Horacio Cachay Diaz 167-127, Distrito de La Victoria, Lima, ejecutado por la empresa ejecutora Soluciones Específicas S.A.C. por encargo de la empresa inmobiliaria My Home, el cual consta de 542 m² de terreno, 13 pisos con azotea y 3 sótanos, 39 departamentos en total y áreas comunes como lobby, sala de usos múltiples, gimnasio y zona de parrillas, tuvo ciertas deficiencias en la productividad al inicio de su ejecución. Como se observa en la figura I-3, la condición inicial del proyecto en la que se ve con la línea gris, que luego de la primera semana de trabajo se tiene un retraso de aproximadamente 90% con respecto al avance programado de la obra de línea azul.

Es por eso por lo que se debió tomar una serie de medidas para evitar que este retraso se agrave con el paso del tiempo y recuperar el tiempo perdido.

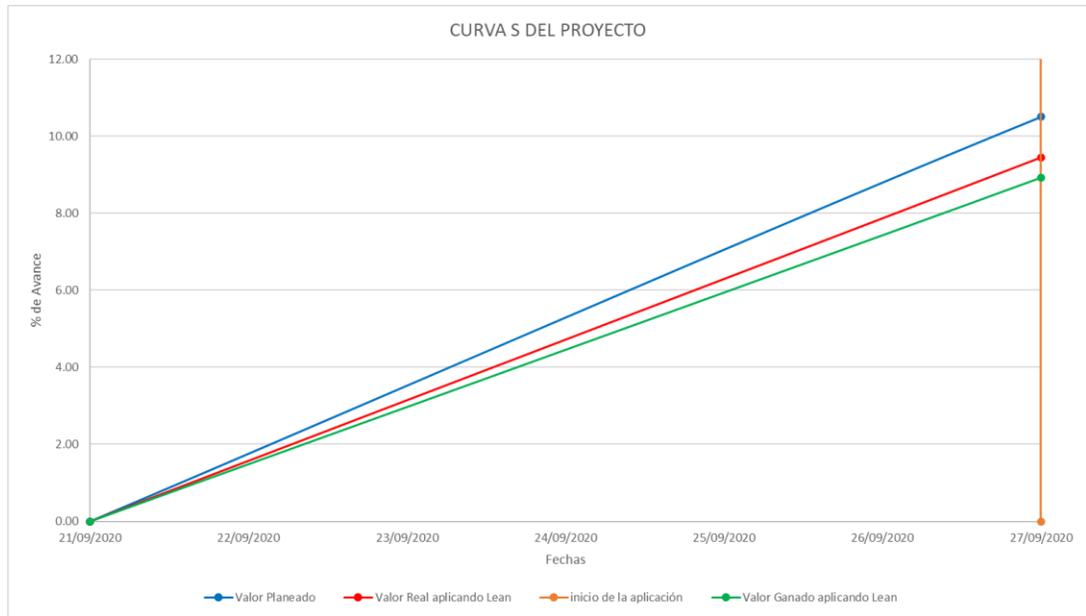


Figura 0-3: Curva S de la situación inicial del proyecto

En consecuencia, el presente proyecto se trata de la implementación de la filosofía Lean Construction en la obra EDIFICIO VOCE.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera la implementación de la filosofía Lean Construction influirá en la productividad de la ejecución del EDIFICIO VOCE?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera la implementación del análisis de restricciones influirá en la productividad de la ejecución del EDIFICIO VOCE?
- ¿De qué manera la implementación de las líneas balance influirá en la productividad de la ejecución del EDIFICIO VOCE?
- ¿De qué manera la implementación de las cartas balance influirá en la productividad de la ejecución del EDIFICIO VOCE?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Implementar la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad en la ejecución del EDIFICIO VOCE.

1.3.2. Objetivos específicos

- Implementar el análisis de restricciones para contribuir en la mejora de la productividad en la ejecución del EDIFICIO VOCE.
- Implementar líneas balance para contribuir en la mejora de la productividad en la ejecución del EDIFICIO VOCE.
- Implementar cartas balance para contribuir en la mejora de la productividad en la ejecución del EDIFICIO VOCE.

1.4. Justificación e importancia

El desarrollo del presente trabajo de investigación difundir la utilidad de la filosofía Lean Construction y de sus diferentes instrumentos durante la realización del proyecto multifamiliar y el gran impacto que puede llegar a tener durante la etapa de ejecución.

La investigación busca beneficiar tanto a la constructora y a la inmobiliaria generándoles un ahorro en tiempo y costo al hacer que su productividad durante la ejecución del proyecto mejore, que se trabaje de manera colaborativa y que no solo apliquen la filosofía durante la etapa de ejecución si no también durante la etapa de diseño junto a la metodología BIM. Además, puede servir como un punto de inicio para investigaciones venideras cuyas aplicaciones tengan como objetivo minimizar pérdidas o desperdicios en proyectos u obras de ingeniería, por el motivo de que podrá contener desde sus etapas iniciales una más eficiente planificación de obra, resultando en un ahorro y optimización significativa de sus recursos.

La importancia de la investigación es demostrar que la implementación de la filosofía Lean Construction en la ejecución del

proyecto, lograra generar un mayor beneficio a la empresa, dado que se podrá disminuir el uso de recursos que no generen ni aporten valor al cliente o la empresa

En el texto recogido de (Picado, 2015) se menciona lo siguiente:

Mediante el empleo de las herramientas y técnicas correctas, es viable ejecutar proyectos de ingeniería con una perspectiva fundada en la filosofía llamada LEAN CONSTRUCTION en los aspectos de mejora continua y la optimización de los recursos limitados. Esto logra alcanzar el objetivo principal de la filosofía que consiste en reducir los costos innecesarios de construcción incurridos durante la ejecución de un proyecto, dando como gran beneficiario a la empresa.

1.5. Alcances y limitaciones

Este trabajo de investigación se basa en el proyecto multifamiliar “EDIFICIO VOCE”, localizado en el distrito de La Victoria, este será el sujeto de estudio en el cual se utilizará la filosofía Lean Construction dentro de las partidas de estructuras.

Con la limitación de ser un trabajo de investigación que se realizó a lo largo de la etapa de casco estructural de la obra debido a la limitación del tiempo, sin tener en consideración las etapas siguientes de la obra.

1.6. Viabilidad

El presente informe de investigación se considera viable dado que se cuenta con la información recolectada en obra y facilidad a la información de la obra “EDIFICIO VOCE”. Asimismo, se cuenta con el tiempo, financiamiento, permisos correspondientes, apoyo para la implementación de esta filosofía y espacio para la elaboración de toma de datos.

CAPITULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

2.1.1. En el ámbito internacional

- (Ávila & Crespo, 2015) “Mejora de la productividad en la construcción de edificaciones en la Ciudad de Quito, aplicando Lean Construction”. Ecuador, UCE, Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemática. Tesis para optar el grado de Magister en Gerencia de la Construcción.

La tesis tiene como finalidad principal la implementación de “Lean Construction” en los proyectos: Construcción del Edificio de la Facultad de Ingeniería Química. Segunda Etapa con una duración programada de 3 meses y \$28,870.00 de costo y Edificio Residencial Piazza Italia con una duración de 3 meses y un costo de \$57,865.00 Ambos proyectos fueron analizados utilizando la herramienta de cartas balance en las partidas de mampostería y se obtuvo unas condiciones iniciales de 29.67% y 34.83 % de tiempo productivo. Los resultados obtuvimos fueron del 55% y 60% de trabajo productivo respectivamente y un ahorro de costo de 16.67% y 33.33% y de tiempo de 15 y 30 días respectivamente.

- (Ramírez, 2018) “Mejora en productividad, sostenibilidad y competitividad de Green Lean. Análisis de un estudio de caso”. Colombia, UNC, Facultad de Artes. Tesis para optar el grado de Magister en Construcción.

La investigación tiene como objetivo ser un medio difusor, guía práctico y base bibliográfica para próximas aplicaciones de la filosofía Lean Construction y Green Lean, tomando el caso práctico de la Constructora colombiana Prodesa, en la que menciona como en el proyecto Pampa-Piamonte, redujeron el tiempo empleado en la construcción de cada torre multifamiliar de 216 días a 154 días, además en otro proyecto llamado Peñol-Peral, este tiempo se acorto de 201 días

a 144 días por cada torres, demostrando una mejora en los tiempo de ejecución gracias a la implementación del Lean Construcción .

- (Villamizar & Ortiz, 2016) “Implementación de los principios de Lean Construction en la constructora COLPROYECTOS S.A.S. de un proyecto de vivienda en el municipio de Villa del Rosario”. Tesis para optar el grado de Título de Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos.

El tema de investigación tiene como objetivo principal el empleo de Lean Construction en la obra Arboretto de la constructora COLPROYECTO S.A.S ubicada en el municipio de Villa del Rosario. Aplicando el uso de las herramientas líneas balance y cartas balance se obtuvo unas condiciones iniciales del 61.5 % de trabajo productivo y 12.5 de trabajo no contributivo durante el mes de diciembre, para el mes de marzo se obtuvo un resultado final del 48.9 % del trabajo productivo y 8% del trabajo no contributivo habiendo aumentado el trabajo contributivo de un 26 a un 34.1%. además de un ahorro en los recursos de \$2'980.200 para la constructora.

- (Cano, Nieto, & Arango , 2017). “Implementación de la Metodología Lean Construction para la optimización de recursos en la empresa Gramar S.A”. Colombia, UCC, Facultad de Ingeniería. Tesis para Especialización en Gerencia de Obras.

Aquel estudio tuvo como objetivo implementar la metodología Lean Construction en la empresa Grammar para 2 proyectos de obras civiles que son los acabados en el bloque I de la Universidad Externado de Colombia y la remodelación del Centro Comercial Salitre Plaza. Con el uso de las cartas balance se tuvo como resultado una productividad del 64% en ambos casos.

- (Llopis, 2017). “Aplicación de herramientas enfocadas a la calidad bajo el enfoque Lean Construction en actividades de pavimentación”. España,

Universidad de Alicante, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Tesis de Pregrado.

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo identificar de las razones de no cumplimiento en las actividades de pavimentación y sus restricciones. Se utilizó la herramienta de Last Planner System para esquematizar la forma de encontrar las restricciones que se pueden llegar a presentar en una obra y como prevenir o solventar estas trabas a fin de no interrumpir el flujo de actividades o tener retrasos en obra.

2.1.2. En el ámbito nacional

- (Llerena, 2019) “Mejora de la productividad aplicando las herramientas Lean Construction en la ejecución del edificio Liberty de 20 pisos en la etapa de casco estructural ubicado en el distrito de Pueblo Libre”. Perú, USMP, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil.

El objetivo de esta investigación fue mejorar la productividad durante el proceso de construir el “Edificio Liberty” ubicado en el distrito de Pueblo Libre, durante las partidas de acero, encofrado, concreto entre el primer piso al vigesimoprimer piso. Luego de la aplicación de los instrumentos el grado de plan cumplido, análisis de restricciones y carta de balance el proyecto paso de tener una producción del 33% al 51% y un ahorro en el presupuesto de 4,76 %.

- (Flores & Castillo, 2016), “Optimización de la mano de obra utilizando la carta balance en edificaciones multifamiliares (caso: “Cerezos de Surco”) Santiago de Surco-Lima”. Perú, USMP, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil.

La investigación tuvo como finalidad la implementación de las cartas balance para optimizar la mano de obra durante la ejecución de la torre 2 del proyecto “Cerezos de Surco”. Se utilizó el instrumento de carta balance con la cual se obtuvo una mejora desde un estado inicial del

30.95% de trabajo productivo en la partida de encofrado hasta alcanzar un 38.89% en la partida de encofrado.

- (Izquierdo, 2016) “Optimización de la gestión del tiempo en la etapa de casco estructural en un edificio multifamiliar utilizando el método de línea de balance”. Perú, USMP, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil.

El objetivo de este estudio fue utilizar el instrumento de línea de balance para maximizar los tiempos de construcción del edificio Firenze. Teniendo como resultado de la investigación que, con respecto al tiempo de ejecución del proyecto, al implementar la Línea de Balance, se pudo determinar que este culminó con 27 días de retraso respecto a lo programado; de tal manera que se obtuvo un costo adicional de S/.3,261.15 por encima del costo de la mano de obra del casco.

- (Acosta & Campana, 2015) “Aplicación de “Lean Thinking” a vaciados de concreto en obras de edificación (caso: ESAN – Santiago de Surco – Lima)”. Perú, USMP, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil.

El objetivo de esta investigación fue la gestión de los desperdicios en las acciones de vaciado de concreto en una construcción. Su muestra de estudio se llevó a cabo en la Universidad ESAN y los trabajos para la empresa J.E. CONSTRUCTORA S.A. se utilizó la herramienta de cartas balance para observar cuales son las causas más recurrentes en el desperdicio de horas de trabajo. Teniendo como resultado de la investigación que, los desperdicios hallados se trataron de esperas y movimientos los cuales se tradujeron en 4.04% de mermas en el presupuesto de la partida de concreto.

- (Arenas, 2018) “Mejora de la Gestión en Obra de la Especialidad de Estructuras con la Aplicación del “Lean Construction”. Perú, UPLA, Facultad de Ingeniería. Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil.

El lineamiento de la investigación de tesis es pre-experimental del tipo aplicativo, y tiene como finalidad mejorar la Gestión del edificio “Certus” en Villa el Salvador en la especialidad de estructuras entre el sótano y primer piso del proyecto mediante el empleo del “Lean Construction”. Con la herramienta de cartas balance estudiadas desde enero a marzo de 2018, se obtuvo una mejora en el tiempo contributivo de un 37% al 45%.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Lean Construction

(Jones & Womack, 1996) son mencionados en el artículo de (Structuralia, 2017), como los primeros en utilizar el término Lean Production como el sistema de producción ajustada que tiene como fin organizar el mejoramiento de un producto, las operaciones y relaciones con los clientes con menor esfuerzo humano, capital y tiempo de fabricación sin descuidar la calidad esperada por los clientes, esta filosofía se origina desde el conocido como Toyota Production System (TPS), modelo de la compañía del mismo nombre para la fabricación de productos automovilísticos sin desperdicios. Es decir, utilizar menos recursos para la producción de un bien terminado.

Para lograr este objetivo, (Jones & Womack, 1996) describieron 5 pilares del sistema, a pesar de que con el paso de los años se ha ido añadiendo 2 pilares adicionales, los 5 pilares fundamentales son las siguientes:

- **Valor:** El valor es la pieza clave del pensamiento Lean. Esto es porque para esta filosofía, el hecho de crear valor significa saber lo que desea el cliente, llevar a cabo el boceto del producto final y su

desarrollo de fabricación, basándose en los requerimientos y necesidades de cliente.

- **Value Stream (Cadena o flujo de valor):** Se denomina cadena de valor a toda actividad necesaria en la transición de materiales e información hacia un producto final o servicio que entregamos al usuario. Usualmente existe una cadena o flujo de valor por cada producto o servicio que entrega la empresa. Lo más importante con respecto al flujo de valor es saber identificar dónde empieza y dónde acaba.

- **Flujo:** Se trata de permitir el flujo constante de las actividades o tareas que añaden valor, lo que en realidad representan una pequeña fracción del total. Parte importante de la filosofía Lean consiste en identificar y eliminar el porcentaje de las actividades que representan la otra mayor parte de las actividades que no suman valor al producto final de manera que se mejore la productividad de la empresa. La eliminación de este desperdicio identificado forma parte de la creación de un flujo para la cadena de valor.

- **Sistema Pull:** Se le define como un sistema productivo en el cual se solicita material, en la cantidad, la ubicación y en el momento indicado para la producción necesaria de un producto para un determinado cliente. En cierto modo no se produce nada hasta que no lo señale el comprador, quien es el encargado de determinar la demanda y no es el vendedor el que empuja los productos hacia el consumidor. Gracias a este sistema Pull, se elimina el exceso de inventario y la sobreproducción. De manera contraria, se puede observar que en el sistema tradicional o Push, la base se encuentra

en el almacenamiento de productos según una demanda prevista, lo que resulta en productos terminados transportado a almacenes.

- **Perfección:** La idea de perfección consiste en conseguir un producto de valor, tal cual las necesidades y requerimientos del cliente, sin necesidad de desperdicio alguno. En este sentido, no existe un límite físico para la llamada mejora continua. Se entiende como mejora continua en ofrecer un producto o servicio cada vez más cercano al deseo del consumidor final.

Con el paso de los años se fueron añadiendo de manera empírica 2 nuevos pilares. (Structuralia, 2017) recoge estas nuevas incorporaciones que son las siguientes:

- **Transparencia:** La transparencia se consigue en cuanto sea posible la mayor cantidad de información sobre los métodos descubiertos para la formación de valor. Es decir, se trata de producir un feedback positivo e instantáneo para los empleados encargados de hacer mejoras al proceso y al producto. Esto es la clave del Lean con respecto al proceso de mejora continua. Cuando se logra la transparencia acerca de los procesos de producción, se les da permiso a los colaboradores para tomar las acciones que mejor les parezca en el proceso.
- **Capacitación:** se trata de la exigencia hacia los participantes de la cadena de valor sobre una correcta realización de las actividades asignadas y un manejo de los recursos para preservar el flujo de trabajo y eliminar el desperdicio. Para obtener este resultado satisfactorio se debe informar de manera adecuada a todos los colaboradores, además de brindarles la potestad en justa medida para que ellos mismos sean capaces de resolver los contratiempos y laborar en una mejora continua.

Este último principio es especialmente importante ya que es la respuesta al porque se empezó a utilizar Lean en la construcción.



Figura 0-1: Análisis de tiempos en la construcción

Fuente: (Structuralia, 2017)

Esta imagen permite representar que, a nivel general, el mayor porcentaje de tiempo en obras, son destinadas a actividades que no generan un valor. Esto trae consigo un serio problema de costos, ya que se está pagando por mano de obra y maquinarias por tiempo muerto.

En consecuencia, se pierde productividad en la empresa y calidad en el producto final generando sobrecostos que no se tienen previstos en la planificación inicial del proyecto.

2.2.2. El desperdicio

En la tesis de (Corredor, 2015) se menciona que dentro del sistema TPS, existe un término japonés llamado “muda” la cual significa desperdicios y se utiliza para nombrar a toda tarea que cumple con las siguientes características:

- No añade valor para el comprador.
- No contribuye a la transformación del producto de manera visible en el objetivo de alcanzar el producto final.
- Agota recursos y por tanto origina un costo extra para el fabricante.

De manera ideal estos desperdicios deben ser acortado lo máximo posible o eliminarla por completo.

El sistema TPS y explicados por (Corredor, 2015), clasifica a los desperdicios en 7 grupos:

- **Sobreproducción:** Actividad en la cual se procesa el material en cantidad mayores a la necesaria en ese momento o requeridas por el cliente.
- **Esperas:** Tiempo en el cual un operario o una maquina permanece sin laborar ya que un trabajo previo les impide iniciar sus actividades.
- **Transporte:** Actividades conectadas al traslado de materiales o herramientas de un lugar determinado a otro, para su transformación o almacenaje.
- **Sobre procesamiento:** Realizar un mayor esfuerzo en la transformación de los materiales que la que es requerida o que no son realmente necesarias y pueden ser eliminadas.
- **Inventario:** Material, partes, insumos o productos terminados que por diversos motivos se encuentran inmovilizados, a la espera de ser procesados o vendidos y que requieren de actividades extras como manejo o mantenimiento.
- **Movimiento:** Desplazamientos innecesarios de los trabajadores alrededor del lugar de trabajo que extienden el tiempo necesario para realizar sus actividades encargadas.
- **Defectos:** Productos que gastaron recursos irrecuperables y que están fuera de las especificaciones.

2.2.3. Sistema de Producción Eficiente

Luego de ver cuáles son los problemas a los que se enfrenta el sector construcción, se ve necesario implementar un sistema en el cual se asegure que los flujos de actividades productivas no se detengan con el fin de lograr procesos eficientes. Con base en el TPS, (Koskela, 2010)

decide darle a la construcción un enfoque Lean, para esto propone que se debe tener flujos continuos y eficientes.

2.2.4. Flujo Continuo

Para garantiza que los flujos se ejecuten de modo incesante (Castro & Pajares, 2014), mencionan que según el trabajo de (Koskela, 2010), se debe organizar las tareas en sucesiones que sean continuadas una de la otra, de tal forma que permita el avance continuo.

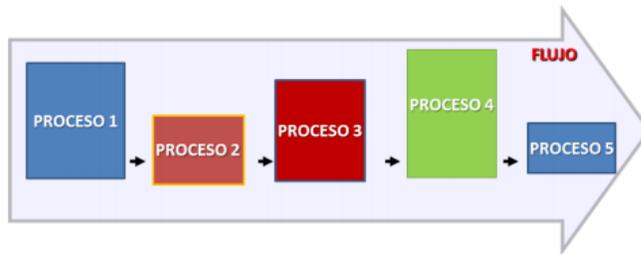


Figura 0-2: Flujos de procesos eficientes

Fuente: (Castro & Pajares, 2014),

Para explicar lo antes mencionado, tenemos de ejemplo la figura presentada en la cual se manifiesta que la sucesión de tareas está ordenada de manera continuista, Sin embargo, no se encuentran homologados, ya que se puede observar que tienen diferente proporción en cuestiones de carga laboral lo que provoca flujos ineficientes. Para conseguir flujos continuos se utiliza como una alternativa el sistema Last Planner System.

2.2.4.1. Last Planner System

Durante un proyecto, existen múltiples variables que no se tienen previstas durante la planificación de una obra. Esto impide el transcurso normal de las actividades, lo que provoca interrupciones frecuentes, y por consiguiente afecta a la productividad de las actividades siguientes y al

cumplimiento de tiempos de entrega. (Porras, Sánchez, & Galvis, 2014) explican lo propuesto por (Koskela, 2010), dentro del método tradicional, la planificación se trata de determinar lo que se “debería” hacer para finalizar una obra y decidir lo que “se hará” dentro de un período de tiempo, pero por motivos de variables o restricciones, se encuentra que no es posible que todo “puede” hacerse, produciéndose retrasos de forma repetitivas.

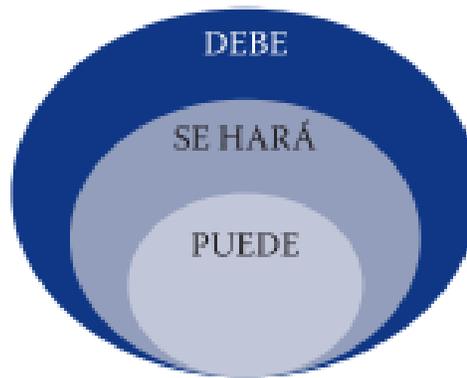


Figura 0-3: planificación usual

Fuente: (Porras, Sánchez, & Galvis, 2014)

Este grafico representa de manera sencilla que el número de tareas que se espera tener la capacidad de ser ejecutadas, en realidad es mayor a las que de hecho se pueden hacer ya que no se tienen los medios para realizarlos. Lo que se ejemplifica en la ilustración es uno de los deslices fundamentales en la planificación tradicional, de manera sencilla, esto se explica debido a que en el programa general del proyecto se describe lo que debe hacerse, sin tener en consideración lo que los administradores deliberan lo que se hará ni lo que el terreno permite ejecutar hacer.

El Last Planner System, tiene la finalidad de perfeccionar la elección de tareas que tienen la capacidad de poder hacerse y así obtener la confianza en que en realidad estas actividades se harán.

El sistema propone modificar la secuencia de control y programación de obra para incrementar la confiabilidad de la planeación y aumentar el desempeño en obra.



Figura 0-4: Sistema de Planificación Lean

Fuente: (Porras, Sánchez, & Galvis, 2014)

El modelo presentado ayuda a controlar de un modo efectivo la realización de las partidas indispensables para finalizar el proyecto, de manera que se pueda asegurar que lo que se proyecta realizar en la obra será hecho, esto permite evitar contratiempos en obra que conlleven pérdidas de tiempo, retrasos en el proyecto y pérdidas económicas.



Figura 0-5: Sistema de planificación Lean

Fuente: (Porras, Sánchez, & Galvis, 2014)

La distribución ideal del Sistema Last Planner se muestra en la figura anterior, (Ballard, 2000) explica que este modelo permite el desarrollo en 03 categorías de planificación, partiendo del punto general hasta llegar al nivel específico, proponiendo de esta manera un modelo cuya planificación se efectúa desde el nivel inferior del rango de planificadores; es decir, la última persona o supervisores dentro del proyecto.

La filosofía pretende garantizar que todos los requerimientos previos para ejecutar una actividad se encuentren completos y bien ubicados antes de la asignación de las cuadrillas de trabajo a las tareas dependientes de esta. Según (Howell, Koskela, Ballard, & Tommelein, 2002) es necesario que todas las tareas entren en alguna de los tres subconjuntos: deben, pueden y se harán y que reflejen cada categoría de planificación de la manera que se presenta a continuación:

- ✓ **Planificación general:** Planificación de todas las actividades indispensables para realizar del proyecto. La planificación general de obra se realiza a modo de diagrama de Gantt, disponiendo los tiempos útiles de las actividades indispensables para finiquitar los proyectos.

- ✓ **Planificación intermedia:** Este nivel consta del desglose de la programación general anteriormente vista, para evitar incurrir en tiempo no productivo y en la pérdida de material; de estas actividades, se resaltan las que deben efectuarse en un futuro cercano. Por ejemplo, en este nivel se controlan temas tales como diseño de piso, llegada de materiales, recursos humanos, etc.

- ✓ **Planificación semanal:** Se trata de la última fase de organización del Last Planner System y es el nivel donde se exhibe el mayor nivel de detalle previo a efectuar un trabajo; normalmente es elaborada por los administradores de obra, tales como maestros de obra o todos aquellos colaboradores que supervisan de manera directa la realización de las actividades en obra. Para cuantificar de manera porcentual, el número de actividades programadas ejecutadas en obra se utiliza el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) que sirve para medir la efectividad de la planificación semanal, además

se debe enumerar las causas por las cuales el PAC no llegó a ser de 100% para corregirlas inmediatamente en la siguiente semana.

2.2.4.2. Buffers

(Koskela, 2010), describe un Buffers como un método de mitigación al impacto negativo que pueden tener algunas variables sobre la cadena de producción.

La utilización de Buffers durante la producción, permiten tener un sistema con una óptima capacidad de predicción sobre agentes externos al planeamiento.

Los Buffers se clasifican en 3 tipos:

- ✓ **Inventarios:** Se refiere a la necesidad de tener materiales en stock que puedan ser utilizados en cualquier momento y no depender de agentes externos como la disponibilidad del proveedor o de una variación de los precios a futuro.
- ✓ **Tiempo:** Se refiere a la holgura en la planificación de los tiempos de producción, de manera que se puedan utilizar estos tiempos extras para mitigar posibles pausas o circunstancias fortuitas que es posible que sucedan al momento de efectuar la obra.
- ✓ **Capacidad Operacional:** Se interpreta como la capacidad de flexibilidad de la mano de obra o de algunos equipos para ejecutar funciones en las que no están especializadas para generar una respuesta rápida hacia alguna contingencia que pueda ocurrir sobre el proceso productivo.

2.2.5. Flujo Eficiente

Una vez conseguido un flujo continuo de actividades (Castro & Pajares, 2014) explican que según (Koskela, 2010), se tiene que lograr procesos que consuman una equitativa cantidad de recursos.

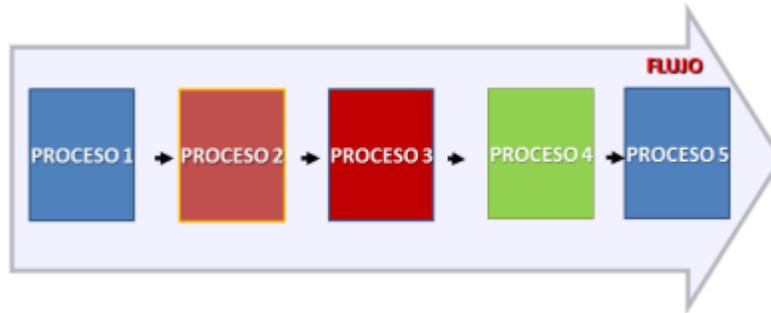


Figura 0-6: Flujo eficiente de actividades

Fuente: (Castro & Pajares, 2014)

Para lograr el objetivo de tener un flujo de actividades constante y eficiente se debe evitar que existan restricciones que perjudiquen al avance de las actividades.

2.2.5.1. Teoría de las Restricciones (TOC)

Para (Goldratt, 2004) y transcrito por (Batallanos, 2020) se define como una “Restricción” al factor que impide a las empresas conseguir el máximo de valor consecuente con los medios que tiene disponible. Esto impide a las empresas con fines de lucro generar ganancias monetarias de forma sostenida en el tiempo.

Para evitar estas restricciones (Goldratt, 2004) dio a conocer 5 pasos claves:

- ✓ **Identificar restricciones.** Se trata de descomponer el proceso de fabricación en fases y tareas a partir del entendimiento pleno del proceso productivo para obtener mediante un análisis de tiempos, la capacidad de producción de cada tarea, esto permite establecer los cuellos de botella de cada actividad.
- ✓ **Explotar la restricción.** Desarrollar una estrategia para resolver la restricción de la manera más efectiva.

✓ **Subordinar el sistema.** Significa nivelar las actividades del proceso al ritmo de la actividad generadora del cuello de botella. Este paso indica que, por el contrario de lo que se esperaría, no se obtienen resultados óptimos añadiendo herramientas o con cuadrillas que ejecuten tareas más rápido que las anteriores; sino que de esta manera solo se produciría una disminución de la productividad. Se explica que si una actividad anterior a esta trabaja de manera más rápida que esta se genera desperdicios por sobre procesamientos.

✓ **Aliviar la restricción.** Para seguir en transcurso de mejora continua, se requiere que aumente la capacidad de producción de las restricciones. Por ejemplo, buscar la contratación futura de personal más adecuado.

✓ **Verificar la propia inercia se transforme en una restricción,** es decir repetir los pasos en busca de nuevas restricciones, evitando que el trabajo repetitivo no genere ninguna restricción nuevamente.

Por consiguiente, TOC es una pauta de gestión que se encarga organizar un sistema cuya capacidad de generar valor está determinada por un eslabón limitador llamado restricción.

Según (Goldratt, 2004) y explicado por (Batallanos, 2020) para estudiar estas restricciones de manera más detallada, se pueden clasificar en dos grupos, estas son las restricciones físicas y restricciones de políticas.

- Las restricciones físicas se deben a diversos problemas concernientes a causas tangibles como lo pueden llegar a ser maquinarias defectuosas, escasez de materia prima o capital, mano de obra no capacitada, entre otros.

- Las restricciones políticas, por otro lado, de deben principalmente a agentes externos con comportamientos inadecuados, los cuales provocan suposiciones inexactas, como por ejemplo la cotización del dólar, fluctuaciones de precios de mercado, etc.

La finalidad de esta teoría es plantear la concentración en esfuerzos en mejorar aquellos procesos generadores de restricciones en lugar de intentar mejorar todas las otras actividades con la finalidad de perfeccionar la productividad del sistema. En este sentido, lo más importante es ubicar de manera correcta el lugar donde se ubica el cuello de botella del sistema ya que dedicar esfuerzos a aumentar la velocidad de otro proceso no genera ningún valor agregado al producto, por el contrario, causa desgaste y desperdicio.

2.2.5.2. Sectorización

(Castro & Pajares, 2014) transcriben el trabajo de (Koskela, 2010) en donde se menciona que, para la sectorización primero se debe precisar el método constructivo del proyecto y realizar los siguientes pasos:

- Realizar el metraje de las actividades en m³, m² y/o ml.
- Subdividir la cantidad de metrados totales entre el número total de sectores deseados para la obra, se recomienda que estos sectores contengan una cantidad similar de elementos ejecutables.
- Medir y controlar la realización de las tareas programadas.

2.2.5.3. Trenes de Trabajo

(Castro & Pajares, 2014) de igual manera mencionan que (Koskela, 2010) describe esta teoría como una técnica de producción constante que se emplea en proyectos donde la carga de trabajo es simplificada a partes equivalentes, esta herramienta recibe su nombre ya que se conceptualiza cada actividad como una estación de trabajo. Esta herramienta permite optimizar las actividades repetitivas y secuenciales.

El tren de trabajo establecido tiene que contar con las siguientes características:

- Se examina que todas las estaciones de trabajo se encuentren balanceadas en capacidad y demanda.
- Inicialmente se toma a los procesos como cuello de botella, es decir se debe tomar a todas las actividades como una Ruta Crítica.
- Diariamente, cada cuadrilla es constante con respecto a su capacidad de producción y como consecuencia, se infiere que se tiene un avance de obra constante a diario.
- Los recursos y trabajo realizado en cada estación son constante y equivalente.
- La carga de trabajo de cada estación está predeterminada con respecto a la demanda de trabajo.

Además, el desarrollo de los trenes de trabajo se realiza con los siguientes pasos:

- Sectorizar el área de trabajo
- Listar actividades fundamentales
- Encadenar las tareas
- Dimensionar recursos

De esto podemos concluir que la aplicación del sistema de trenes de trabajo tiene como principales ventajas crear la especialización de trabajos y crear curvas de aprendizaje, esto ayuda a facilitar la vigilancia y mejorar la productividad. Por otro lado, la desventaja principal del sistema es que considerar necesariamente a todas las tareas como partidas críticas, esto quiere decir que el no cumplimiento de una genera una disminución en la productividad del sistema.

2.2.6. Procesos Eficientes

Una vez tenido un flujo eficiente de actividades, es deseable producir la mayor cantidad de productos terminados con la menor cantidad de recursos posibles con el fin de mejorar la productividad.



Figura 0-7: Procesos Optimizados

Fuente: (Castro & Pajares, 2014)

De esta manera podemos conseguir que los procesos consuman menos recursos a diferencia de lo anteriormente presentado en la figura 2.7. contrariamente a la anterior figura, en esta se aprecia que los procesos están optimizados.

2.2.6.1. Cartas Balance

(Castro & Pajares, 2014) citan el trabajo de (Serpell, 2002) en donde por medio del método de la observación, es posible optimizar el trabajo productivo que contribuye directamente a la producción. Tras estudiar estos resultados, es posible actuar en favor de la reducción o en el mejor de los casos la eliminación de actividades no productivas como tiempos de espera de materiales o herramientas, traslados de colaboradores en el perímetro de la obra, etc. Esto es de suma importancia a razón que se identifican tiempos improductivos y a la toma de decisiones para optimizar los procesos.

(KyK Group, 2019) según lo presentado por (Serpell, 2002), menciona que para elaborar la carta balance es necesario entender que las actividades se pueden dividir en tres clases de trabajos:

- **Trabajo Productivo:** se le conoce como trabajo productivo a todo aquel trabajo que contribuye con un aporte directo al avance físico del proyecto.
- **Trabajo Contributorio:** se le conoce como trabajo contributorio a todo aquel trabajo que contribuye con un aporte de manera indirecta al avance del proyecto.
- **Trabajo No Contributorio:** Toda actividad que NO contribuya de ningún modo al avance del proyecto.

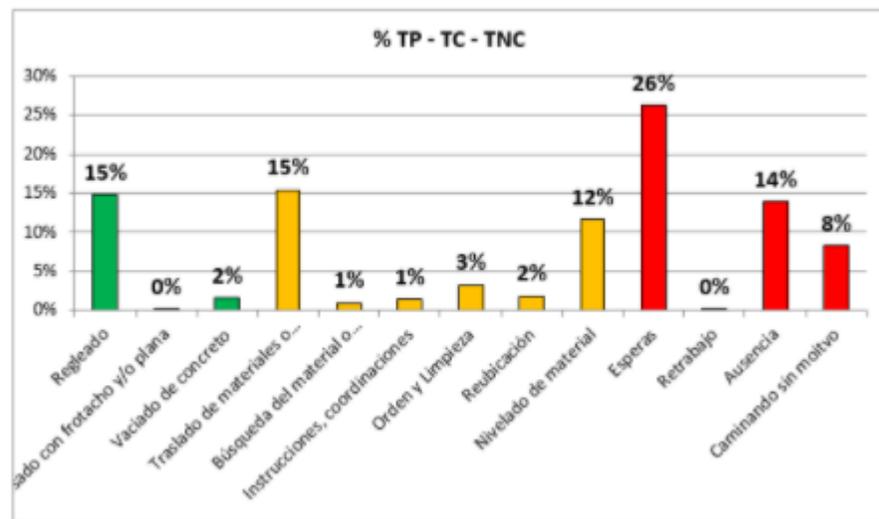


Figura 0-8: Distribución General de Trabajo

Fuente: (KyK Group, 2019)

Tomando como ejemplo el gráfico presentado, se puede observar de manera clara como cerca del 48% del tiempo medido para la actividad, se pierde en trabajos No Contributorios. Es decir que cerca de la mitad de las horas utilizadas, no aportan ningún valor para el proyecto y peor aún solo el 17% de las horas son empleadas en trabajos productivos que contribuyen de manera directa a la actividad.

2.2.6.2. Líneas Balance

En el sitio web de (Academia, 2018) se explica que las líneas de balance es una herramienta desarrollada por (Fouch, 1940) la cual representan una metodología de planificación que permite observar de

manera gráfica las tareas realizadas de un proyecto. Estas se describen como una serie de líneas bajo una pendiente que muestran su tasa de producción diaria. De esta manera se representa el cronograma del proyecto de una forma intuitiva lo que permite generar una mejor toma de decisiones.

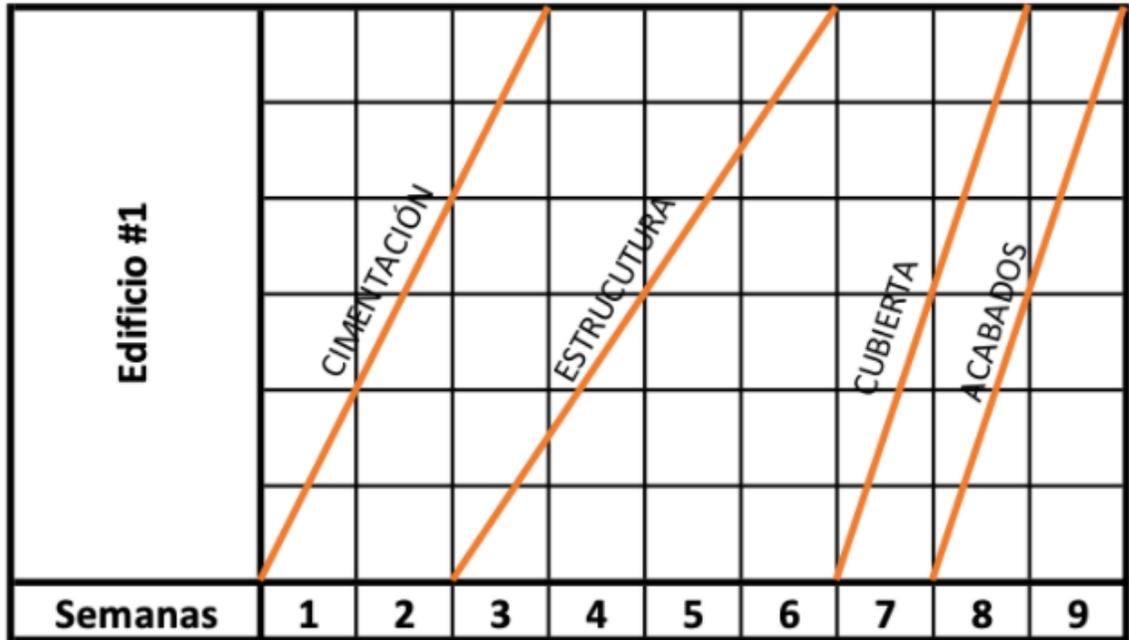


Figura 0-9: Líneas de balance óptimas para un edificio multifamiliar

Fuente: (Acaddemia, 2018)

Con ayuda de las líneas de balance es posible ubicarse en el tiempo con relativa facilidad y estimar de manera porcentual, la ejecución de las actividades.

Por ejemplo, podemos observar que para el fin de la semana 4 deberían estar terminada las actividades correspondientes a estructuras en un 50%.

Además, con este grafico se tiene los medios para observar en qué momento del proyecto no se están efectuando actividades que se podrían estar ejecutando. Para tener un mejor balance se podría aumentar o disminuir las pendientes de las líneas, de manera que sean paralelas entre

sí. Siempre que se tenga considerado las condiciones de viabilidad del inicio de las actividades.

2.2.6.3. Informe Semanal de Producción

Es una herramienta utilizada en el Lean Construction acuñadas por (Jones & Womack, 1996) que consiste en documentar el avance real de la obra; es decir, mencionar las actividades programadas que realmente se cumplieron o indicar las razones por las cuales no se pudieron completar, con la finalidad de darles solución para la siguiente semana.

Para saber cuáles son las actividades que se deben cumplir semana tras semana, se debe ver la planificación intermedia del proyecto, como lo indican (Porrás, Sánchez, & Galvis, 2014):

- **Definición del intervalo de tiempo:** Intervalos medibles entre semanas donde su número se encuentra supeditado de las características propias de cada proyecto como por ejemplo de los tiempos de adquisición de materiales, maquinarias, etc. Es recomendable que los intervalos de espera para cada tarea deben estar correctamente identificados en el programa maestro e identificados en el programa semanal, sobre todo aquellas que tienen un periodo de espera largo como lo son tiempos de entrega de materiales.

- **Definición de las actividades que serán parten del plan intermedio:** A partir de los intervalos definidos, se explora de manera detallada, todas las actividades de la planificación general contenidas en estos, lo que permite conseguir un listado de tareas por cada intervalo de tiempo, cada una de estas actividades tendrán sus propias restricciones que establecen su ejecución.

- **Análisis de restricciones:** Una vez que se tienen señalizadas las actividades que juntas conforman del plan intermedio, el paso siguiente es verificar que estén libres de restricciones, como ya se explicó anteriormente, eso es esencial para que se puedan ejecutar en el momento previsto.

- **Intervalo de trabajo ejecutable (ITE):** Se encuentra compuesto con el total de los cometidos con mayor probabilidad de poder ser efectuadas, en otras palabras, aquellas tareas que hayan pasado por el proceso anterior y se encuentren libres de restricciones.

Puede existir el caso donde alguna tarea del ITE no pueda ser realizada en el tiempo previsto o caso contrario se pueda ejecute antes a lo planificado, en este caso se debe tener previsto otras tareas para evitar que las cuadrillas se encuentren libres de trabajo.

Conocidas estas consideraciones, (Porras, Sánchez, & Galvis, 2014) describe el informe semanal como un documento donde se debe consignar la siguiente información:

1. **Programa de trabajo semanal:** Como su nombre lo indica, el programa de trabajo semanal contiene el listado de todas las actividades que serán ejecutadas durante la semana. Este listado de tareas la conforman todas aquellas que se pueden ejecutar según lo hecho en el ITE.

2. **Porcentaje de programa cumplido:** En el momento en que ya se ha obtenido el plan de trabajo semanal según el Sistema Last Planner, se cuantifica el cumplimiento de lo programado en el plan mediante el porcentaje de programa cumplido (PPC para abreviar), cuya función es la de comparar lo que se planificó hacer según el plan de trabajo semanal con lo que en la realidad de efectuó en

obra. Para poder cuantificar este coeficiente, se debe tener el total de actividades culminadas en obra durante la semana, por el motivo dado es que se debe llevar una hoja formato en donde figure por cada actividad programada si esta fue completada o no, sin considerar un porcentaje de avance, de esta manera se logra ver el PPC:

$$PPC = \frac{TOTAL DE ACTIVIDADES CUMPLIDAS}{TOTAL DE ACTIVIDADES PROGRAMADAS} * 100\%$$

Para un estudio completo de los resultados conseguidos en la finalización de cada semana laboral, se pueden ir mostrando de manera gráfica el rendimiento del LPS a lo largo de la ejecución de la obra, en este grafico se colocan las semanas en el eje horizontal y el PPC en el eje vertical. Este gráfico permite observar posibles aumentos en el PPC entre semanas, además de las mejoras del rendimiento de las cuadrillas de trabajo en la ejecución de las labores.

- 3. Reunión de planificación semanal:** Previo al inicio de cada semana laboral, se programa una junta con la finalidad de discutir asuntos de planificación semanal. A esta reunión es recomendable la asistencia del administrador de obra, el delegado de la planificación, supervisores y maestros de obra, delegado de la oficina técnica y subcontratistas.

Los posibles asuntos para tratar pueden ser los siguientes:

- ✓ Revisar el PPC de la semana que ha terminado y discutir los resultados.

- ✓ Analizar las posibles causas por el incumplimiento de actividades programadas y plantear soluciones concretas.
- ✓ Realizar un paralelismo entre los objetivos previstos y conseguidos en el proyecto.
- ✓ Elaborar una cadena detallada para planear el trabajo de la semana venidera.

Para alcanzar los objetivos propuestos durante dicha reunión, se asigna un coordinador del sistema de control y el último planificador que deben traer consigo lo siguiente:

4. Coordinador del sistema:

- El Programa maestro además de la planificación intermedia.
- La comparativa de los objetivos previstos y conseguidos.
- ITE actualizado.

5. El último planificador:

- El PPC de la semana y las posibles razones de su incumplimiento.
- Detalles sobre el estado de la obra.
- Posible lista de las tareas que se puedan realizar durante la semana próxima.
- Verificación de las restricciones.
- Una lista de tareas que ingresaran tanto en la planificación intermedia como en la planeación de la semana.

2.2.7. Productividad en obra

(Serpell, 2002), Define en su escrito el término productividad como:

La conexión que existe entre los recursos gastados y lo que estos producen para ejecutar una determinada tarea, también la define dentro

del sector construcción como la eficiencia con la que los recursos limitados son dirigidos para concluir un proyecto, dentro de un plazo preestablecido y con un estándar de calidad predeterminada.

Productividad = cantidad producida / recursos empleados

El concepto de productividad abarca dos conceptos.

Por un lado, tenemos a la eficiencia descrita como el coeficiente entre la producción conseguida y la planificada, en resumidas cuentas, se trata de la correcta administración de los recursos, que pueden ser materiales, humanos, o incluso el tiempo mismo.

Por el otro lado tenemos a la efectividad explicada como la culminación de los objetivos planteados.

Para que la empresa pueda competir y se productiva, se debe conseguir una alta efectividad y eficiencia.

2.2.7.1. Productividad de la mano de obra

De manera específica (Serpell, 2002), así como lo menciona (Padilla, 2016). La mano de obra es probablemente el recurso clave dentro del sector construcción, esto lo menciona con base a que de ella depende de manera directa en la productividad del resto de recursos y además genera en gran medida, el trabajo impreso que se ve reflejado en las construcciones de proyectos. También lo define como un factor crítico puesto que en este recurso se denota el comportamiento humano, el cual siempre se muestra alarmantemente con un bajo nivel de predictibilidad. En conclusión, para conseguir que un proyecto sea exitoso, se hace inevitable conseguir cotas altas de desempeño de la mano de obra; con este fin, es preciso que se encuentren los siguientes tres elementos fundamentales:

- El “deseo” del trabajador. La voluntad que presenta la mano de obra para ejecutar un trabajo correcto que se puede conseguir mediante motivación o incentivos personales.

- El “conocimiento”. Este elemento se consigue a partir de tareas de capacitación del personal.
- La “capacidad”. De administrar este recurso de manera eficiente y eficaz.

2.3. Definición de términos básicos

- **Valor:** Es aquel beneficioso que se le añade al producto para la entrega al cliente.
- **Desperdicio:** Es todo aquello que no genere valor y puede eliminarse.
- **Planificación:** Es el formato ideal en la que se efectuará el proyecto en la realidad.
- **Look Ahead:** Planificación de la obra que se realiza a mediano plazo con una extensión de hasta 6 semanas.
- **Plan Semanal:** Toda aquella actividad que se realizara durante la semana, habiéndose levantado sus restricciones.
- **Velocidad:** Es la cantidad de producción (que se puede medir en m, m2, m3) que se realiza en una unidad de tiempo (horas o día).
- **Rendimiento:** Es la cantidad de recursos utilizados (horas hombres u horas maquina) para poder realizar una producción (m, m2, m3).
- **Efectividad:** Es la capacidad de lograr un efecto esperado.
- **Eficiencia:** Capacidad de lograr el efecto utilizando la mínima cantidad de recursos.
- **Cuadrilla:** Grupo de trabajadores que realizan una actividad dentro de la obra.
- **Buffer:** Colchones de tiempo que se usan en los trenes de trabajo para contrarrestar la variabilidad de la obra.
- **Balanceo de Cargas:** Control de producción, para obtener una línea de fabricación equilibrada y permitir la optimización de las variables que afecten la productividad.

- **Trenes de Trabajo:** Actividades que se realizan de manera secuencial, dependiendo siempre de la realización del anterior.
- **Restricciones:** Toda aquella condición que evita el flujo continuo del proyecto.
- **Lotes de Producción:** Es la cantidad total de elementos que se entregan en un proceso.
- **Lotes de Transferencia:** Número de elementos que se transfiere de un proceso a otro.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La implementación de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en la ejecución del EDIFICIO VOCE.

2.4.2. Hipótesis específicas

- La implementación de análisis de restricciones contribuye en la mejora de la productividad de la mano de obra en la ejecución del EDIFICIO VOCE.
- La implementación de líneas balance contribuye en la mejora de la productividad de la mano de obra en la ejecución del EDIFICIO VOCE.
- La implementación de cartas balance contribuye en la mejora de la productividad de la mano de obra en la ejecución del EDIFICIO VOCE.

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

3.1.1. Enfoque de la investigación

La investigación que aquí se presenta contiene una orientación cuantitativa, dado que se trabaja con porcentajes de mediciones de las actividades a realizar.

3.1.2. Tipo de investigación

La investigación que aquí se tiene una orientación aplicada, debido a que se analizan los inconvenientes presentes a lo largo de la realización del casco de la obra para luego evaluar los aportes brindados.

3.1.3. Nivel de investigación

Descriptivo, ya que se hallaron parámetros para cuantificar la productividad en la obra.

3.1.4. Diseño de investigación

No Experimental, porque el estudio se realizó sin la manipulación de las variables.

Longitudinal, porque que se recolecto datos con el transcurso del tiempo y así obtener los datos estadísticos que necesitamos.

Prospectivo, porque se analizan los datos en el futuro.

3.2. Definición de las variables

- Variable independiente:
Filosofía Lean Construction
- Variable dependiente:
Productividad en obra

3.3. Operación de las variables

Tabla 0-1: Variable independiente

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METRICAS
Variable Independiente: Filosofía Lean Construction	ANALISIS DE RESTRICCIONES	Fecha Limite	Dia
		Responsable	Personal
	LINEAS BALANCE	Hora de inicio	H
		Tiempo Limite	Horas
	CARTAS BALANCE	Trabajo Productivo	Minutos
		Trabajo Contributorio	Min
		Trabajo No Contributorio	Min

Fuente: Propia

En el presente trabajo de investigación, se tiene como variable independiente la filosofía Lean Costruction ya que su aplicación tendrá un efecto en la variable dependiente presentada líneas abajo.

Las dimensiones son las herramientas de Lean aplicadas en este trabajo y se detallan a continuación:

- El análisis de restricciones da como resultado un conocimiento previo a las posibles causas de demoras en el proyecto. Su correcta aplicación será medida según el tiempo de entrega del proyecto final y si el responsable de recibir el producto final esta conforme con las especificaciones ejecutadas.
- Las líneas balance ayuda a percibir el tiempo utilizado por cada actividad hecha durante el día laboral. Su aplicación permite visualizar si las actividades programadas empiezan a la hora preestablecida en el cronograma de actividades y si se concluye dentro del tiempo límite de dicha actividad.

- Las cartas balance permite distinguir de manera porcentual el tiempo productivo del día laboral, el tiempo que contribuye de manera indirecta y el tiempo desperdiciado o de ocio.

Tabla 0-2: Variable dependiente

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METRICAS
Variable Dependiente: Mejora de la productividad	RATIOS	Metrado	ml/m ² /m ³ /kg
		Tiempo	HH
	MANO DE OBRA	Rendimiento	m ² /HH kg/HH
		Ratio	m ³ /HH ml/HH

Fuente: Propia

Por otro lado, la variable dependiente es la productividad de la mano de obra, ya que la implementación de la filosofía Lean afecta de manera directa en el avance diario de la obra y a los tiempos de realización de las actividades programadas.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Todas las obras de edificación multifamiliar en el distrito de La Victoria de la Empresa Soluciones Específicas.

3.4.2. Muestra

La muestra que se toma involucra al personal de obra en campo que cubren las diferentes partidas de acero, encofrado y vaciado de los diferentes elementos estructurales del “EDIFICIO VOCE” ubicada en el distrito de La Victoria - Lima.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a. Técnica

La técnica que se usara para la recolección de datos en la presente investigación es la observación, ya que para la toma de

tiempos o para corroborar los avances hechos semanalmente se tiene que ir al campo, lugar de trabajo, para luego ser llevado al instrumento de procesamiento de datos

b. Instrumentos

Para la recolección de datos se usaron formatos de las siguientes herramientas:

- Sectorización.
- Balanceo de Trabajo.
- Trenes de trabajo.
- Líneas Balance.
- Cartas Balance.
- Análisis de Restricciones.

3.6. Técnicas e instrumentos de procesamiento y análisis de datos

Para este presente trabajo se elaborará el procesamiento de los datos obtenidos de los formatos de la recolección de datos en el programa Microsoft Excel, el cual nos brindará una mejor visión de los avances y mejoras de los resultados en sus tablas y gráficos que estará presentes en los cuadros comparativos.

CAPITULO IV. DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1. Descripción del Proyecto

La obra de edificación en donde se llevó a cabo el siguiente estudio y análisis para la presentación de esta tesis es el edificio “Proyecto VOCE” localizado dentro del distrito de La Victoria en Lima. Esta edificación cuenta con 3 sótanos para los estacionamientos de los departamentos y un 4to sótano donde se encuentra ubicada la cisterna, cuarto de máquinas y el pit del ascensor. Desde el 4° nivel al 13° nivel se tratan de pisos típicos donde se encuentran cuatro departamentos Flat por nivel.

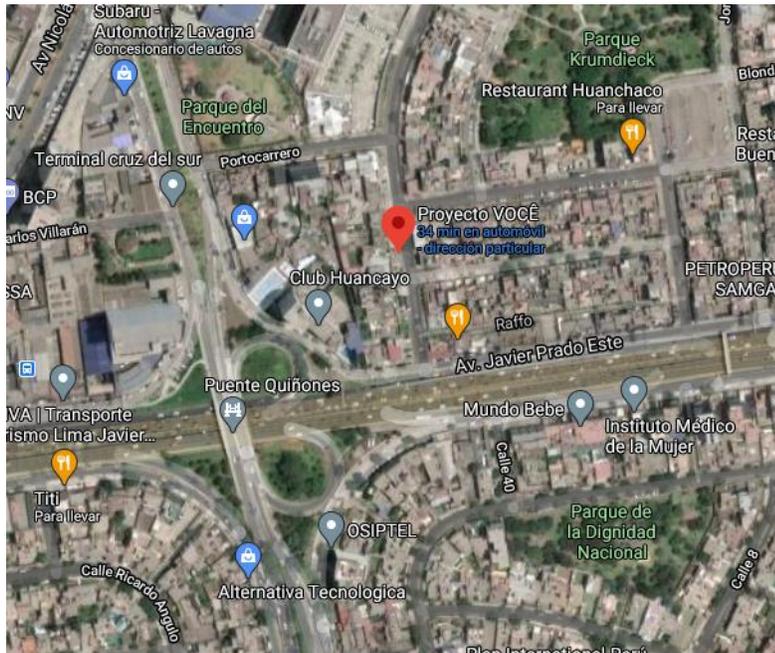


Figura 0-1: Ubicación del proyecto

Fuente: Google Maps

A continuación, se presenta la planta típica del edificio donde se va a realizar el estudio del proyecto.

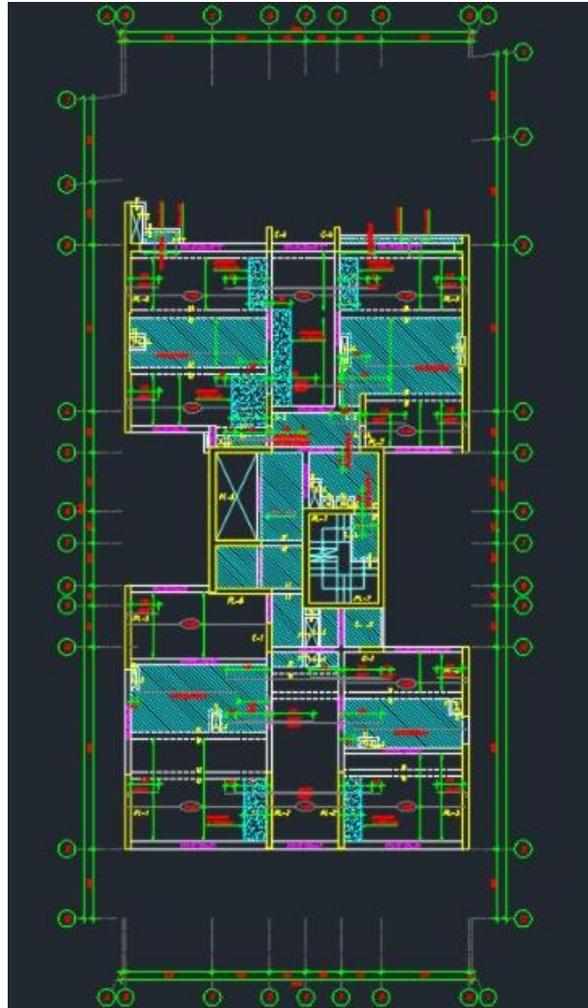


Figura 0-2: Planta Típica del proyecto

Fuente: Propia

Este proyecto fue elegido materia del presente estudio ya que cuenta con 10 pisos típicos, esto es útil para poder tomar mediciones constantes sobre la mejora de la productividad.

4.2. Situación inicial

Antes de implementar las herramientas explicadas en el capítulo anterior, se debe realizar un análisis previo de la situación inicial de la obra, es por esta razón que la siguiente figura presenta la curva S inicial del proyecto, en esta primera semana de trabajo entre los días 21 y 27 de setiembre se evidencia una ligera demora tanto en el avance programado con respecto al 85% de valor ganado mostrado con el color verde y en el gasto previsto con relación al 90% valor real del presupuesto mostrado con el color rojo.

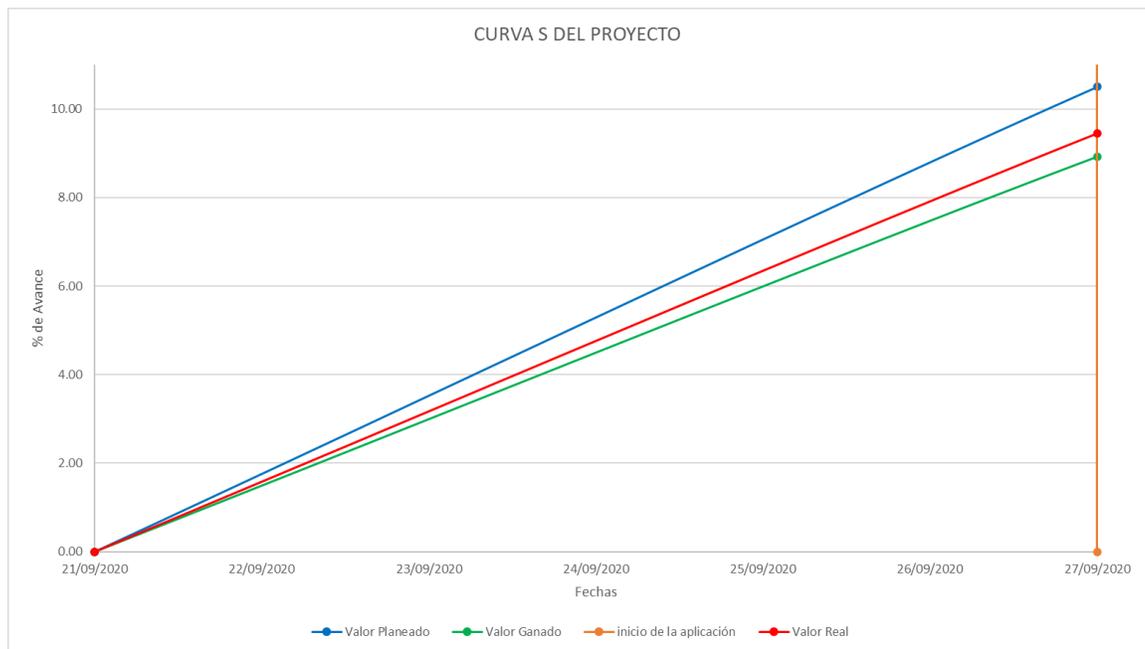
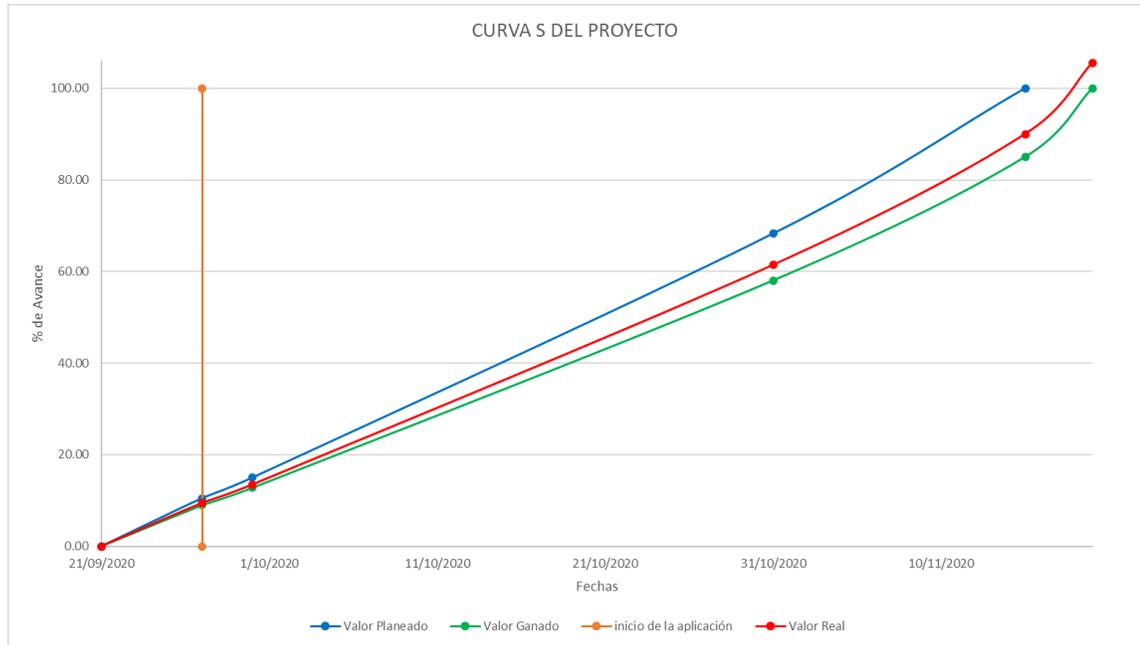


Figura 0-3:Curva S inicial del proyecto

Fuente: Propia



Fuente: Propia

Figura 0-4: Retraso observado en la curva S

Realizando una estimación, podemos ver como en el futuro podríamos tener los problemas de gastar más de lo previsto en el presupuesto inicial y que además no se terminaría a tiempo con el casco de la obra. Es por esta razón que a partir del día 27 de setiembre se implementó la filosofía Lean Construction con el fin de evitar incurrir en este gasto de tiempo y dinero. Este análisis se presenta a continuación:

4.2.1. Líneas Balance

Las siguientes líneas balance se tomaron durante la Gemba Walk que consistió en recorrer la obra, observando y tomando mediciones de ritmo de trabajo de las actividades programadas del día.

Líneas abajo, se muestran gráficas correspondientes al primer día de toma de datos correspondientes al tercer piso. Las siguientes gráficas permiten explicar mejor los resultados obtenidos.

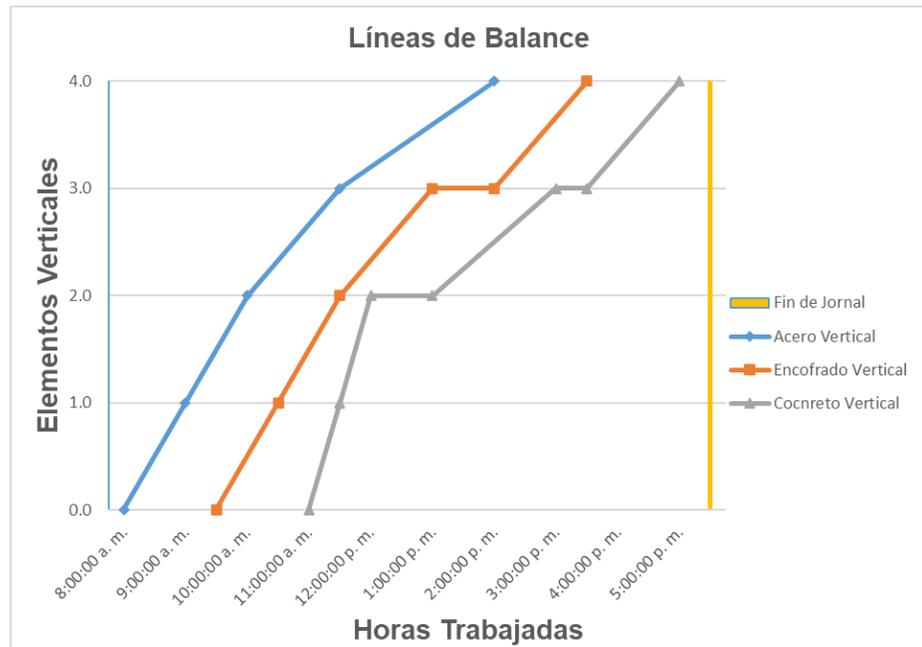


Figura 0-5: Líneas Balance día 1

Fuente: Propia

En esta figura se advierte que en el eje X se tiene el horario de trabajo de un día laborar desde las 8am hasta las 5pm, mientras que en el eje Y se tienen los productos finales, en este caso se tratan del encofrado y vaciado de 4 columnas de concreto. Por último, el ángulo de pendiente de las líneas representa el ritmo de trabajo; es decir, el tiempo que se tardan en encofrar y vaciar una columna.

En este caso se puede observar que se logró terminar todas las actividades, esto significa en términos porcentuales, que se tiene una confiabilidad del 100% o dicho en palabras sencillas se logró completar

todo lo que estuvo planificado, así que no se delega trabajo de este sector al día siguiente. En general, no es necesario variar el método de trabajo en esta actividad.

Por último, podemos observar que la línea del encofrado vertical tiene un freno por su el ritmo acelerado a comparación con las demás.

Esto puede deberse a que su cuadrilla está sobredimensionada. Una solución tentativa es retirar excesos de personal de la partida que permita incurrir en el ahorro de sus HH.

Es otras palabras, por el contrario de lo que se puede llegar a creer, en este caso se recomienda bajar el ritmo de trabajo retirando personal en esa área ya que de nada sirve tenerlos agrupados esperando a que se libere la carga de trabajo, esto además ocasiona un ahorro de costo de mano de obra.



Figura 0-6: Línea Balance día 2

Fuente: Propia

Continuando con el día 2, observamos que, a diferencia del día anterior, en este día la tarea prevista de encofrado de costado de viga no finalizó dentro del día laboral. Por lo que el PPC es menor al 100%.

En el caso más crítico la consecuencia de continuar con este ritmo de trabajo es que se amplíe la duración del proyecto. Es por este motivo que se tiene una protección adicional en este proyecto que es añadir un día extra como buffer (colchón), una posible solución es utilizar el sábado a manera de salvaguardas para finalizar las actividades en lugar de utilizarlas para adelantar actividades como se tenía previsto.

Un punto para resaltar son los ritmos de las partidas. La que genera este cuello de botella es el encofrado de fondo de viga. Esta actividad se encuentra en un estado ralentizado lo que genera esperas en las tareas que dependen se está.

En este caso la forma de remediar el problema necesita mayor análisis, ya que es necesario obtener la información suficiente para poder deliberar si es conveniente aumentar trabajadores o en caso contrario rediseñar el procedimiento constructivo. Para decidir la mejor opción entre ambas alternativas, es inevitable realizar una Carta de Balance la próxima vez que se efectúe dicha actividad.

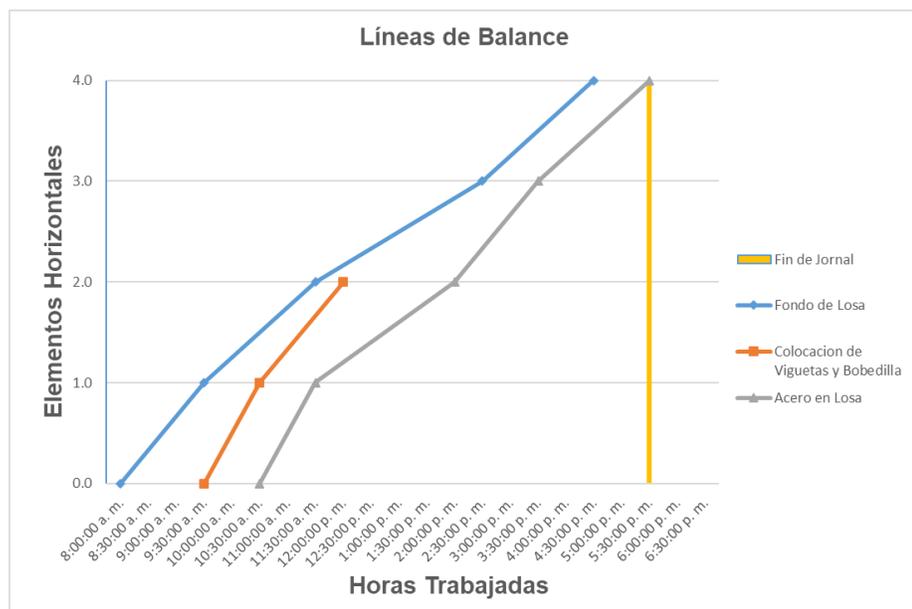


Figura 0-7: Líneas Balance día 3

Fuente: Propia

En el tercer día, sucedió algo similar al primer día, no hubo interrupciones y se logró cumplir con lo planificado.

Una diferencia con lo visto anteriormente es que en este caso las líneas son más paralelas y no hubo necesidad de detenerse por interrupciones o un avance acelerado, en general no habría necesidad de hacer cambios en la metodología de trabajo.

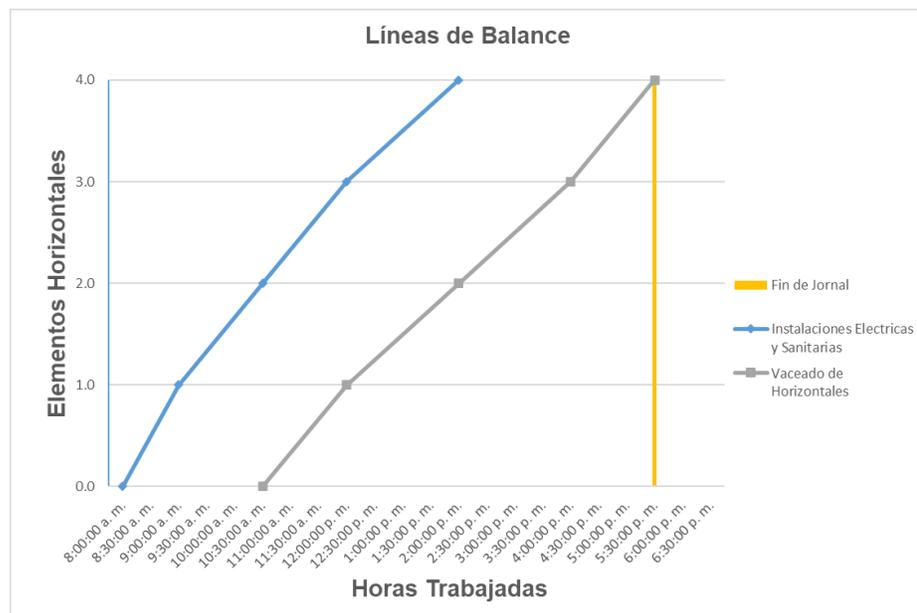


Figura 0-8: Línea Balance día 4

Fuente: Propia

Lo mismo ocurre en el último día de mediciones, las actividades transcurren de forma interrumpidas. De igual manera que el día anterior, no hay necesidad de hacer variaciones en la forma de avanzar.

De esta medición, podemos concluir que la oportunidad de mejora se encuentra en el día 2, en la partida concerniente al encofrado de vigas. Con base al análisis líneas arriba, se procede a evaluar con medio de cartas balance, con el fin de encontrar una posible solución a los ritmos lentos de avance.

4.2.2. Cartas Balance

Se trata de analizar las tareas vistas en el día 2 de líneas balance a fin de encontrar el remedio para el problema hallado que quedo pendiente de ser resuelto. Este estudio se realizó en el nivel superior al analizado con el anterior instrumento conservando en la medida de lo posible las mismas condiciones laborales. Elaborar una carta balance comprende una serie de pasos adicionales que se detallan a continuación:

i. Definir los recursos de la actividad elegida

Se trata de definir la actividad y las variables que se van a evaluar, en este caso se trata de una pareja conformada por 1 operario y 1 ayudante. Es importante distinguir a ambas personas para no tomar mediciones erróneas y saber lo que hacen en todo momento.

Item	Actividad	Cat.
1	Viga Fondo de	Operario
2	Viga Fondo de	Ayudante

ii. Clasificación de las actividades

Se trata de agrupar las actividades de la mano de obra según su nivel de utilidad para la ejecución de la partida analizada en 3 grupos como se vio en el capítulo 2.2 Bases Teóricas. Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributorio (TC) y Trabajo No Contributorio (TNC).

Tabla 0-1: Categorización de actividades

TP	TRABAJO PRODUCTIVO
CP	Colocación de paneles fenólicos
CPU	Colocación de puntales
CG	Ajuste de puntales
AG	Verificación de plomada y alineamiento

TC	TRABAJO CONTRIBUTORIO
TG	Tomar medidas
TH	Transportar herramientas
GM	Golpear c/martillo
LI	Colocación del cordel
V	Colocacion de andamio de seguridad
DI	Habilitar puntales

TNC	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
CO	Conversar
CA	Caminar en la obra
EM	Espera de material
NF	Necesidades Fisiologicas

Fuente: Propia

No esta normado las actividades que deben ir en el estudio ni en que categoría deben entrar, es a juicio de la persona encargada del estudio que puede cambiar o añadir nuevas actividades en cada categoría.

iii. Toma de datos en campo

Se trata de anotar minuto a minuto, la actividad de cada persona encargada en la realización de la partida estudiada. Para este caso obtuvimos la siguiente tabla:

Tabla 0-2: Toma de datos

	Op 1	Ay 1
1	TH	TH
2	TH	TH
3	TH	TH
4	TH	TH
5	CAN	CAN
6	CAN	CAN
7	CAN	CAN
8	GM	TH
9	GM	TH
10	GM	TH
11	GM	TH

12	CA	TH
13	CA	CA
14	CA	CA
15	EM	CA
16	EM	CA
17	EM	NF
18	EM	NF
19	EM	NF
20	EM	CA
21	TH	TH
22	EM	TH
23	EM	TH
24	EM	TH
25	TH	HP
26	TH	HP
27	TH	HP
28	CO	HP
29	GM	CA
30	GM	CA
31	GM	CO
32	CO	GM
33	CO	GM
34	CO	GM
35	CPU	CPU
36	HP	AP
37	HP	CAN
38	CAN	CAN
39	CPU	CPU
40	CAN	CAN
41	CAN	CAN
42	CP	CAN
43	CO	CP
44	CO	CP
45	CO	CP
46	CC	CO
47	CC	CO
48	TM	TM
49	TM	TM
50	TH	GM
51	CO	GM
52	CO	GM
53	TH	CO
54	TH	V

55	CO	TM
56	CPU	CPU
57	CPU	CPU
58	CO	CPU
59	TH	CAN
60	CO	CAN
61	HP	CO
62	CPU	CPU
63	CO	GM
64	HP	TM
65	CPU	CPU
66	CPU	TH
67	CO	GM
68	HP	CA
69	HP	CA
70	HP	CAN
71	TH	CAN
72	HP	CAN
73	GM	CAN
74	HP	CAN
75	CPU	CPU
76	TH	CO
77	TH	CO
78	CPU	AP
79	CPU	AP
80	CPU	AP
81	CPU	AP
82	CPU	CPU
83	V	GM
84	V	GM
85	CO	CO
86	CO	CO
87	V	AP
88	V	AP

Fuente: Propia

iv. Presentación de resultados

Posterior a las mediciones, se contabiliza la cantidad de veces en la que se realizó cada actividad de lista para poder ver con más claridad donde se encuentra el problema de manera que se le pueda dar una solución efectiva.

Tabla 0-3: Cuadro de resultados

Tipo de trabajo	Código	Descripción	Ocurrencia total	%	% por tipo de trabajo	Operario 1		Ayudante 1			
						Ocurrencia	%		Ocurrencia	%	
							Parcial	Total		Parcial	Total
TP	CP	Colocación de paneles fenólicos	4	22%	11%	1	1%	20%	3	3%	23%
	CPU	Colocación de puntales	22		58%	13	15%		9	10%	
	CG	Ajuste de puntales	7		18%	0	0%		7	8%	
	AG	Verificación de plomada y alineamiento	5		13%	4	5%		1	1%	
TC	TG	Tomar medidas	6	51%	7%	2	2%	48%	4	5%	53%
	TH	Transportar herramientas	29		33%	15	17%		14	16%	
	GM	Golpear c/martillo	18		20%	8	9%		10	11%	
	LI	Colocación del cordel	2		2%	2	2%		0	0%	
	V	Colocacion de andamio de seguridad	21		24%	6	7%		15	17%	
	DI	Habilitar puntales	13		15%	9	10%		4	5%	
TNC	CO	Conversar	25	28%	51%	16	18%	32%	9	10%	24%
	CA	Caminar en la obra	12		25%	3	3%		9	10%	
	NF	Necesidades Fisiologicas	3		6%	0	0%		3	3%	
	EM	Espera de Material	9		18%	9	10%		0	0%	
TOTAL			176			88	100%		88	100%	

Fuente: Propia

A partir de la tabla 4.5, se presenta los siguientes diagramas pastel para facilitar la lectura de datos.

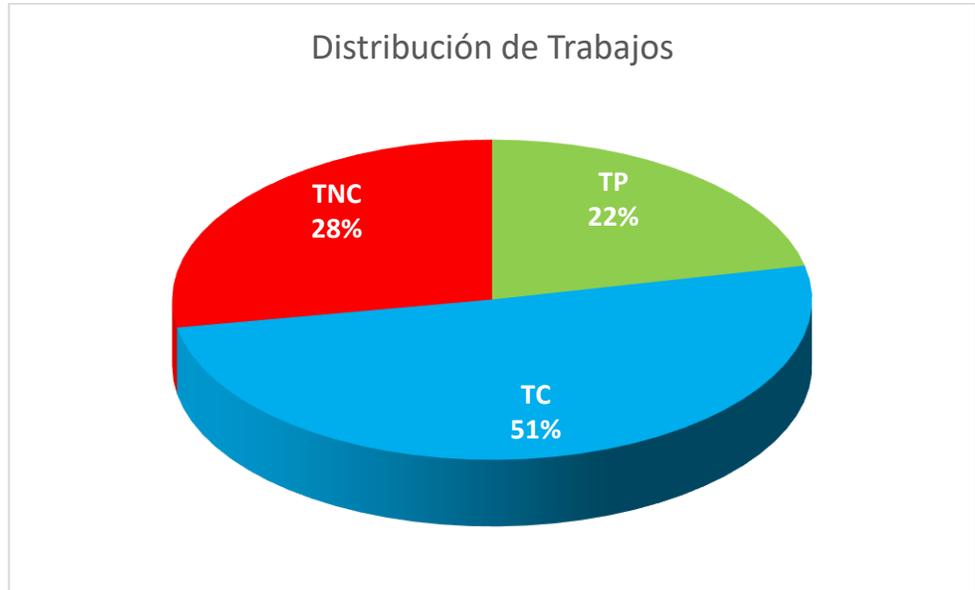


Figura 0-9: Distribución de trabajos inicial

Fuente: Propia

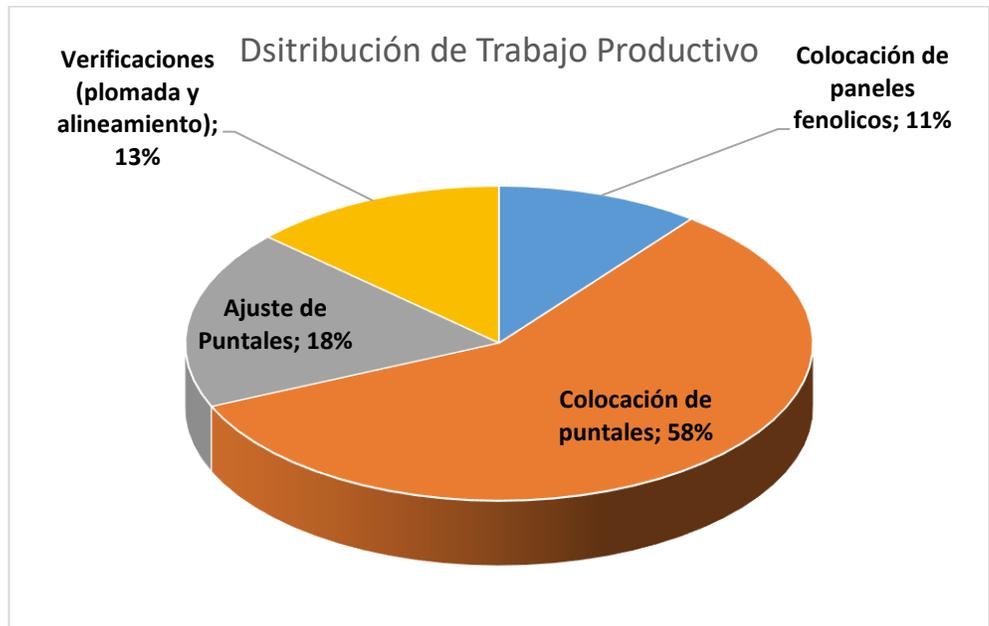


Figura 0-10: Distribución de trabajo productivo inicial

Fuente: Propia

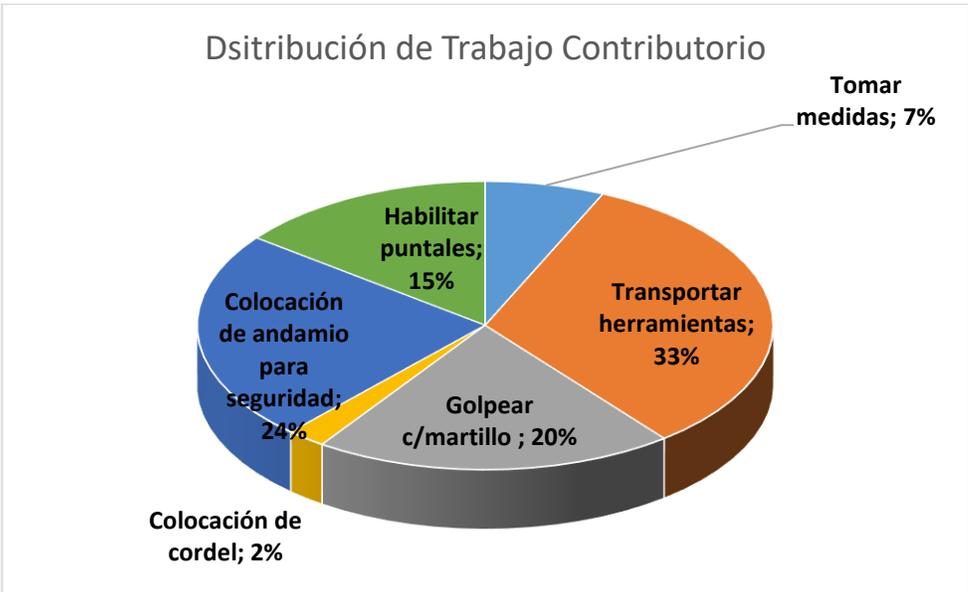


Figura 0-11: Distribución de trabajo contributorio inicial

Fuente: Propia

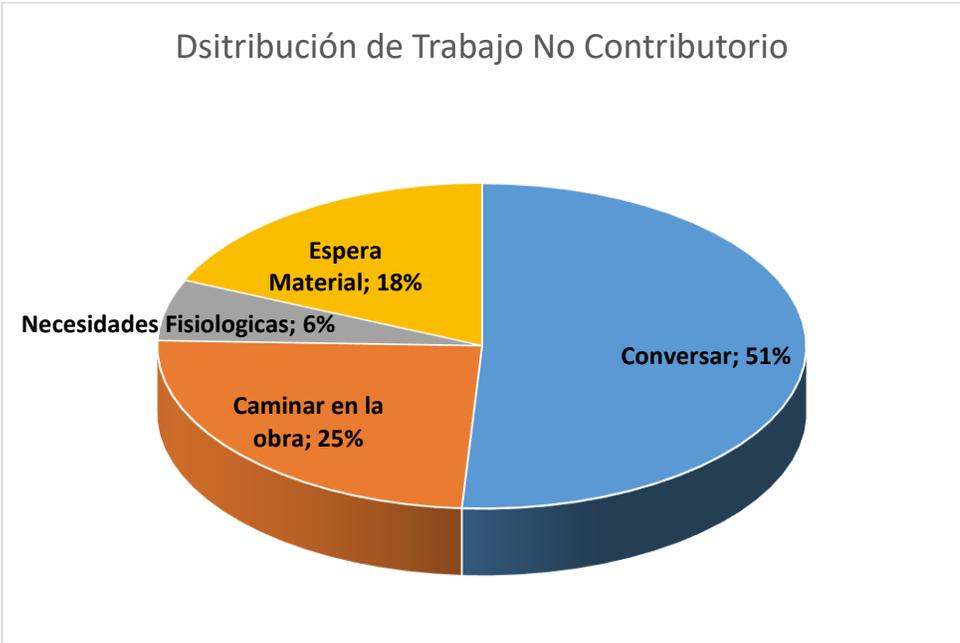


Figura 0-12: Distribución de trabajo no contributorio inicial

Fuente: Propia

4.2.3. Diagnóstico del problema

Como se puede apreciar en las figuras mostradas, la mayoría de trabajo es contributivo, estando dentro de esta categoría el transporte de materiales como el de mayor tiempo.

Al observar las situaciones de trabajo, se pudo observar que los carpinteros habilitan sus materiales al inicio de la jornada laboral o de ser el caso un día antes casi al final de la jornada laboral, además el material no se encuentra cerca de la zona de trabajo, sino que los colaboradores se ven obligados a bajar a niveles inferiores para buscar material habilitado para continuar con sus labores, lo que genera retrasos en una tarea.

Además, el mayor problema visto en las cartas balance es que los trabajadores conversan entre ellos, ya sea para hacer preguntas sobre las tareas asignadas o de temas personales, esto puede implicar que no haya quedado claro las instrucciones sobre sus obligaciones o que las personas encargadas de controlarlos no son los suficientes o las adecuadas para vigilarlos. Además, se vio in situ que, al trabajar en grupos, mientras uno va a traer herramientas o coloca los fenólicos y puntales, otros se quedan conversando y quieto, por lo que resolver el tema de la distancia de los materiales puede ser solución a este problema.

Por último, se observa cómo hay un gran gasto de tiempo en la instalación de andamios y arneses de seguridad, esto puede deberse a la poca capacitación brindada en estos temas, a que los trabajadores se toman un tiempo prudente para asegurar la estructura o a que lo vean como un tiempo de descanso.

Como conclusión luego de ver las líneas balance y la carta balance, podemos decir que los problemas de flujo se deben principalmente a tener los materiales y herramientas lejos de su lugar de trabajo y a la obligación en la que se ven los trabajadores de buscar y/o habilitar su propio material, además esto conlleva un problema más grave que es conversar sin hacer nada.

4.3. Implementación de filosofía Lean Construction

Para encontrar las soluciones más eficientes de estos problemas se aplicó la filosofía Lean con las siguientes herramientas:

4.3.1. Realización del Last Planner

Como se comentó en el capítulo 1.5 Alcances y Justificaciones, el estudio se realizó durante la etapa de casco estructural. En este caso se tienen las siguientes partidas

Tabla 0-4: Last Planner del proyecto

ELEMENTOS VERTICALES
ACERO EN ELEMENTOS VERTICALES
ENCOFRADO EN ELEMENTOS VERTICALES
CONCRETO EN ELEMENTOS VERTICALES
ELEMENTOS HORIZONTALES
ENCOFRADO DE FONDO DE VIGAS
COLOCACIÓN DE ACERO EN VIGAS
ENCOFRADO DE COSTADO DE VIGAS
COLOCACIÓN DE VIGUETAS
COLOCACIÓN DE BOVEDILLAS
COLOCACIÓN DE ACERO EN LOSAS
INSTALACIONES ELÉCTRICAS
INSTALACIONES SANITARIAS
CONCRETO EN VIGAS Y LOSAS

Fuente: Propia

4.3.2. Trenes de trabajo

Para desarrollar un tren de actividades eficiente, la teoría indica que se debe sectorizar la planta típica con el fin de tener un balance de cargas. A continuación, se muestra la sectorización del proyecto en estudio:

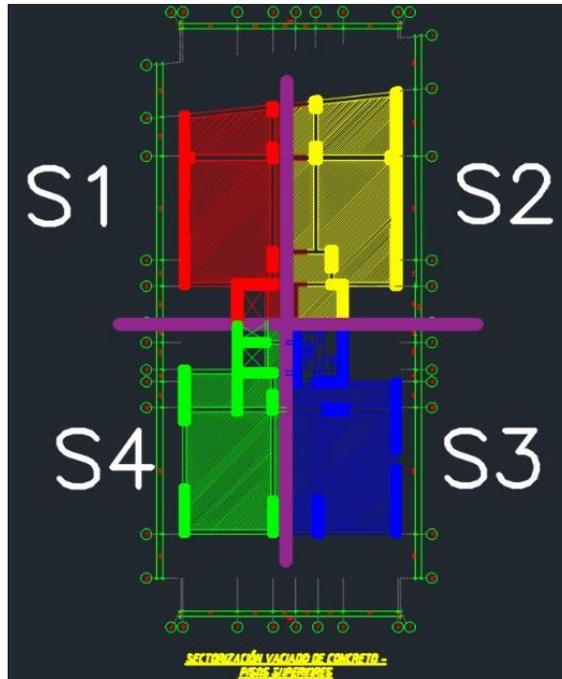


Figura 0-13: Sectorización del proyecto

Fuente: Propia

Una vez enlistado las actividades que se deben realizar y a partir de la sectorización anteriormente mostrada, se enlaza estas actividades de manera secuencial, teniendo a consideración la carga de trabajo del proyecto.

Tabla 0-5: Trenes de trabajos

ACERO									
DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5	
M	T	M	T	M	T	M	T	M	T
Habilitado y Colocado Avert S1		Habilitado y colocado Avert S2		Habilitado y colocado Avert S3		Habilitado y colocado Avert S4			
		Habilitado Aviga S1		Habilitado Aviga S2		Colocado Aviga S3			
				Habilitado Alosa S1			Habilitado Alosa S2		

ENCOFRADO									
DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5	
M	T	M	T	M	T	M	T	M	T
	Evert S1		Evert S2	Evert S3			Evert S4		
		Efondo de viga S1	Ecostado de viga S1	Efondo de viga S2	Ecostado de viga S2	Efondo de viga S3	Ecostado de viga S3	Efondo de viga S4	Ecostado de viga S4
				Elosa S1		Elosa S2		Elosa S3	

VACIADO									
DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5	
M	T	M	T	M	T	M	T	M	T
	Vaciado Verticales S1		Vaciado Verticales S2	Vaciado Verticales S3			Vaciado Verticales S4		
						Vaciado Horizontales S1		Vaciado Horizontales S2	

Fuente: Propia

4.3.3. Teoría de Restricciones

Este paso se realiza para poder identificar las diferentes restricciones que pueden surgir durante la construcción del proyecto.

Estos cuadros detallan las actividades a realizar y que es lo que se necesita o requiere y poder así cumplir con las metas diarias de avance.

REGISTRO
GESTION DE PROYECTOS

Nombre del Proyecto: Proyecto Voce
Preparado por: _____
Semana del : 14/09/20 a 19/09/20

Descripción de la actividad	Fecha Inicio planeada	SEMANA 43					SEMANA 44					SEMANA 45					SEMANA 46					ANÁLISIS DE RESTRICCIONES																							
		28/09/20	29/09/20	30/09/20	01/10/20	02/10/20	03/10/20	05/10/20	06/10/20	07/10/20	08/10/20	09/10/20	10/10/20	12/10/20	13/10/20	14/10/20	15/10/20	16/10/20	17/10/20	19/10/20	20/10/20	21/10/20	22/10/20	23/10/20	24/10/20	Descripcion de restricción	Fecha	Resp.	Comentarios																
PRODUCCION																																													
Programacion de Vaciado	1-Oct				x					x						x										Envio de Programacion de Vaciados a MIXERCON para el mes de octubre		LS																	
Planificacion	2-Oct					x					x						x								Reajuste de trenes de trabajo		LS																		
CALIDAD																																													
Protocolos	.	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		Aprobacion de cuantia de acero vertical y horizontal		CC																	
Protocolos	.	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		Aprobacion de encofrado vertical y horizontal		CC																	
Protocolos	.	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		Aprobacion de vaciado en verticales y horizontales		CC																	
ALMACÉN																																													
Pedido de acero	1-Oct					x																				Llegada de acero a obra		OM																	
Equipos para vaciado	26-Set	x																								3 vibradoras en buen estado		OM																	
Recubrimiento	1-Oct					x																				Compra de separadores de plastico		OM																	
Pedido de clavos y alambre	1-Oct					x																				Llegada de clavos y alambre N° 8 y N°16		OM																	
Pedido de Bandeja para losa	15-Oct																									Llegada de bandeja de concreto para losa		OM																	

INVOLUCRADOS	RESP	CARGO
Lorenzo Sanchez	(LS)	Ingeniero Residente
Onel Machiz	(OM)	Jefe de oficina tecnica
Cesar Camino	(CC)	Jefe de calidad
Francisco Cevallos	(FC)	Jefe de produccion
Militza Paraguacuto	(MP)	Jefe de seguridad

**REGISTRO
GESTION DE PROYECTOS**

Nombre del Proyecto: Proyecto Voce

Semana del : 7/10/20 a 12/10/20

Descripción de la actividad	Fecha Inicio planeada	SEMANA 47					SEMANA 48					SEMANA 49					SEMANA 50					ANÁLISIS DE RESTRICCIONES																								
		26/10/20	27/10/20	28/10/20	29/10/20	30/10/20	31/10/20	02/11/20	03/11/20	04/11/20	05/11/20	06/11/20	07/11/20	09/11/20	10/11/20	11/11/20	12/11/20	13/11/20	14/11/20	16/11/20	17/11/20	18/11/20	19/11/20	20/11/20	21/11/20	Descripcion de restricción	Fecha	Resp.	Comentarios																	
PRODUCCION																																														
Programacion de Vaciado	29-Oct					x					x															Envio de Programacion de Vaciados a MIXERCON para el mes de octubre		LS																		
Planificacion	30-Oct						x					x						x								Reajuste de trenes de trabajo		LS																		
CALIDAD																																														
Protocolos	.	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x								Aprobacion de cuantia de acero vertical y horizontal		CC																		
Protocolos	.	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x							Aprobacion de encofrado vertical y vaceado		CC																			
Protocolos	.	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x							Aprobacion de vaciado en verticales y horizontales		CC																			
ALMACÉN																																														
Recubrimiento	29-Oct					x																				Compra de separadores de plastico		OM																		
Pedido de clavos y alambre	29-Oct						x																		Llegada de clavos y alambre N° 8 y N°16		OM																			
Pedido de Bandeja para losa	12-Nov						x																		Llegada de bandeja de concreto para losa		OM																			

INVOLUCRADOS	RESP	CARGO
Lorenzo Sanchez	(LS)	Ingeniero Residente
Onel Machiz	(OM)	Jefe de oficina tecnica
Cesar Camino	(CC)	Jefe de calidad
Francisco Cevallos	(FC)	Jefe de produccion
Militza Paraguacuto	(MP)	Jefe de seguridad

Descripción de la actividad	Fecha Inicio planeada	SEMANA 43				SEMANA 44				SEMANA 45				SEMANA 46				ANÁLISIS DE RESTRICCIONES													
		28/09/20	29/09/20	30/09/20	01/10/20	02/10/20	03/10/20	05/10/20	06/10/20	07/10/20	08/10/20	09/10/20	10/10/20	12/10/20	13/10/20	14/10/20	15/10/20	16/10/20	17/10/20	19/10/20	20/10/20	21/10/20	22/10/20	23/10/20	24/10/20	Descripción de restricción	Fecha	Resp.	POSIBLES SOLUCIONES		
ELEMENTOS VERTICALES																															
ACERO	1-Oct	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-Acero habilitado incompleto -No se cumple el espaciamiento -Mal amarre de alambre -Demora en el transporte de Acero			CC-FC	-Habilitado de acero con anticipación -Verificación de espaciamiento -Hacer doble amarre -Programar movimiento con grúa
ENCOFRADO	1-Oct	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-Falta de trazo del topografo para la cara del encofrado -No se coloca desmoldante - Falta de materiales -Falta de apuntalamiento -Falta de plomada -Limpieza del lugar a encofrar -Partidas de acero sin terminar			CC-FC	-Topografo entregar con anticipación -Colocacion de desmoldante en el encofrado -Habilitación y ransporte previo de materiales - Apuntalamiento en las caras del encofrado -Verificación de plomada -Uso correcto del soplete -Utilización de buffers
VACEADO	1-Oct	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-No se coloca tacos de recubrimiento -Falta de nivel de vaceado -No se verifica la verticalidad del encofrado post vaceado -Se malogra la vibradora -Partidas de encofrado sin terminar			CC-FC	-Colocacion de tacos de recubrimiento -Marca de nivel de vaceado -Verificar la verticalidad del encofrado post vaceado -Una vibradora de repuesto -Utilización de buffers
ELEMENTOS HORIZONTALES																															
ACERO	1-Oct	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-Acero habilitado incompleto -No se cumple el espaciamiento -Mal amarre de alambre -Demora en el transporte de Acero -Que no se aplique los cortes de viga			CC-FC	-Habilitado de acero con anticipación -Verificación de espaciamiento -Hacer doble amarre -Programar movimiento con grúa - Que se respete los cortes en viga
ENCOFRADO	1-Oct	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-Falta de trazo de nivel de fondo de viga y losa -No se coloca desmoldante - Falta de materiales -Falta de remates -Falta de asegurar el apuntalamiento -No se verifica la nivelacion de fondo -Partidas de acero sin terminar			CC-FC	-Topografo entregar con anticipación los niveles de fondo -Colocacion de desmoldante en el encofrado -Habilitación y ransporte previo de materiales - Apuntalamiento reforzado en los fondos -Verificación de niveles -Utilización de buffers
VIGUETAS PREFABRICADAS-BOVEDILLA	1-Oct	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-Falta de viguetas -Falta de bovedillas			OM	-Compra de viguetas y de bovedilla
IIEE - IISS	1-Oct	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-Pases de agua mal colocado -Puntos de luz mal colocados -Tubería mal colocada			CC	-Verificar los pases de agua -Verificar los puntos de luz -Verificar las tuberías antes del vaceado
VACEADO	1-Oct	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-No se coloca los tacos de recubrimiento -Falta de punto para el vaceado -Encofrado sucio -Partidas de encofrado sin terminar			CC-FC	-Colocacion de tacos de recubrimiento -Solicitar los niveles de vaceado -Uso correcto del soplete -Utilización de buffers"

INVOLUCRADOS	RESP	CARGO
Lorenzo Sanchez	(LS)	Ingeniero Residente
Onel Machiz	(OM)	Jefe de oficina tecnica
Cesar Camino	(CC)	Jefe de calidad
Francisco Cevallos	(FC)	Jefe de produccion
Militza Paraguacuto	(MP)	Jefe de seguridad

La solución que se utilizó para resolver los problemas vistos durante la primera semana fue habilitar los materiales y depositarlos en un espacio libre en donde no interfieran las tareas del día en curso en el piso donde se va a realizar las tareas del día siguiente, para que no pierdan tiempo transportándolos durante la ejecución de la partida y no se queden conversando y esperando a que se los habiliten.

Como adición a esta solución, la teoría de restricciones te ayuda a encontrar una posible solución de manera rápida para futuros problemas encontrados en los posteriores niveles de la obra.

Para asegurar que la solución brindada ha sido efectiva, se repitió los análisis de líneas balance y cartas balance.

4.4. Monitoreo de la solución

4.4.1. Líneas balance y cartas balance con la aplicación de Lean

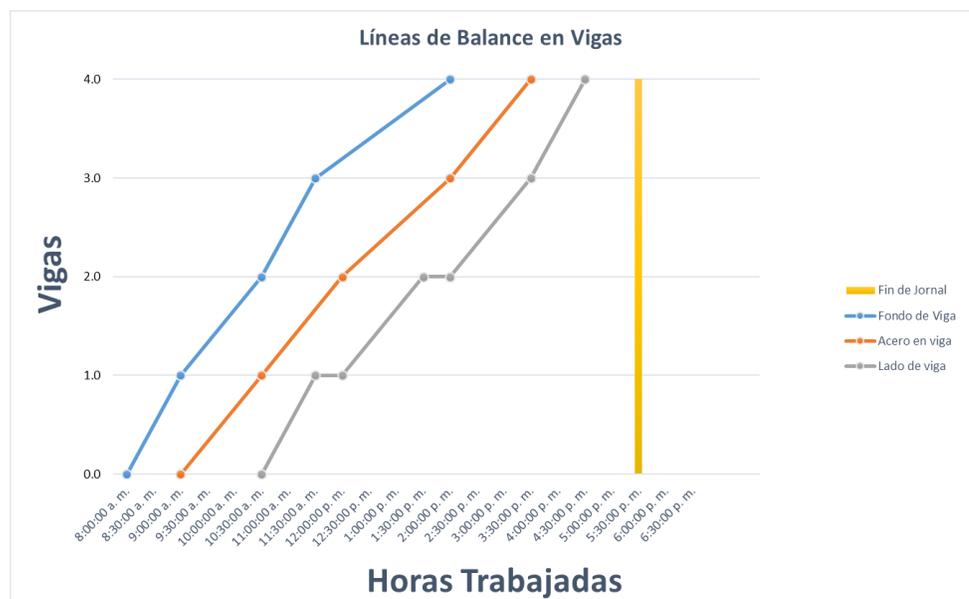


Figura 0-14: Líneas Balance aplicando Lean

Fuente: Propia

Las mejoras en este día son significativas ya que, a diferencia del nivel anterior, en este nuevo análisis se pudo terminar a tiempo con las actividades diarias.

Además, el paralelismo de las líneas indica un eficiente uso de las HH.

Por último, para comprobar que efectivamente se tiene un uso de tiempo más productivo, se realiza una carta balance sobre la partida beneficiada por la solución brindada.

Tabla 0-6: Medición de tiempos de trabajo aplicado Lean

	Op 1	Ay 1
1	CAN	CAN
2	CAN	CAN
3	CAN	CAN
4	CAN	CAN
5	CAN	CAN
6	HP	CO
7	HP	CO
8	HP	CO
9	HP	CO
10	HP	CO
11	HP	TH
12	HP	TH
13	HP	TH
14	HP	TH
15	HP	HP
16	TM	HP
17	TM	HP
18	TM	HP
19	TM	HP
20	TH	CA
21	TH	CA
22	GM	GM
23	GM	GM
24	GM	TH
25	GM	TH

26	GM	TH
27	GM	GM
28	CPU	CPU
29	CPU	CPU
30	CPU	CPU
31	CPU	CPU
32	CPU	CPU
33	CPU	CPU
34	HP	CA
35	HP	CA
36	HP	CA
37	CAN	CA
38	CAN	CO
39	CAN	CO
40	CP	CP
41	CP	CP
42	CC	CP
43	CC	CC
44	V	AP
45	V	AP
46	V	AP
47	V	AP
48	V	AP
49	V	AP
50	V	AP
51	V	AP
52	V	AP
53	V	AP
54	V	AP
55	CO	CO
56	CO	CO
57	CO	CO
58	CAN	TH

59	CAN	TH
60	CAN	TH
61	CAN	NF
62	CPU	NF
63	CPU	NF
64	CPU	NF
65	CPU	NF
66	CPU	CPU
67	CPU	CPU
68	CPU	CPU
69	CPU	CPU
70	CC	CPU
71	CC	CC
72	V	AP
73	V	AP
74	V	AP
75	V	AP
76	V	AP
77		
78		
79		
80		

Fuente: Propia

Tabla 0-7: Carta Balance aplicando Lean

Tipo de trabajo	Código	Descripción	Ocurrencia total	%	% por tipo de trabajo	Operario 1			Ayudante 1		
						Ocurrencia	%		Ocurrencia	%	
							Parcial	Total		Parcial	Total
TP	CP	Colocación de paneles fenólicos	5	41%	8%	2	3%	42%	3	4%	39%
	CPU	Colocación de puntales	25		40%	14	18%		11	15%	
	CG	Ajuste de puntales	16		26%	0	0%		16	21%	
	AG	Verificación de plomada y alineamiento	16		26%	16	21%		0	0%	
TC	TG	Tomar medidas	4	43%	6%	4	5%	54%	0	0%	33%
	TH	Transportar herramientas	12		18%	2	3%		10	13%	
	GM	Golpear c/martillo	9		14%	6	8%		3	4%	
	LI	Colocación del cordel	6		9%	4	5%		2	3%	
	V	Colocacion de andamio de seguridad	17		26%	12	16%		5	7%	
	DI	Habilitar puntales	18		27%	13	17%		5	7%	
TNC	CO	Conversar	13	16%	54%	3	4%	4%	10	13%	28%
	CA	Caminar en la obra	6		25%	0	0%		6	8%	
	NF	Necesidades Fisiologicas	0		0%	0	0%		0	0%	
	EM	Espera de Material	5		21%	0	0%		5	7%	
TOTAL			152			76	100%		76	100%	

Fuente: Propia

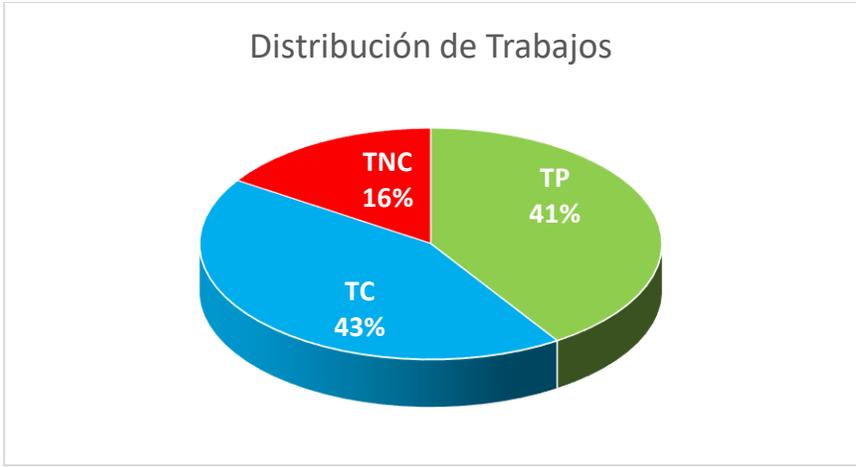


Figura 0-15: Distribución de trabajo final

Fuente: Propia

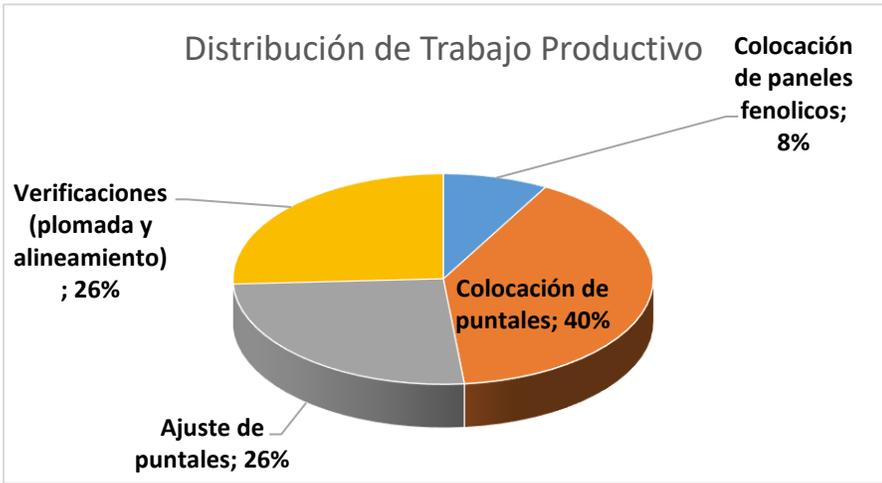


Figura 0-16: Distribución de trabajo productivo final

Fuente: Propia

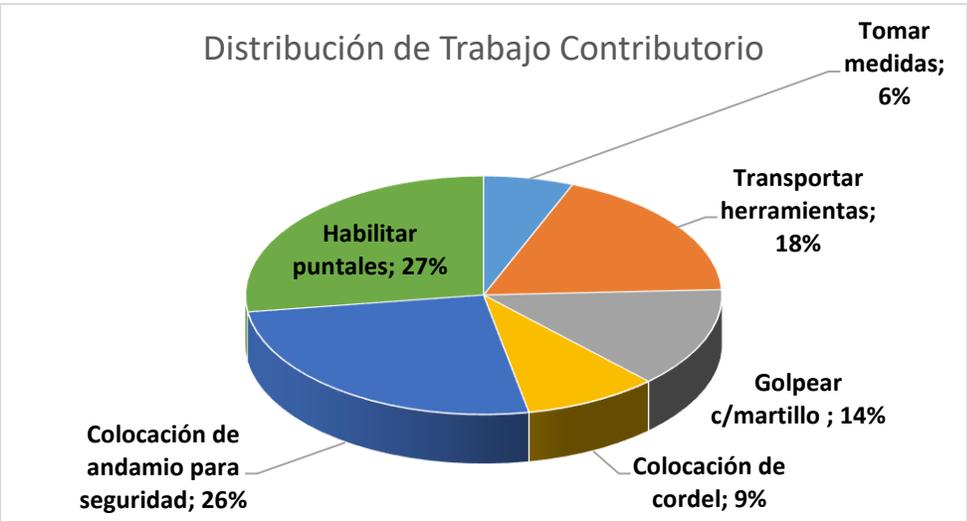


Figura 0-17: Distribución de trabajo contributorio final

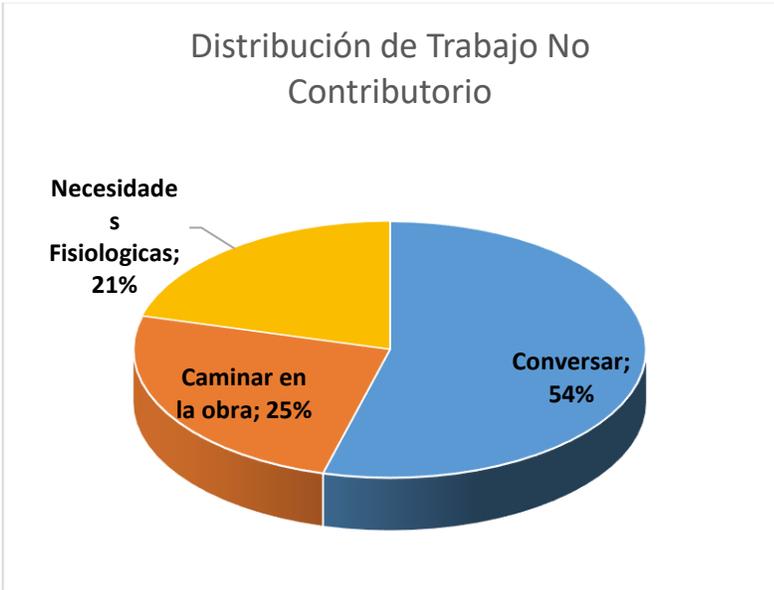


Figura 0-18: Distribución de trabajo no contributorio

Fuente: Propia

La tabla IV-4 y figuras IV-15, 16, 17 y 18 muestran como efectivamente, se logró disminuir el tiempo contributorio generando un mejor uso del tiempo.

Tabla 0-8: Velocidad de cuadrillas de vigas

Fuente: Propia

Tabla 0-9: Tiempo no contributorio de la cuadrilla de viga

PISO	TNC	OPTIMIZACIÓN
P07-S2	51%	-8%
P08-S2	43%	
TOTAL		

Fuente: Propia

Tabla 0-10: Tiempo productivo de la cuadrilla de viga

PISO	TP	OPTIMIZACIÓN
P07-S2	22%	19%
P08-S2	41%	
TOTAL		

Fuente: Propia

Tabla 0-11: Productividad de mano de obra de la cuadrilla de viga

PISO	HH	METRADO		PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA		%	OPTIMIZACIÓN
		unidad	cantidad				
P07-S2	16.2	m2	18.28	1.128	m2/dia	48%	4%
P08-S2	15	m2	18.28	1.219	m2/dia	52%	
TOTAL				2.347	m2/dia	100%	

Fuente: Propia

PISO	DIA	METRADO		VELOCIDAD		%	OPTIMIZACIÓN
		unidad	cantidad				
P07-S2	0.69	m2	18.28	26.493	m2/dia	48%	4%
P08-S2	0.64	m2	18.28	28.563	m2/dia	52%	
TOTAL				55.055	m2/dia	100%	

Como se muestra en las tablas de arriba la comparación entre dos pisos del edificio tiene una optimización del 4% en la velocidad de realizar el trabajo de encofrado de vigas y también una optimización de 4% en la productividad de mano de obra.

4.4.2. Reducción de costos por la optimización

Se analizó la optimización del personal en el tiempo de entrega del casco estructural del proyecto para saber cuánto sería la reducción de gastos al mantener el mismo ritmo de trabajo con el ritmo que alcanzaron al implementar Lean Construction.

Tabla 0-12: Presupuesto inicial de la mano de obra

1) Monto que deberá gastar en Mano de Obra según ppto

OBRAS DE CONCRETO ARMADO	Unidad	Metrado	Precio M.O. (s/.)	Parcial
VERTICALES				
VERTICALES CONCRETO F'c=210 KG/CM2	m3	491.40	S/ 40.00	19,656.00
ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE VERTICALES	m2	3,729.70	S/ 36.00	134,269.20
ACERO DE REFUERZO	kg	40,959.20	S/ 1.00	40,959.20
HORIZONTALES				
CONCRETO f'c=210 kg/cm2 - VIGAS	m3	157.20	S/ 40.00	6,288.00
ENCOFRADO Y DEENCOFRADO VIGAS	m2	696.50	S/ 32.00	22,288.00
ACERO DE REFUERZO	kg	32,027.00	S/ 1.00	32,027.00
CONCRETO f'c=210 kg/cm2 - LOSA	m3	287.60	S/ 40.00	11,504.00
ENCOFRADO Y DEENCOFRADO LOSA	m2	2,348.50	S/ 30.00	70,455.00
ACERO DE REFUERZO	kg	8,268.30	S/ 1.00	8,268.30
Total			S/.	345,714.70

Fuente: Propia

En el cuadro de arriba se muestra el costo de la mano de obra según el presupuesto base del proyecto.

Nota: Este presupuesto se extrae del presupuesto general del proyecto el cual se encuentra en el anexo 6.3, del cual se desglosa el costo de la mano de obra de todas las partidas.

Tabla 0-13: Número de trabajadores

2) Cantidad de personal según Tren de Actividades

ACTIVIDADES	CANTIDAD DE PERSONAL
Acero	16.00
Encofrado	40.00
Concreto	6.00
Total	62.00

Fuente: Propia

La cantidad de personal con la que se trabajó es de 62 por día, entre operarios, oficiales y ayudantes.

Tabla 0-14: Costos de HH

3) Precios de personal según ppto x HH

Categoría	Precio (S/.)
Operario	16.68
Oficial	14.60
Peón	12.10
Capataz	20.83

Fuente: Propia

Los costos de HH presentados en la tabla son los precios por hora que gana un obrero.

Tabla 0-15: conformación de cuadrillas de trabajo

4) Cuadrilla propuesta según Tren de Trabajo

ACTIVIDADES	Operario	Oficial	Peón	Capataz
Acero	9	4	3	0.33
Encofrado	24	0	16	0.33
Concreto	4	0	2	0.33

Fuente: Propia

Tabla 0-16: Duración del proyecto

5) Datos Generales

Horas semanales de trabajo	48 horas
Número de semanas	8 semanas

Fuente: Propia

Según el LOOKAHEAD el casco estructural se debió de haber presentado en 8 semanas y de haber continuado con el ritmo de trabajo visto en la condición inicial, se hubiese incurrido en un sobrecosto de:

Tabla 0-17: Sobrecosto de la mano de obra

6) Pagos tareas

ACTIVIDADES	Monto en soles (S/.)
Acero	96,650.46
Encofrado	230,704.86
Concreto	37,552.86
Total	364,908.17

Fuente: Propia

La diferencia entre el presupuesto inicial y el sobrecosto de la mano resulta en una diferencia de:

PÉRDIDA EN HH	S/.	-19,193.47
----------------------	------------	-------------------

Optimizando la productividad de la mano de obra luego de haber buscado realizado la teoría de restricciones, líneas balance y las cartas balance se logró reducir el tiempo en siete semanas y media.

Tabla 0-18: Duración final del proyecto

5) Datos Generales

Horas semanales de trabajo	48 horas
Número de semanas	7.5 semanas

Fuente: Propia

El casco estructural se llegó a realizar en siete semanas y media a comparación de lo inicial que se proyectaba en el lookahead en realizarse en 8 semanas con lo cual se llegó a obtener el siguiente ahorro.

Tabla 0-19: Gasto final de la mano de obra

6) Pagos tareas

ACTIVIDADES	Monto en soles (S/.)
Acero	90,609.80
Encofrado	216,285.80
Concreto	35,205.80
Total	342,101.41

Fuente: Propia

GANANCIA EN HH	S/.	3,613.29
-----------------------	------------	-----------------

4.4.3. Estudio final de productividad

Las cartas balance se continuaron aplicando hasta el 13° Piso del edificio teniendo como resultados promedio el cuadro que se mostrara a continuación.

	Op 1	Ay1
1	CAN	CAN
2	CAN	CAN
3	CAN	CAN
4	CAN	CAN
5	CAN	CAN
6	HP	HP
7	HP	HP
8	HP	HP
9	HP	HP
10	HP	HP
11	HP	HP
12	HP	HP
13	HP	HP
14	HP	HP
15	HP	HP
16	TM	HP
17	TM	HP
18	TM	HP
19	TM	HP
20	TH	CA
21	TH	CA
22	GM	GM
23	GM	GM

24	GM	TH
25	GM	TH
26	GM	TH
27	GM	GM
28	CPU	CPU
29	CPU	CPU
30	CPU	CPU
31	CPU	CPU
32	CPU	CPU
33	CPU	CPU
34	HP	HP
35	HP	HP
36	HP	HP
37	CAN	CAN
38	CAN	CO
39	CAN	CO
40	CP	CP
41	CP	CP
42	CP	CP
43	CP	CO
44	V	AP
45	V	AP
46	V	AP
47	V	AP
48	V	AP
49	V	AP
50	V	AP

51	V	AP
52	V	AP
53	V	AP
54	V	AP
55	CO	CO
56	CO	CO
57	CO	CO
58	CAN	TH
59	CAN	TH
60	CAN	TH
61	CAN	NF
62	CPU	NF
63	CPU	NF
64	CPU	NF
65	CPU	NF
66	CPU	CPU
67	CPU	CPU
68	CPU	CPU
69	CPU	CPU
70	CPU	CPU
71	CPU	CPU
72	V	AP
73	V	AP
74	V	AP
75	V	AP
76	V	AP

Tabla 0-20: Resultados finales de cartas balance

Tipo de trabajo	Código	Descripción	Ocurrencia total	%	% por tipo de trabajo	Operario 1		Ayudante 1			
						Ocurrencia	%		Ocurrencia	%	
							Parcial	Total		Parcial	Total
TP	CP	Colocación de paneles fenólicos	7	44%	10%	4	5%	47%	3	4%	41%
	CPU	Colocación de puntales	28		42%	16	21%		12	16%	
	CG	Ajuste de puntales	16		24%	0	0%		16	21%	
	AG	Verificación de plomada y alineamiento	16		24%	16	21%		0	0%	
TC	TG	Tomar medidas	4	45%	6%	4	5%	49%	0	0%	42%
	TH	Transportar herramientas	8		12%	2	3%		6	8%	
	GM	Golpear c/martillo	9		13%	6	8%		3	4%	
	LI	Colocación del cordel	0		0%	0	0%		0	0%	
	V	Colocación de andamio de seguridad	18		26%	12	16%		6	8%	
	DI	Habilitar puntales	30		44%	13	17%		17	22%	
TNC	CO	Conversar	9	11%	56%	3	4%	4%	6	8%	17%
	CA	Caminar en la obra	2		13%	0	0%		2	3%	
	NF	Necesidades Fisiologicas	0		0%	0	0%		0	0%	
	EM	Espera de Material	5		31%	0	0%		5	7%	
TOTAL			152			76	100%		76	100%	

Fuente: Propia

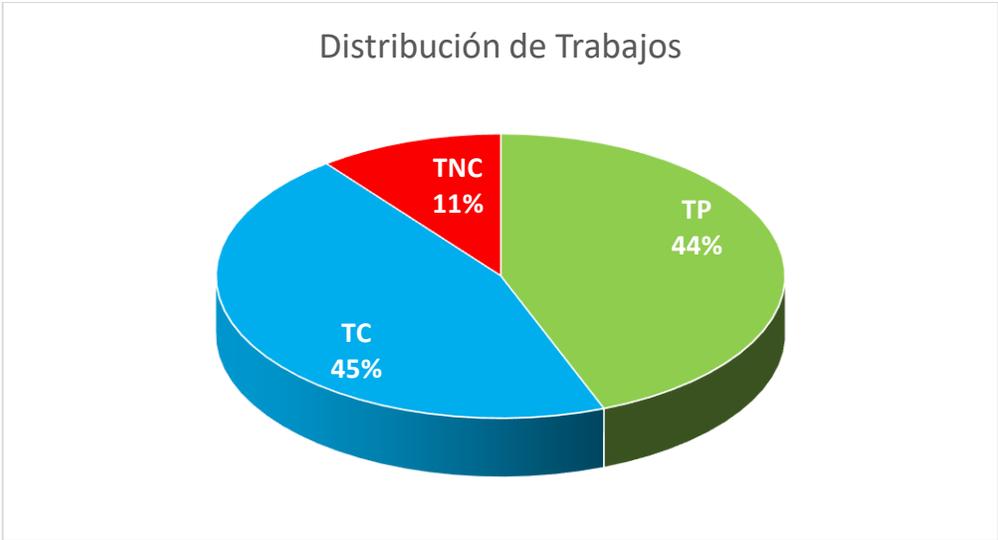


Figura 0-19: Distribución final de trabajos

Fuente: Propia

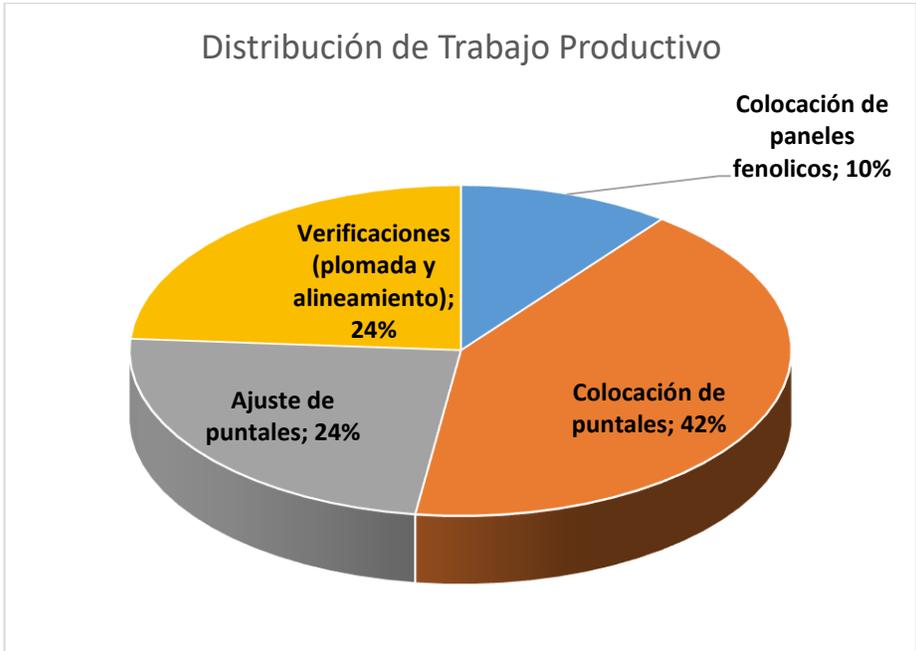


Figura 0-20: Distribución final de trabajo productivo

Fuente: Propia

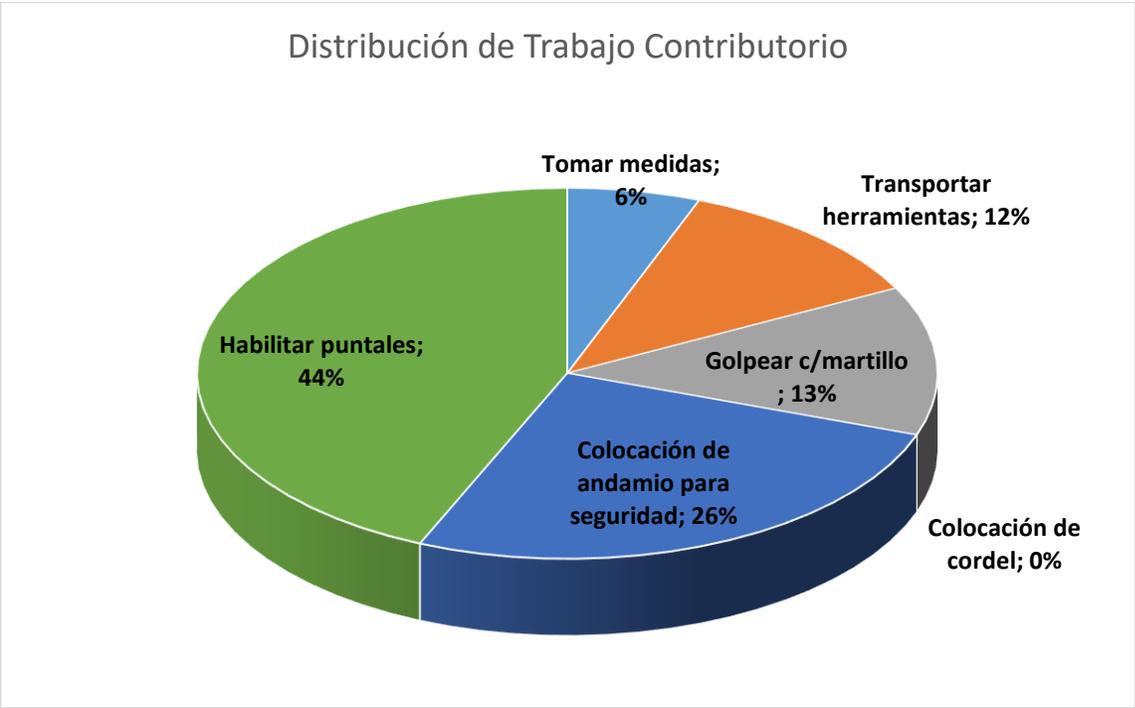


Figura 0-21: Distribución final de trabajo contributorio

Fuente: Propia

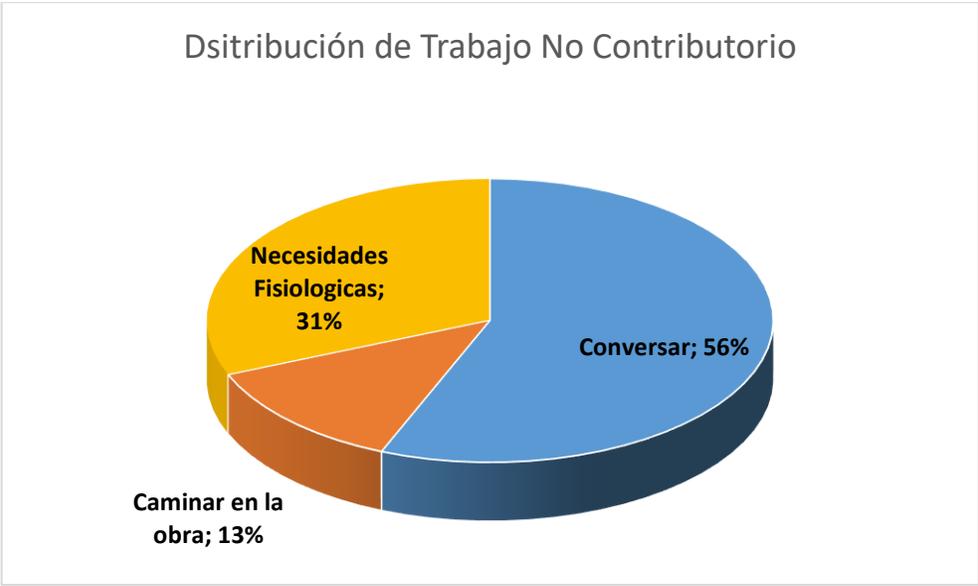


Figura 0-22: Distribución final de trabajo no contributorio

Fuente: Propia

CAPITULO V.

RESULTADOS

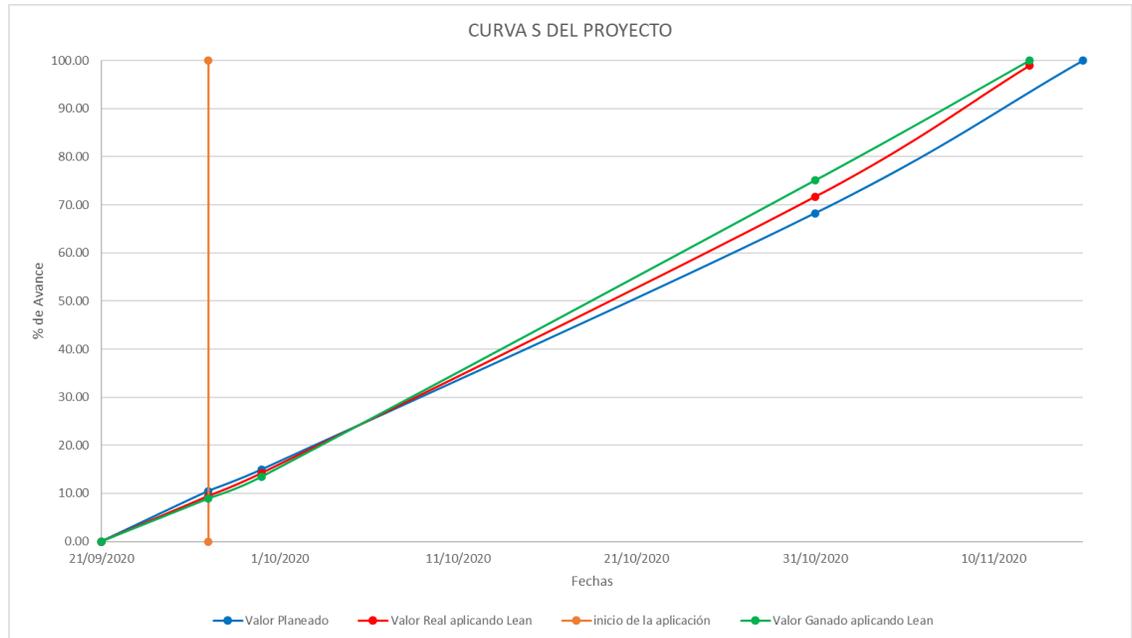


Figura 0-1: Curva S final del proyecto

Fuente: Propia

- Como se ve en la figura Se termino la partida de casco estructural el día 12 de noviembre, 3 días antes de lo programado.
- Esto trae consigo un ahorro de S/. 3,613.29 de mano de obra.

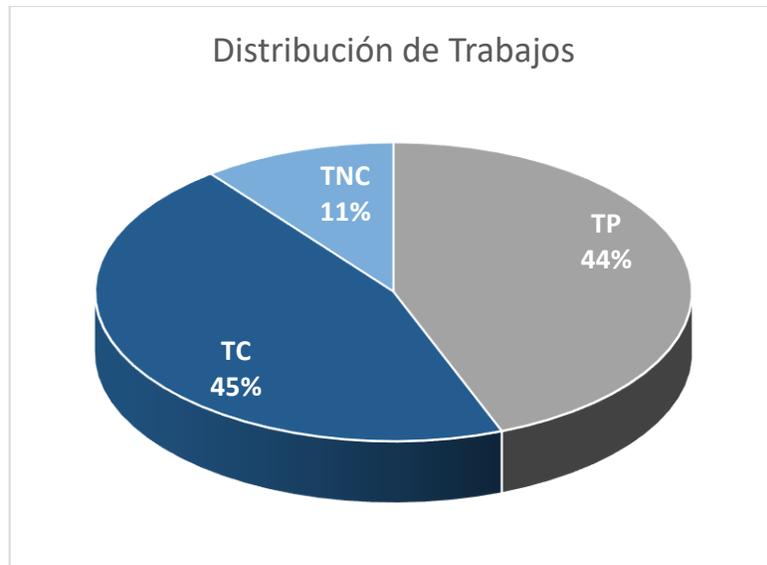


Figura 0-2: Distribución de trabajo final del proyecto

Fuente: Propia

- Se obtuvo un resultado final del 44% de tiempo productivo en obra, mientras que solo un 11% de trabajo no contributivo.
- A comparación de las condiciones iniciales en donde se tenía un porcentaje del 22% y luego de una semana de aplicación donde se obtuvo un 42% de trabajo productivo.
- En comparación con los antecedentes visto, se obtuvo una condición inicial muy inferior al resto. sin embargo, se obtuvo un aumento porcentual relativamente similar al resto de trabajos anteriores, incluso en algunos casos se terminó con un mejor porcentaje de trabajo productivo.

Tabla 0-1: Cuadro de porcentaje de cartas balance

	CONDICION INICIAL	DURANTE LA IMPLEMENTACION	CONDICION FINAL
TRABAJO PRODUCTIVO	22%	41%	42%
TRABAJO CONTRIBUTORIO	51%	43%	45%
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	28%	16%	11%

Fuente: Propia

CAPITULO VI. DISCUSION DE RESULTADOS

1. Luego de haber realizado la puesta en práctica de la filosofía Lean Construction y sus instrumentos se tuvo como resultado la optimización en la mano de obra y a su vez un ahorro en el costo de las H-H.
2. Como ya se mencionó, de no haber hecho cambios en los procesos, hubiéramos tenido un retraso importante en la obra. En lugar de esto, se pudo terminar la obra media semana antes de lo programado, esto trajo como consecuencia un ahorro en la mano de obra de media semana o S/. 3,613.29. Debemos recordar que el estudio elaborado se trata de la optimización de los recursos en las partidas correspondientes al casco estructural, de considerar una optimización general a lo largo de toda la obra, de podría tener un mayor ahorro.
3. Se observa en la siguiente que una semana después de aplicar el sistema Lean, se logró llegar al avance programado inicial; es decir, sin retrasos. De estas maneras de valida la hipótesis general.

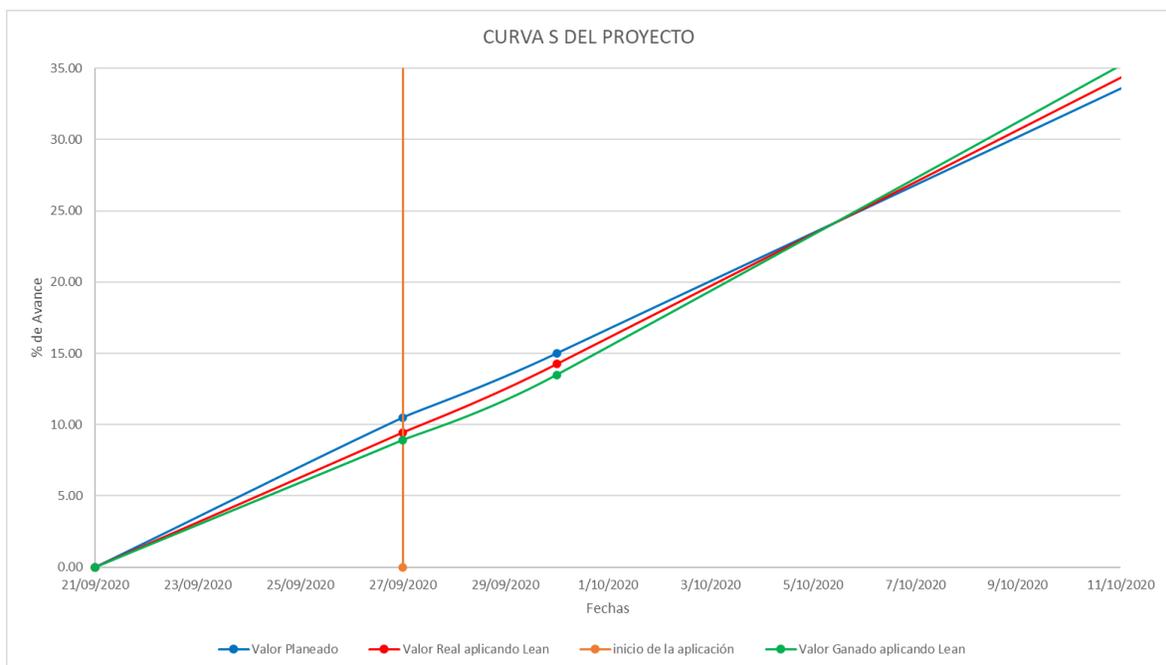


Figura 0-1: Curva S previa aplicación del Lean

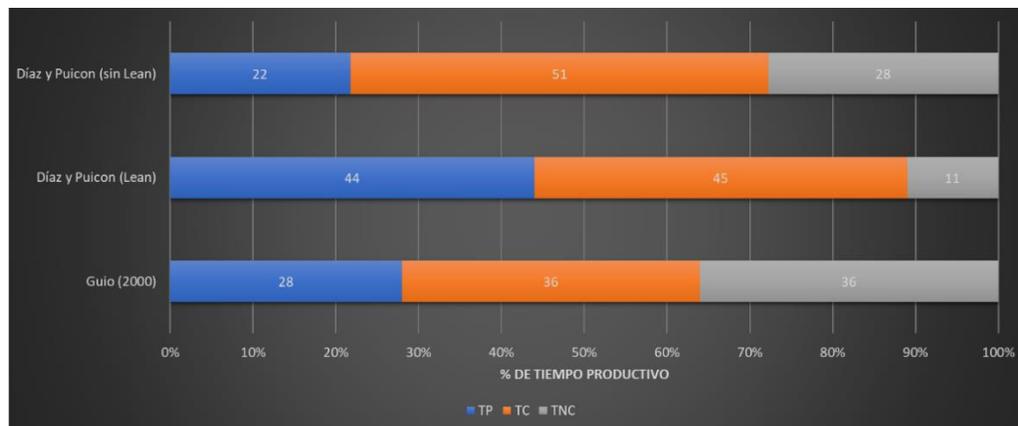
Fuente: Propia

4. Luego de la implementación del análisis de restricciones, se obtuvo un mejor manejo de la variabilidad que había en obra y permitió realizar todos los trabajos diarios programados. Deduciendo que la hipótesis específica mencionada es Válida.

5. Luego de la aplicación de las líneas balance se obtuvo un mejor control del ritmo de trabajo diario y la identificación de trabajos con mayor demanda de HH. Concluyendo así que la hipótesis específica mencionada es Válida.

6. Después de la puesta en marcha de las cartas balance se obtuvo una mejoría en la productividad de 22% a un 44% al final del proyecto en las partidas identificadas con mayor tiempo de HH. Concluyendo así que la hipótesis específica mencionada es Válida.

Figura 0-2: Comparación con el estudio de Ghio



Fuente: Propia

7. Según el estudio de (Ghio, 2000), el Perú se encuentra con una productividad promedio del 28%, este proyecto se concluyó con una productividad del 44%, lo que indica que fueron resultados por encima del promedio general del país.

8. El trabajo presentado tuvo una mejora del 22% de productividad con respecto a las condiciones iniciales que se encontraron, en contraste con los antecedentes estudiados previamente, tenemos lo siguiente:

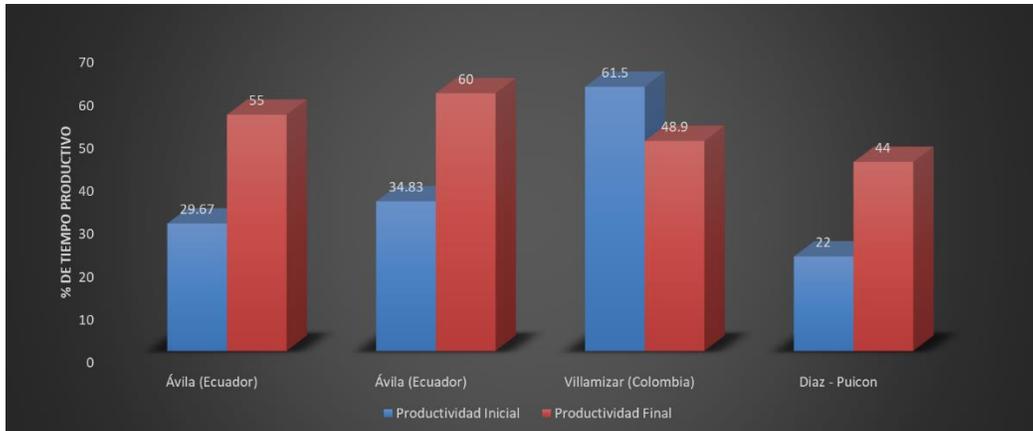


Figura 0-3: Comparación con antecedentes internacionales

Fuente: Propia

9. En los dos proyectos evaluados en el trabajo hecho por (Ávila & Crespo, 2015) se obtuvo una mejora del 25.33% y 25.17% respectivamente, lo que en comparación es una ligera mejora con respecto al caso visto en este proyecto.
10. Caso similar ocurre en el trabajo de investigación de (Cano, Nieto, & Arango, 2017) donde a pesar de no hacer un estudio preliminar de las condiciones iniciales, terminan el proyecto con una productividad del 64% en los 2 casos estudiados. A comparación del 44% de productividad final obtenido en este proyecto se ve una clara diferencia entre ambos países de Colombia y Perú.
11. Por el contrario, en el caso del proyecto visto por (Villamizar & Ortiz, 2016) empezó con una productividad del 61.5% y luego de la implementación del Lean obtuvo una reducción del 12.6% de productividad. A pesar de la clara evidencia de mala ejecución del sistema, podemos ver nuevamente que en dicho país de Colombia la productividad es considerablemente alta con respecto a Perú, ya que, aunque terminó con una productividad menor a la inicial, sigue siendo mayor a la productividad final de este trabajo.
12. En el caso de los antecedentes nacionales (Llerena, 2019) alcanzó una cifra del 51% luego de empezar con un tiempo productivo del 33%, en comparación podemos rescatar que aquel proyecto tuvo una condición inicial más favorable a los 22% que se tuvo al inicio del presente proyecto. Además, Llerena logró un aumento del 18% lo cual es ligeramente más bajo al aumento obtenida de este proyecto

(22%), esto puede deberse a que su condición inicial relativamente buena no permite un margen de mejora más alto.

13. Caso similar ocurre con el trabajo de (Flores & Castillo, 2016), donde se obtuvo una ligera mejora del 7.94% de trabajo productivo y logrando alcanzar un 38.89% tomando en cuenta una condición inicial del 30.95%, a pesar de tener una productividad inicial mayor al proyecto de esta tesis, su margen de mejora fue mucho menor y con un porcentaje final que hace cuestionar si el planteamiento fue el ideal o viable.

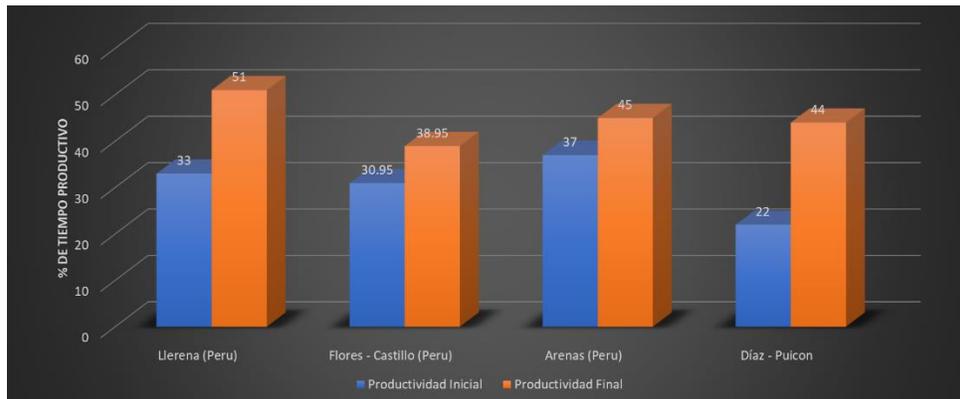


Figura 0-4: Comparación con antecedentes nacionales

Fuente: Propia

14. Por último, hablando sobre el trabajo expuesto por (Arenas, 2018) que obtuvo una mejora del 8% con respecto a la condición inicial de proyecto que paso de un 37% al 45%. De igual manera, podemos decir que aquel estudio empezó con una condición inicial favorable en comparación al del proyecto EDIFICIO VOCE, a pesar de eso ambos proyectos finalizaron con un índice similar, además de la razón dada anteriormente cabe decir que aquel proyecto fue evaluado solo en dos niveles del proyecto.

CONCLUSIONES

1. En este trabajo se implementó la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad en la ejecución del EDIFICIO VOCE. Lo más importante de esta implementación fue recortar el tiempo del plazo preestablecido en la ejecución del casco estructural a 3 días antes de lo programado. Además, esto conlleva a su vez a una mejora de la eficiencia ya que estos días se convierten en un ahorro de S/. 3,613.29, solo en la mano de obra del casco estructural. Igualmente, se confirmó que la adaptación continua de Lean Construction y sus herramientas en obras de tal magnitud favorece a la confiabilidad de una planificación, dado que busca una mejora continua a todo lo que se pueda medir.
2. En este trabajo se implementó el análisis de restricciones para asistir en el aumento progresivo de la productividad en la ejecución del EDIFICIO VOCE. Dando como resultado obtener un PPC mayor al 80% semana tras semana y que el ritmo de trabajo no se detenga.
3. En este trabajo se implementó las líneas balance para asistir en el aumento progresivo de la productividad en la ejecución del EDIFICIO VOCE. Lo cual obtuvo como resultado un mejor control de rendimiento de obra ya que ayudó a ver mejor el problema que se tuvo a diario visualizando la pendiente de la línea que se tiene por partida. También permite analizar si una actividad diaria tiene un retraso o un adelanto de manera rápida, esto permite una toma de decisión más rápida
4. En este trabajo se implementó las cartas balance para asistir en el aumento progresivo de la productividad en la ejecución del EDIFICIO VOCE. Siendo lo más importante optimizar los TP al aumentarlo en 22%, además de optimizar el TNC al reducirlo en 17%.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda analizar un proyecto de similares características a nivel general y observar el tiempo que se ahorra en el total de una obra, para esto se recomienda tener un equipo de trabajo más especializado.
2. Se recomienda analizar el nivel de eficiencia que se puede obtener en una obra de similares características a nivel general; es decir, el ahorro de dinero obtenido por la implementación del sistema Lean.
3. Se recomienda utilizar el modelo de trabajo presentado en casos donde se tenga un claro retraso en la obra, esto ayudaría a mitigar los gastos generados por la demora.
4. Se recomienda dar la palabra a todos los involucrados en el manejo de obra durante las reuniones programadas a lo largo de la obra y tener la mente abierta a todos los comentarios y soluciones a las restricciones que se digan durante estas reuniones.
5. Se recomienda evitar reducir tiempos en las actividades que ya se encuentran en el tiempo predefinido, estos cambios en lugar de generar beneficios pueden ocasionar cuellos de botellas futuros.
6. Se recomienda realizar las mediciones a distancia como, por ejemplo, utilizando cámaras de manera que los trabajadores no sientan la presión de ser constantemente observados, esto puede tanto favorecer o entorpecer al trabajador, además de no estorbar a las otras cuadrillas.

ANEXOS

	Pagina
ANEXO I	89
ANEXO II	90
ANEXO III	92

Anexo 1.
Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METRICAS	
¿De qué manera la implementación de la filosofía Lean Construction influirá en la productividad de la ejecución del EDIFICIO VOCE?	Implementar la filosofía Lean Construction para mejorar la productividad en la ejecución del EDIFICIO VOCE.	La implementación de la filosofía Lean Construction mejora la productividad de la mano de obra en la ejecución del EDIFICIO VOCE.	Variable Independiente: Filosofía Lean Construction	ANALISIS DE RESTRICCIONES	Fecha Limite	Día	
					Responsable	Personal	
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS		Variable Dependiente: Mejora de la productividad	LINEAS BALANCE	Hora de inicio	H
¿De qué manera la implementación de análisis de restricciones influirá en la productividad de la ejecución del EDIFICIO VOCE?	Implementar el análisis de restricciones para contribuir en la mejora de la productividad en la ejecución del EDIFICIO VOCE.	La implementación de análisis de restricciones contribuye en la mejora de la productividad de la mano de obra en la ejecución del EDIFICIO VOCE.				Tiempo Limite	Horas
			CARTAS BALANCE		Trabajo Productivo	Minutos	
				Trabajo Contributorio	Min		
				Trabajo No Contributorio	Min		
¿De qué manera la implementación de las líneas balance influirá en la productividad de la ejecución del EDIFICIO VOCE?	Implementar líneas balance para contribuir en la mejora de la productividad en la ejecución del EDIFICIO VOCE.	La implementación de líneas balance contribuye en la mejora de la productividad de la mano de obra en la ejecución del EDIFICIO VOCE.	Variable Dependiente: Mejora de la productividad	RATIOS	Metrado	ml/m2/m3/kg	
					Tiempo	HH	
¿De qué manera la implementación de las cartas balance influirá en la productividad de la ejecución del EDIFICIO VOCE?	Implementar cartas balance para contribuir en la mejora de la productividad en la ejecución del EDIFICIO VOCE.	La implementación de cartas balance contribuye en la mejora de la productividad de la mano de obra en la ejecución del EDIFICIO VOCE.		MANO DE OBRA	Rendimiento	m2/HH kg/HH	
					Ratio	m3/HH ml/HH	

Anexo 2.

Formato carta balance

OBRA:
 PROPIETARIO:
 ACTIVIDAD:
 FECHA:

UBICACIÓN:
 PRIMERA MUESTRA:
 SEGUNDA MUESTRA:
 HOR. TERM ACT.:
 VOLUMEN:

CARTA BALANCE

Colaborador 1 Colaborador 2 Colaborador 3

Colaborador 1 Colaborador 2 Colaborador 3

	Op 1	Of 1	Pe 2
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			

	Op 1	Of 1	Pe 2
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			

Item	Nombres y Apellidos	Cat.
1		
2		
3		

TP	TRABAJO PRODUCTIVO

TC	TRABAJO CONTRIBUTIVO

TNC	TRABAJO NO CONTRIBUTIVO

Tipo de trabajo	Código	Descripción	Ocurrencia total	%	% por tipo de trabajo	Colaborador 1		Colaborador 2			Colaborador 3			
						Ocurrencia	%		Ocurrencia	%		Ocurrencia	%	
							Parcial	Total		Parcial	Total		Parcial	Total
TP														
TC														
TNC														
TOTAL														

Anexo 3.

Presupuesto general de la obra

DESCRIPCION	UND	METRADO	PRECIO	SUBTOTAL
<u>ESTRUCTURAS</u>				
<u>STAFF OBRA</u>				
Maestro de Obra JETZA	MES	15.00	4,000.00	60,000.00
<u>TRABAJOS PRELIMINARES</u>				
Transporte de Equipos y Herramientas	glb	1.00	6,500.00	6,500.00
Andamios Internos	glb	1.00	5,000.00	5,000.00
Limpieza permanente de obra	glb	1.00	25,000.00	25,000.00
<u>MOVIMIENTOS DE TIERRA</u>				-
Perfilado para muros anclados	m2	1,612.00	4.72	7,608.64
Relleno, Nivelacion y Compactacion Manual	m3	148.00	45.00	6,660.00
<u>CONCRETO SIMPLE</u>				-
Concreto Preparado en Obra para solado E=5CM	m2	130.30	11.00	1,433.30
<u>CONCRETO ARMADO</u>				-
<u>CIMENTOS</u>				-
Concreto Premezclado (f'c=210,280,350kg/cm2)	m3	283.98	30.00	8,519.40
Acero para Cimientos	kg	11,486.00	0.96	11,026.56
<u>VIGAS DE CIMENTACION</u>				-
Concreto Premezclado (f'c=210,280,350kg/cm2)	m3	10.52	30.00	315.50
Encofrado y desencofrado de Viga de Cimentacion	m2	54.66	26.00	1,421.16
Acero para Viga de Cimentacion	kg	3,205.20	1.00	3,205.20
<u>COLUMNAS</u>				-
Concreto Premezclado (f'c=210,280,350kg/cm2)	m3	136.02	40.00	5,440.80
Encofrado y desencofrado de Columnas	m2	429.62	36.00	15,466.32
Acero para columnas	kg	34,747.53	1.00	34,747.53
<u>PLACAS</u>				-
Concreto Premezclado (f'c=210,280,350kg/cm2)	m3	756.47	37.00	27,989.39
Encofrado y desencofrado de Placas	m2	7,056.39	32.00	225,804.48
Acero para Placas	kg	90,202.20	1.00	90,202.20
<u>MURO ANCLADO</u>				-
Concreto Premezclado (f'c=210,280,350kg/cm2)	m3	560.06	40.00	22,402.40
Encofrado y desencofrado de Muro Anclado	m2	1,612.09	36.59	58,994.18
Acero para Muro Anclado	kg	19,615.45	1.00	19,615.45
<u>VIGAS</u>				-
Concreto Premezclado (f'c=210,280,350kg/cm2)	m3	402.20	40.00	16,088.00
Encofrado y desencofrado de Vigas	m2	2,169.01	32.00	69,408.32
Acero para Vigas	kg	65,287.60	1.00	65,287.60

ESCALERAS					-
Concreto Premezclado (f _c =210,280,350kg/cm ²)	m3	42.10	40.00		1,684.00
Encofrado y desencofrado de Escalera	m2	255.00	32.00		8,160.00
Acero para Escalera	kg	2,947.13	1.00		2,947.13
CISTERNAS Y CUARTO DE MAQUINAS					-
Concreto Premezclado (f _c =210,280,350kg/cm ²)	m3	48.71	40.00		1,948.40
Encofrado y desencofrado de cisterna	m2	406.00	32.00		12,992.00
Acero para cisterna	kg	29,934.00	1.00		29,934.00
LOSA ALIGERADA					-
Concreto Premezclado (f _c =210,280,350kg/cm ²)	m3	317.77	40.00		12,710.80
Encofrado y desencofrado de Losa Maciza (H=2,4 a 3.20)	m2	5,203.63	25.00		130,090.75
Acero para Losa Maciza	kg	16,650.87	1.00		16,650.87
LOSA MACIZA					-
Concreto Premezclado (f _c =210,280,350kg/cm ²)	m3	381.01	40.00		15,240.40
Encofrado y desencofrado de Losa Aligerada	m2	1,190.80	30.00		35,724.00
Acero para Losa Aligerada	kg	18,683.62	1.00		18,683.62
LOSA DE PISO DE CONCRETO					-
Concreto Premezclado (f _c =210,280,350kg/cm ²)	M2	468.00	20.00		9,360.00
Encofrado y desencofrado de Losa de Piso	GLB	1.00	3,500.00		3,500.00
					-
ARQUITECTURA					-
					-
REVOQUES Y ENLUCIDOS					-
TARRAJEOS EN INTERIORES					-
TARRAJEO CIELOS RASOS	M2	5,203.63	20.00		104,072.60
TARRAJEO FONDO DE ESCALERA	M2	322.00	20.00		6,440.00
TARRAJEO IMPERMEABILIZADO DE CISTERNAS	M2	350.00	20.00		7,000.00
TARRAJEO EN COLUMNAS	M2	429.62	20.00		8,592.40
TARRAJEO EN VIGAS	M2	2,169.01	20.00		43,380.20
SOLAQUEO MUROS EN SÓTANOS Y PLACAS	M2	4,083.86	10.00		40,838.60
					-
TARRAJEO DE EXTERIORES					-
TARRAJEO DE EXTERIORES	M2	2,791.20	25.00		69,780.00
ANDAMIAJE ESPECIAL PARA TARRAJEO FACHADAS	GLB	1.00	11,850.00		11,850.00
PISOS					-
CONTRAPISOS					-
CONTRAPISO FROTACHADO	M2	7,096.50	14.00		99,351.00
PISO PULIDO	M2	552.00	25.00		13,800.00
					-
GASTOS GENERALES					
Ingeniero Residente JETZA	MES	15.00	4,500.00		67,500.00
Administración y Contabilidad	GLB	15.00	1,500.00		22,500.00
Poliza SCTR	GLB	1.00	3,000.00		3,000.00
Gestión Sindical	glb	1.00	15,000.00		15,000.00
Seguridad y Salud	glb	1.00	20,185.00		20,185.00
COSTO DIRECTO					1,492,867.20
UTILIDAD (8%)					119,429.38
GASTOS GENERALES					128,185.00
SUBTOTAL PARCIAL					1,740,481.58
IGV (18%)					313,286.68
TOTAL DE OFERTA					2,053,768.26

FUENTES DE INFORMACION

Acaddemia. (5 de Diciembre de 2018). *Las líneas de balance y sus ventajas en la programación de obras*. Obtenido de <https://blog.acaddemia.com/las-lineas-de-balance-lob-y-sus-ventajas-en-la-programacion-de-obras/>

Acosta, M., & Campana, R. (2015). Aplicación de “Lean Thinking” a vaciados de concreto en obras de edificación (caso: ESAN – Santiago de Surco – Lima). *[Tesis de grado]*. Universidad San Martín de Porres, Lima. Obtenido de <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/1317>

Arenas, G. (2018). Mejora de la Gestión en Obra de la Especialidad de Estructuras con la Aplicación del “Lean Construction”. *[Tesis de grado]*. Universidad Peruana Los Andes, Lima. Obtenido de <https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/1007/T037-71621052-T.pdf..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ávila, J., & Crespo, W. (2015). Mejora de la productividad en la construcción de edificaciones en la Ciudad de Quito, aplicando Lean Construction. *[Tesis de maestría]*. Universidad Central del Ecuador, Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/5427>

Ballard, H. (2000). Last Planner System of Production Control. *[Tesis de doctorado]*. University of Birmingham, Inglaterra. Obtenido de <https://www.leanconstruction.org/media/docs/ballard2000-dissertation.pdf>

Batallanos, F. (2020). Aplicación de la teoría de Restricciones para el diagnóstico y mejora del proceso de producción de una empresa que se dedica a la fabricación de artículos de madera. *[Tesis de grado]*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/621081/BA-TALLANOS_TESIS_PDF.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Cámara Peruana de la Construcción. (17 de Diciembre de 2020). 25° Estudio de Mercado de Edificaciones Urbanas en Lima Metropolitana [Video]. Lima. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=wHnawmQezTU>

Cano, H., Nieto, N., & Arango, K. (2017). Implementación de la metodología Lean Construction para la optimización de recursos en la empresa Gramar S.A. [Tesis de Especialización]. Universidad Católica de Colombia, Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14785/1/PROYECTO%20ODE%20GRADO%2017%20JUNIO%20-%20GRAMAR.pdf>

Castro, J., & Pajares, J. (2014). Propuesta de implementación de trenes de trabajo para acabados de interiores bajo la filosofía Lean Construction en obras de construcción de viviendas masivas. [Tesis de grado]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/337104/CASTRO_EMJ%20y%20PAJARES_HEJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Corredor, I. (2015). Sin identificación de los 7 desperdicios no hay Lean. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México. Obtenido de <https://studylib.es/doc/5398579/sin-identificaci%C3%B3n-de-los-7-desperdicios-no-hay-lean>

Flores, M., & Castillo, C. (2016). Optimización de la mano de obra utilizando la carta balance en edificaciones multifamiliares. [Tesis de grado]. Universidad San Martín de Porres, Lima. Obtenido de https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/2636/castillo_flores.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fouch, G. (1940). *Metodología de Lineas Balance*. EE.UU.: Goodyear Tire & Rubber Company.

Ghio, V. (2000). *Productividad en obras de construcción; Diagnóstico, crítica y propuestas*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de https://www.academia.edu/36844625/PRODUCTIVIDAD_EN_OBRAS_DE_CONSTRUCCION_VIRGILIO_GHIO_CASTILLO_pdf

Goldratt, E. (2004). *The Goal: A Process of Ongoing Improvement* (3 ed.). Londres: North River Press. Obtenido de

https://www.academia.edu/15075778/The_Goal_A_Process_of_Ongoing_Improvement_Third_Revised_Edition

Howell, G., Koskela, L., Ballard, G., & Tommelein, I. (2002). *Lean Construction tools and techniques*. EE.UU.: Routledge. Obtenido de Academia.edu: <http://infinity.wecabrio.com/750651490-design-and-construction-building-in-value-building.pdf>

Izquierdo, J. (2016). Optimización de la gestión del tiempo en la etapa de casco estructural en un edificio multifamiliar utilizando el método de línea de balance. [Tesis de grado]. Universidad San Martín de Porres, Lima. Obtenido de https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/2635/izquierdo_cjw.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Jones, D., & Womack, J. (1996). *Lean Thinking*. EE.UU.: Gestión 2000. Obtenido de <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2019/02/Lean-Thinking-Daniel-T-Jones-James-P-Womack.pdf>

Koskela, L. (2010). *Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction*. EE.UU.: Journal of Construction engineering and management. Obtenido de http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/25835/1/Interaction_of_Lean_and_BIM_in_Construction_plus_Figures.pdf

KyK Group. (14 de Mayo de 2019). *¿Cómo hacer el análisis de una Carta Balance? Todo lo que necesitas saber*. Obtenido de KyK Consulting: <https://kykconsulting.pe/como-hacer-analisis-carta-balance/>

Llerena, D. (2019). Mejora de la productividad aplicando las herramientas Lean Construction en la ejecución del edificio Liberty de 20 pisos en la etapa de casco estructural ubicado en el distrito de Pueblo Libre. [Tesis de Grado]. Universidad San Martín de Porres, Lima. Obtenido de https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/5904/lllerena_vdm.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Llopis, A. (2017). Aplicación de herramientas enfocadas a la calidad bajo el enfoque Lean Construction en actividades de pavimentación. [Tesis de grado]. Universidad de Alicante, España. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/85208423.pdf>

Orihuela, P. (2011). Lean Construction en el Perú. *Cooperación Aceros Arequipa, Construcción Integral, Boletín N°12*. Obtenido de <https://www.acerosarequipa.com/constructoras/boletin-construccion-integral/edicion-12/calidad.html>

Padilla, A. (2016). Productividad y rendimiento de mano de obra para algunos procesos constructivos seleccionados en la ejecución del edificio ISLHA del ITCR. [Tesis para licenciatura]. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica. Obtenido de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6732/productividad_rendimiento_procesos_constructivos_islha.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Picado, L. (2015). Aplicación de la filosofía LEAN en la construcción del centro comercial Zona Centro. [Tesis de Licenciatura]. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica. Obtenido de https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6739/Aplicacion_filosofia_lean_construccion_centro_comercial_zona_centro.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Porras, H., Sánchez, O., & Galvis, J. (3 de Junio de 2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual. *AVANCES Investigación en Ingeniería, 11(1)*. Obtenido de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/avances/article/view/298/235>

Ramírez, C. (2018). Mejora en productividad, sostenibilidad y competitividad de Green Lean. Análisis de un estudio de caso. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/63128/TESIS%20PAOLA%20RAMIREZ%20GREEN%20LEAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sacks, R. (2017). *Building Lean, Building BIM: Improving construction the thidar way*. Londres: Routledge. Obtenido de

<https://es.slideshare.net/fawufemo37421/2017-building-lean-building-bim-pdf-improving-construction-the-tidhar-way-by-rafael-sacks-routledge>

Serpell, A. (2002). *Administración de operaciones de construcción* (2 ed.). Chile: Alfaomega Grupo. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/73178615/Administracion-de-Operaciones-de-Construccion>

Structuralia. (2017). *Curso sobre la Filosofía Lean Construction*. Madrid: Autor Editor.

Villamizar, D., & Ortiz, L. (2016). Implementación de los principios de Lean Construction en la constructora COLPROYECTOS S.A.S. de un proyecto de vivienda en el municipio de Villa del Rosario. *[Tesis de Especialización]*. Universidad Industrial de Santander, Colombia. Obtenido de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2016/164908.pdf>