



Universidad Científica del Perú - UCP
*Registrada en el Asiento N° 400016 de la Partida N° 11000318, Personas jurídicas de derecho,
Superintendencia de los Registros Públicos - SRI/ANP*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD EN OBRAS APLICANDO LA
FILOSOFIA DE LEAN CONSTRUCTION, TARAPOTO 2021”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES : BACH. RISTER MACEDO SILVA
BACH. OLFER IVAN MELENDREZ MORETO**

ASESOR : ING. ANDRES PINEDO DELGADO, M.SC.

Tarapoto – San Martín - Perú

2022

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más, A mis padres: Rister Macedo Panduro y Fidelith Silva Tananta por ser las personas que me han acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida, quienes con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional. A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

Rister Macedo Silva

Quiero dedicar esta tesis de grado a Dios por permitirme culminar con éxito mi tan anhelada carrera, por darme sabiduría, buena salud y fortaleza en todo momento. A mi padre José quien con su amor, paciencia y esfuerzo me ha permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mi madre Alvina, que estas en el cielo, sé que desde allí me cuidas y me sostienes, eres la luz que me iluminas, nunca dejes de guiarme.

A mis seis hermanos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos, por apoyarme en mi trayectoria de mi vida universitaria de verdad mil gracias, siempre los llevo en mi corazón.

Olfer Ivan Melendrez Moreto

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos. A mis hermanos: Marvin Macedo Silva, Chaly Macedo Silva y Gabriel Macedo Silva, por su apoyo moral y muchas veces económicos; infinitas gracias.

Al Ing. Andres Pinedo Delgado, asesor de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma. A Stip E. Pezo Castro, por brindarme un trabajo con facilidades de horarios universitarios.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto..

Rister Macedo Silva

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y de toda mi familia.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Científica del Perú, a la Facultad de Ciencias e Ingeniería, a todos mis docentes que formaron parte de toda mi carrera universitaria quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente quiero expresar mi más sincero agradecimiento a nuestro asesor de tesis, Ingeniero Andrés Pinedo Delgado, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración se hizo realidad la tesis.

Olfer Ivan Melendrez Moreto

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N° 622-2021-UCP-FCEI del 14 de setiembre de 2021, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|--|------------|
| • Ing. Joel Padilla Maldonado, M. SC. | Presidente |
| • Ing. Caleb Ríos Vargas, M. Sc. | Miembro |
| • Ing. Luis Armando Cuzco Trigozo, M.Sc. | Miembro |

Como Asesor: Ing. Andres Pinedo Delgado, M.Sc.

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 20:00 horas del día 07 de noviembre del 2022, modo virtual con la plataforma del ZOOM, supervisado en línea por la Secretaria Académica de la Facultad de la Filial Tarapoto de la Universidad, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **"CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD EN OBRAS APLICANDO LA FILOSOFIA DE LEAN CONSTRUCTION, TARAPOTO 2021"**.

Presentado por los sustentantes:

RISTER MACEDO SILVA y OLFER IVAN MELENDREZ MORETO

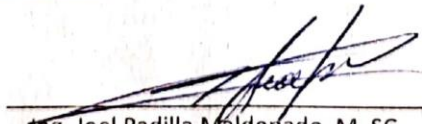
Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**


El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR MAYORIA (CON LA NOTA DE QUINCE)**

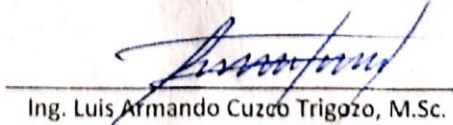
En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Ing. Joel Padilla Maldonado, M. SC.
Presidente




Ing. Caleb Ríos Vargas, M.Sc.
Miembro



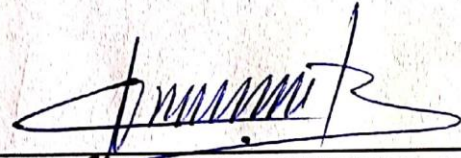
Ing. Luis Armando Cuzco Trigozo, M.Sc.
Miembro

HOJA DE APROBACIÓN

Tesis sustentada en acto público el día 07 de noviembre del 2022, a las 20:00 horas



Ing. JOEL PADILLA MALDONADO, M.Sc.
Presidente del Jurado Evaluador



Ing. CALEB RIOS VARGAS, M.Sc.
Miembro del Jurado Evaluador



Ing. LUIS ARMANDO CUZCO TRIGOZO M.Sc.
Miembro del Jurado Evaluador



Ing. ANDRES PINEDO DELGADO, M.Sc.
Asesor

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

La Tesis titulada:

**“CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD EN OBRAS APLICANDO LA FILOSOFIA DE
LEAN CONSTRUCTION, TARAPOTO 2021”**

De los alumnos: **RISTER MACEDO SILVA Y OLFER IVAN MELENDREZ MORETO**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **13% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 28 de Octubre del 2022.



Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética – UCP

Document Information

Analyzed document	UCP_INGENIERÍACIVIL_2022_TESIS_RISTERMACEDO_OLFERMELENDREZ_V1.pdf (D147964024)
Submitted	10/28/2022 5:06:00 PM
Submitted by	Comisión Antiplagio
Submitter email	revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Similarity	13%
Analysis address	revision.antiplagio.ucp@analysis.arkund.com

Sources included in the report

Universidad Científica del Perú / UCP_INGENIERÍACIVIL_2022_TESIS_WENDYJULON_CRISTIANQUIROZ_V1.pdf

SA

Document UCP_INGENIERÍACIVIL_2022_TESIS_WENDYJULON_CRISTIANQUIROZ_V1.pdf (D145051299)

 1

Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe

Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.arkund.com

Universidad Científica del Perú /

UCP_INGENIERÍACIVIL_2021_TESIS_MONICAVASQUEZ_ROLMERCARDENAS_V1.pdf

SA

Document UCP_INGENIERÍACIVIL_2021_TESIS_MONICAVASQUEZ_ROLMERCARDENAS_V1.pdf (D123753935)

 5

Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe

Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.arkund.com

Universidad Científica del Perú /

UCP_INGENIERÍACIVIL_2020_TESIS_DANIELDELGADO_LUCYJULCA_V1.pdf

SA

Document UCP_INGENIERÍACIVIL_2020_TESIS_DANIELDELGADO_LUCYJULCA_V1.pdf (D75624866)

 3

Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe

Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.arkund.com

Entire Document

1 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL TESIS “CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD EN OBRAS APLICANDO LA FILOSOFIA DE LEAN CONSTRUCTION, TARAPOTO 2021” PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL AUTORES : BACH. RISTER MACEDO SILVA BACH. OLFER IVAN MELENDREZ MORETO ASESOR : ING. ANDRES PINEDO DELGADO, M.SC. Tarapoto - San Martín - Perú 2022

2

DEDICATORIA

A

Dios, por

permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más, A mis padres: Rister Macedo Panduro y Fidelith Silva Tananta por ser las personas que me han acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida, quienes con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional. A mis profesores, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional. Rister Macedo Silva Quiero dedicar esta tesis de grado a Dios por permitirme culminar con éxito mi tan anhelada carrera, por darme sabiduría, buena salud y fortaleza en todo momento. A mi padre José quien

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	1
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
HOJA DE APROBACIÓN	4
ÍNDICE DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	9
RESUMEN	10
PALABRAS CLAVE	10
ABSTRACT	11
KEYWORDS	11
CAPITULO I: MARCO TEORICO.....	12
1.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	12
1.1.1. Ámbito Internacional.....	12
1.1.2. Ámbito Nacional.....	16
1.1.3. Ámbito Local	20
1.2. BASES TEÓRICAS	20
1.2.1. La Filosofía Lean.....	20
1.2.2. Lean Production.....	21
1.2.3. Lean Construction	24
1.2.4. Diferencias entre Lean Construction y formas convencionales de Gestión de Proyectos.	25
1.2.5. Estudios sobre Desperdicios.....	26
1.3. DEFINICIONES DE TERMINOS BÁSICOS.....	27
1.3.1. Productividad	27
1.3.2. Rendimiento.....	28
1.3.3. Partida Crítica	29
1.3.4. Pérdidas.....	29
1.3.5. Tipos de Pérdidas	29
1.3.6. Fuente de las Pérdidas	30
1.3.7. Trabajo Productivo (TP)	31
1.3.8. Trabajo Contributorio (TC).....	31
1.3.9. Trabajo No Contributorio o No Productivo (TNC).....	32

CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	34
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	34
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	35
2.2.1. Problema General	35
2.2.2. Problemas Específicos.....	35
2.3. OBJETIVOS	36
2.3.1. Objetivo General	36
2.3.2. Objetivos Específicos.....	36
2.4. HIPÓTESIS	36
2.4.1. Hipótesis general	36
2.4.2. Hipótesis Específicas	36
2.5. VARIABLES	36
2.5.1. Identificación de Variables	36
2.5.2. Definición Conceptual y Operacional de las Variables.....	37
2.5.3. Operacionalización de las Variables.....	37
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	38
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	38
3.1.1. Tipo de Investigación	38
3.1.2. Diseño de Investigación	38
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	38
3.2.1. Población	38
3.2.2. Muestra.....	39
3.3.TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	39
3.3.1. Técnicas de Recolección de Datos	39
3.3.2. Instrumentos de Recolección de Datos	40
3.3.3. Procedimientos de Recolección de Datos	40
3.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	41
3.5. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA.....	41
3.5.1. Last Planner.....	41
3.5.2. Planificación Lookahead	42
3.5.3. Determinación de Partidas Restrictivas.....	49
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	53
4.1 DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO	53
4.2 APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA LAST PLANNER	58

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
5.1 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	75
5.1.1 Factibilidad de Implementación	75
5.1.2 Mejora de la Productividad	79
5.1.3 Mejora de la Productividad de la Mano de Obra.....	80
5.2. CONCLUSIONES	83
5.3. RECOMENDACIONES	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
ANEXOS	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Desperdicios en la construcción.....	25
Tabla 02: Lean Construction Vs formas convencionales de Gestión de Proyectos	25
Tabla 03: Tipos de pérdidas definidos para la aplicación de la filosofía “Lean”	29
Tabla 04: Definición Conceptual y Operacional de las Variables.....	37
Tabla 05: Operacionalización de variables.....	37
Tabla 06: Procedimiento de Recolección de Datos.....	40
Tabla 07: Procedimiento de Procesamiento, Análisis e Interpretación de datos.....	41
Tabla 08: Análisis de Restricciones	46
Tabla 09: Ejemplo del Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)	48
Tabla 10: Coordenadas UTM de la Obra	53
Tabla 11: Vías de Acceso a la Obra	56
Tabla 12: Resumen de Presupuesto Total de Obra	58
Tabla 13: Partidas de concreto armado analizadas	59
Tabla 14: Actividades Completadas (PAC) – Causas de Incumplimiento Semana 1.....	61
Tabla 15: Actividades Completadas (PAC) – Causas de Incumplimiento Semana 2.....	61
Tabla 16: Actividades Completadas (PAC) – Causas de Incumplimiento Semana 3.....	62
Tabla 17: Actividades Completadas (PAC) – Causas de Incumplimiento Semana 4.....	62
Tabla 18: Actividades Completadas (PAC) – Causas de Incumplimiento Semana 5.....	62
Tabla 19: Actividades Completadas (PAC) – Causas de Incumplimiento Semana 6.....	63
Tabla 20: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 1	63
Tabla 21: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 2	64
Tabla 22: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 3	64
Tabla 23: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 4	64
Tabla 24: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 5	65
Tabla 25: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 6	65
Tabla 26: Ficha para la Identificación de las Pérdidas más Frecuentes	66
Tabla 27: Ficha para la identificación de las causas de pérdidas	67
Tabla 28: Análisis de Restricciones	69
Tabla 29: Formato para Toma de Tiempo - Nivel de Actividad.....	70
Tabla 30: Promedio de Productividad	74
Tabla 31: Inversión Requerida para la Implementación de la Filosofía Lean .Construction en la Empresa Constructora.....	78
Tabla 32: Comparativo de Productividad de la Mano de Obra	80
Tabla 33: Principales Perdidas en el Caso de Estudio	81

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 01: Proceso de Producción según Lean Production.....	22
Figura 02: Tiempos que forman parte del ciclo del proceso completo.....	23
Figura 03: Fuentes de Perdidas.....	31
Figura 04: Proceso Lookahead para periodo de 6 semanas	43
Figura 05: Macro Localización de la Obra.....	53
Figura 06: Micro Localización de la Obra.....	54
Figura 07: Esquema de Localización de la Obra.....	55
Figura 08: Esquema de Ubicación de la Obra.....	56
Figura 09: Planimetría de la Obra	57
Figura 10: Plan Maestro - Cronograma Inicial.....	60
Figura 11: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)	65
Figura 12: Histograma de Relevancia de Fuentes de Perdidas.....	68
Figura 13: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo del Grupo de Partidas de Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	71
Figura 14: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo del Grupo de Partidas de Acero de Refuerzo $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$	72
Figura 15: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo del Grupo de Partidas de Encofrado y Desencofrado	73
Figura 16: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo Consolidado	74
Figura 17: Productividad de la Mano de Obra Consolidado	74
Figura 18: Comparativo de Productividad de Mano de Obra.....	81

RESUMEN

Una de las principales debilidades del sector construcción es el incumplimiento de plazos y sobrecostos debido durante la ejecución de obras, generalmente debido a la falta de seguimiento, un adecuado planeamiento de obra e inaplicación de herramientas de gestión de proyectos basadas en estándares internacionales.

El Perú actualmente se encuentra en un estado de constante desarrollo, es por ello que es necesario promover la inversión masiva en obras de infraestructura con estándares de empresas constructoras que trabajan de manera continua en la mejora de su productividad, optimizar en el uso de los recursos, generar utilidades y así lograr que éstas sean motores del desarrollo económico.

Actualmente existen una serie de técnicas y herramientas de planificación y control de obras que han ido evolucionando y perfeccionándose con el tiempo, cuya aplicación varía de acuerdo a la actividad a la que están destinadas. En este contexto, la filosofía “Lean Construction” aporta mejoras al sistema de producción, basados en la optimización de los procesos de operación y la gestión de los diversos recursos. En consecuencia, se logra mayor eficiencia frente al método convencional de construcción.

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad presentar una propuesta de mejora de la productividad mediante el control del recurso mano de obra en el proceso de ejecución de una obra de edificación, mejorando los índices de eficiencia.

PALABRAS CLAVE

Productividad, Gestión de Proyectos, Construcción sin pérdidas, Mano de Obra.

ABSTRACT

One of the main weaknesses of the construction sector is the non-compliance with deadlines and cost overruns due during the execution of works, generally due to the lack of follow-up, adequate planning of the work and non-application of project management tools based on international standards.

Peru is currently in a state of constant development, which is why it is necessary to promote massive investment in infrastructure works with standards of construction companies that work continuously to improve their productivity, optimize the use of resources , generate profits and thus make them engines of economic development.

There are currently a series of techniques and tools for planning and control of works that have been evolving and perfecting over time, whose application varies according to the activity for which they are intended. In this context, the "Lean Construction" philosophy brings improvements to the production system, based on the optimization of operating processes and the management of various resources. Consequently, greater efficiency is achieved compared to the conventional method of construction.

The purpose of this research work is to present a proposal to improve productivity by controlling the labor resource in the process of executing a building work, improving efficiency rates.

KEYWORDS

Productivity, Project Management, Lossless Construction, Workforce.

CAPITULO I: MARCO TEORICO

1.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

El marco teórico supone una identificación de fuentes primarias y secundarias sobre las cuales se podrá investigar y diseñar la investigación propuesta. La lectura de textos, libros especializados, revistas, y trabajos anteriores en la modalidad de tesis de grado son fundamentales en su formulación.

En esta sección se presentan antecedentes relacionados al estudio planteado, realizadas mediante investigaciones previas en el ámbito internacional, nacional y local.

1.1.1. Ámbito Internacional

En 1992 Lauri Koskela empezó a implementar esta filosofía en el sector de la construcción; resultado de ello es su trabajo “Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción”, producido en el grupo de investigación CIFE de la Universidad de Stanford, en el cual sostuvo que la producción debía ser mejorada mediante la eliminación de los flujos de materiales y que las actividades de conversión mejorarían la eficiencia.

Otros investigadores, como Glenn Ballard, aportaron herramientas para la adaptación de la producción “Lean” al sector constructivo. Ballard empezó a trabajar con Koskela luego de oírlo hablar en una conferencia en la Universidad de Berkeley, y juntos conformaron el Grupo Internacional de Lean Construction, surgido durante la primera conferencia sobre sistemas de gestión de proyectos de construcción en 1993 en Helsinki- Finlandia, donde se decide usar, por primera vez, la expresión “Lean Construction” para referirse a la implementación de la nueva filosofía de producción en el sector constructivo.

Ballard fue pionero en el desarrollo del Sistema Último Planificador (SUP) en 1992, basado en el concepto de reducción de los niveles jerárquicos de la gestión en la construcción para optimizar el proceso de asignación de recursos disponibles en la planeación semanal, y programación y ejecución de los trabajos. Luego, en 1998, refino más el SUP, centrándose en la gestión de los flujos en el proceso de construcción. Después vino lo que Ballard denominó Sistema de Entrega de Proyectos Lean, cuyo propósito es el planteamiento teórico de la metodología para gestionar los proyectos “Lean”.

En 1997 Glenn Ballard y Greg Howell crearon el Lean Construction Institute con el objetivo de desarrollar y difundir nuevos conocimientos en la gestión de proyectos, ya que en los proyectos de construcción tradicionalmente no se respetaban los principios de diseño y la gestión de los procesos de producción mediante el enfoque diseño-licitación - construcción no era completamente óptima para lograr buenos beneficios por el contrario se tenían atrasos en la finalización de la mayoría de ellos, sobrecostos para los constructores y clientes insatisfechos por las demoras.

Aunque los principios en que se sustenta la filosofía “Lean”, como la mejora de los modelos de ejecución de proyectos constructivos, la maximización del valor para el cliente y reducción al mínimo las pérdidas, eran conocidos, fue Lauri Koskela quien los formuló, en el 2000, después de diez años de investigación; luego, en el 2001 Glenn Ballard los mejoró.

Así pues, Lean construction es la adaptación y aplicación de los principios de producción de la fabricación japonesa a la construcción, en la cual se asume que esta es un tipo de producción especial.

En Latinoamérica, los países que muestran más avances en el uso y estudio de Lean construction son Brasil, Chile, Perú y Colombia; en este último ha sido estudiado en el sector privado mientras en las

universidades del país no se muestran muchos avances sobre el tema. Las investigaciones sobre el Lean Construction las inician en el año 2002 Camacol y el arquitecto Luis Fernando Botero Botero, profesor de la universidad Eafit e integrante del grupo Gescon (Gestión de la Construcción) de la misma universidad, quien ha publicado algunos artículos en la revista Ciencia y Tecnología y dos libros sobre el tema. A esto se suman estudios realizados por estudiantes de ingeniería civil en algunas empresas bogotanas dedicadas a proyectos edificatorios, como requisito para obtener su título, y las capacitaciones en el uso de LC que ha hecho Camacol en convenio con la universidad Eafit, dirigidas al personal de empresas constructoras como Triada, Urbansa, Arpro, Arrecife y Construmax, gracias a las cuales se han obtenido mejoras en los tiempos de entrega de las obras y reducción de los costos.

Martínez (2011) el objetivo a realizarse en esta investigación es la aplicación de la filosofía Lean Construction a edificaciones Colombianas, perseverando el modelo de planificación tradicional y ejecución. La investigación presente se ejecutó a dos proyectos se identificó la igualdad de pérdidas y se ve reflejado en los índices de productividad. Se tomó los datos encontrados en ambos proyectos y se aplicaría a un proyecto nuevo de construcción, que se concluyó en los tiempos no contributivo se ven disminuidos logran una productividad mayor.

Gonzales (2013) plantea como objetivo principal el uso de la herramienta Lean Construction en la dirección de proyectos de edificación. Universidad de Valladolid. Las herramienta Lean se aplica en la administración de proyectos. Se obtuvo una muestra a 60 colaboradores de la empresa constructora el diseño realizado es no experimental. Se concluye que la filosofía Lean Construction otorga una influencia positiva en la dirección de proyectos de edificación. El nivel que llegó a alcanzar fue de un 70% del total. El instrumento para recopilar información fue un cuestionario.

Crespo (2015) la implementación de la metodología en la investigación Lean Construction busca y genera mayores niveles de rentabilidad, competitividad y productividad se realiza la utilización de todas las herramientas Lean Construction obteniendo una conclusión con los siguientes porcentajes TP=60%, TC=25%, TNC=15%, y otros que afectan a la productividad y rentabilidad que existen en los proyectos, La presente investigación realiza planes de mejoras a las partidas que se encuentran con bajo índice de productividad .

En la presente investigación, el aporte es la aplicación de algunas herramientas Lean Construction y la de las herramientas para poder elevar la productividad y obtener un nivel mayor de rentabilidad, con la utilización de los tiempos productivos, contributorios y no contributorios.

Brioso (2015) aplicó un análisis a 50 trabajadores, la investigación no fue experimental. El fin de la investigación fue identificar la magnitud de la construcción sin pérdidas (Lean Construction) en el proyecto construcción Management. Se concluyó: el nivel de uso del método Lean Construction 65% con buen nivel, 30% con regular y un 5% deficiente. Se concluyó que el análisis de Lean Construction realiza un impactó mayor en el proyecto construcción Management de las viviendas haciendo imprescindible una necesita de especialistas en Lean Construction conforme las figuras del gestores de diseño, constructivo y contratos en el marco normativo español (Ley de ordenación de la edificación).

Cano y Nieto y Arango (2017) aplicaron una implementación de la metodología Lean Construction con el fin de obtener y establecer los lineamientos que guían para llegar a una optimización de recursos y el mejoramiento de la empresa en la ejecución de la obras Gramar S.A. Se concluyó que los trabajos no contributorios como las actividades de necesidades fisiológicas, descansos no se puede eludir estando presente dicha actividad, las actividades de esperas de

materiales, equipos, trabajos rehechos con un buen control y plan se podría llegar a su reducción.

Implementando la metodología se cumplió con el objetivo general del proyecto en la optimización de los recursos Gramar y así obtuvo un análisis de sus obras para dar una mejora y estandarizar una mejora de procesos en la empresa y sus obras.

1.1.2. Ámbito Nacional

A principios de 1999, un grupo de alumnos de la Pontificia Universidad Católica realizaron una investigación del nivel de productividad en obras de construcción en Lima, siendo este el primer esfuerzo que se llevó a cabo en esta materia en el Perú. Lo que se buscaba era determinar el nivel competitivo de las empresas constructoras del medio y en esa forma compararnos con estándares internacionales.

Se analizaron 50 obras en Lima, principalmente en el área de la edificación. Para lo cual se hicieron muestreos de trabajo del nivel general de obra, muestreo del trabajo para actividades particulares, encuestas a responsables de obra, encuestas al personal obrero. Los resultados muestran que en promedio el trabajo productivo (TP) en las obras de Lima es del orden de 28% del total de la mano de obra, con valores que van desde el 20% y como máximo llegan al 37%.

Dichos valores están muy por debajo de los estándares internacionales. Posteriormente en el año 2005, otro grupo de alumnos de la Pontificia Universidad Católica realizaron otra investigación sobre el avance del nivel de productividad, para lo cual se analizaron 26 obras de Lima metropolitana, igualmente del tipo de edificaciones residenciales. Los nuevos resultados muestran que en promedio el trabajo productivo (TP) en las obras de Lima es del orden de 31.5% del total de la mano de obra, con valores que van desde el 22.4% y como máximo llegan al 40.6%.

En comparación con los valores obtenidos en el año 2000, se puede observar que existe un aumento del 3.5% en las actividades productivas, un aumento del 7.1% en las actividades contributorias y una reducción del 10.6% en las actividades no contributorias.

Una filosofía, que nos ofrece conceptos y herramientas para el éxito en un proyecto es la filosofía LEAN y más específicamente el LEAN CONSTRUCCION que es la aplicación de conceptos LEAN al sector construcción, el modo como gestionamos los proyectos de construcción, en este marco de nueva filosofía de producción, ha venido mejorando desde el año 2000 en el Perú, fecha desde la cual se tiene antecedentes en que esta filosofía empezó a ser adoptada y puesta en práctica, por más empresas en la industria de la construcción.

Ramírez (2012), la implementación del Sistema Last Planner ubicado en el distrito de Puente Piedra se implementó en la ejecución de un proyecto inmobiliario para realizar los procesos constructivos en su máxima optimización, existen factores que afectan la productividad, se identifica. Las reuniones con los encargados de cada área se realizan para la ejecución del proyecto formando equipos de trabajo. Se logró que el proyecto evite rotación de personal y horas extras en el trabajo con el orden del proyecto.

Según Chávez y Aquije (2014), es para demostrar los beneficios que se llegan a obtener mediante dicha filosofía, la programación forma un rol importante en el seguimiento de las partidas que el personal de la empresa se encuentra ejecutando y obtiene la optimización de la productividad, los costos. La metodología del Sistema Last Planner realiza una práctica de como ejecutar la productividad realizado a un análisis a la partida de vaciado de concreto fluido, aplicando la herramienta lean "Carta Balance" brinda un impacto positivo al aplicar aumentando la productividad. La investigación fue aplicada en el distrito del Agustino por la empresa constructora SAC. La etapa

correspondiente fue en la etapa de construcción (denominado ensamblaje sin pérdidas) de la subestructura de la obra “Condominio Casa Club Recrea”.

Guzmán (2014), afirma que la tesis hace referencia a las herramientas del Sistema Last Planner reduce la variabilidad de obra, con un constante seguimiento de la planificación semanal que es el Lookahead Planning. Al aplicar la filosofía Lean Construction en el control del proyecto, mediante la programación planificación en la ejecución. Se percibe un cumplimiento de lo programado en un 75%, mediante el análisis de causas de incumplimiento y las acciones correctivas. Se aplicó la herramienta Carta Balance para detectar el mal dimensionamiento de las cuadrillas de partidas críticas como son el vaciado de concreto y encofrado de elementos horizontales (vigas), ya que el porcentaje de los trabajos no contributorios era elevado sin agregar valor al producto final y generando sobre costos.

Uzategui (2016) sostiene que mediante la Metodología Lean Construction se utilizó la herramienta Cartas de balance o Cartas de equilibrio de cuadrilla se presenta un trabajo con horizonte a mejorar la productividad de las partidas de solaqueo, el tarrajeo y el enchape, que sumando el presupuesto de los tres juntos suma el 50% del total del presupuesto de arquitectura, un 20% del total de obra cifra alta. Se utilizó la manera más óptima en ejecutar las partidas críticas el proceso que requiere la operación en el ámbito de la construcción en campo de manera enfocada hacia los detalles, comentando el método que aplico y verificó si es el adecuado y se determinó la cantidad de obreros más adecuada en la repartición de la cuadrillas y así obtener información clasificada para realizar un rendimiento análisis de cada trabajador. Posteriormente, se propusieron las mejoras correspondientes para la ejecución del proyecto.

Figuroa y Tolmos (2016) seleccionan una muestra a 120 colaboradores de la empresa. Tuvo como objetivo central la implementación del Lean Construction en una construcción de edificación con una mejora de tiempo y costo. La implementación fue de influencia excelente el 75%, fue regular con el 20% e irregular con el 5%. En la investigación, se implementaron todas las herramientas Lean Construction con éxito, en especial la herramienta Líneas de Balance que obtuvo una eficiencia mayor y la mano de obra fue menor. La actividad de colocación de acero concreto y encofrado obtuvo una mejora; sin embargo, fueron ineficientes los procesos realizando actividades que incumplían y generaban esperas y alto índice de trabajo no contributivo. Con la utilización de las herramientas se redujo la variabilidad en los procesos con lo cual se cumplirán con las actividades programadas.

Flores (2016), en la tesis, La influencia del lean Construction fue determinante para saber su influencia en su implementación en la ejecución realizada al estado de la UNA- Puno. Se aplicó a 60 colaboradores como muestra y se concluyó que la metodología influyó enriqueciendo de manera significativa, al aplicar correctamente la filosofía Lean Construction y obtener una construcción sin pérdidas. También se obtuvo con el gran propósito de dar a conocer las oportunidades que se obtiene para una mejora en la productividad por intermedio de la obtención de metodologías distintas a las tradicionales en los proyectos de construcción mediante su adaptación y aplicación.

Toledo (2017) realiza mejoras de un 27 % en la primera semana y llega a obtener un 51 % en la última. La mejora se dio en la implementación positiva del PPC. La identificación fue el principal punto para lograr una categorización y una posterior cuantificación de los trabajos que se planteaban por cada cuadrilla, de esa manera se hizo una mejora de la productividad de cada cuadrilla obteniendo un mejor control en actividades del plan maestro.

Se incrementaron los rendimientos de las cuadrillas en las diferentes partidas que se ejecutaron, eso designa que el control realizado redujese los tiempos de operación de las cuadrillas y obtener un ahorro en la mano de obra óptima la utilización del sistema Last Planner.

1.1.3. Ámbito Local

Vázquez y Cárdenas (2021) concluyen que la mejora de la productividad aplicando adecuados procesos de planeación, ejecución y control de los recursos utilizados permite optimizar el performance de la obra garantizando el cumplimiento de los plazos y costos en la etapa de ejecución de una obra de construcción.

Es fundamental realizar una adecuada selección y definición de las partidas a evaluar priorizando su incidencia los plazos (ruta crítica) y costos. Así mismo se debe identificar adecuada y oportunamente al personal que ejecutara cada uno de los trabajos con el objetivo de determinar si participan en aquellos que aportan o no valor de acuerdo a sus capacidades, lo cual permite adoptar las acciones correctivas necesarias en forma oportuna para equilibrar las cuadrillas garantizando altos niveles de productividad.

1.2. BASES TEÓRICAS

1.2.1. La Filosofía Lean

La filosofía integral de Lean Construction se concreta con el modelo de gestión LPDS (Lean Project Delivery System) o sistema de entrega de proyectos Lean, cuya misión es desarrollar el mejor camino posible para diseñar y construir infraestructuras. LPDS fue desarrollado para abarcar todo el ciclo de vida de los proyectos desde el inicio hasta la entrega y propone gestionar los proyectos de construcción considerando cinco fases y catorce módulos, utilizando conceptos y técnicas destinadas a maximizar el valor para el cliente y minimizar las pérdidas en la producción.

Para la implementación de Lean Construction en los proyectos es necesario iniciar con el compromiso de tener una cultura de mejora continua de la producción para que al aplicar los principios “Lean” correctamente mejoren la seguridad, la calidad y la eficiencia del proyecto [21]. Es decir, para que LC funcione se deben aplicar sus principios en forma concreta a las actividades del proyecto. Lauri Koskela propone once principios:

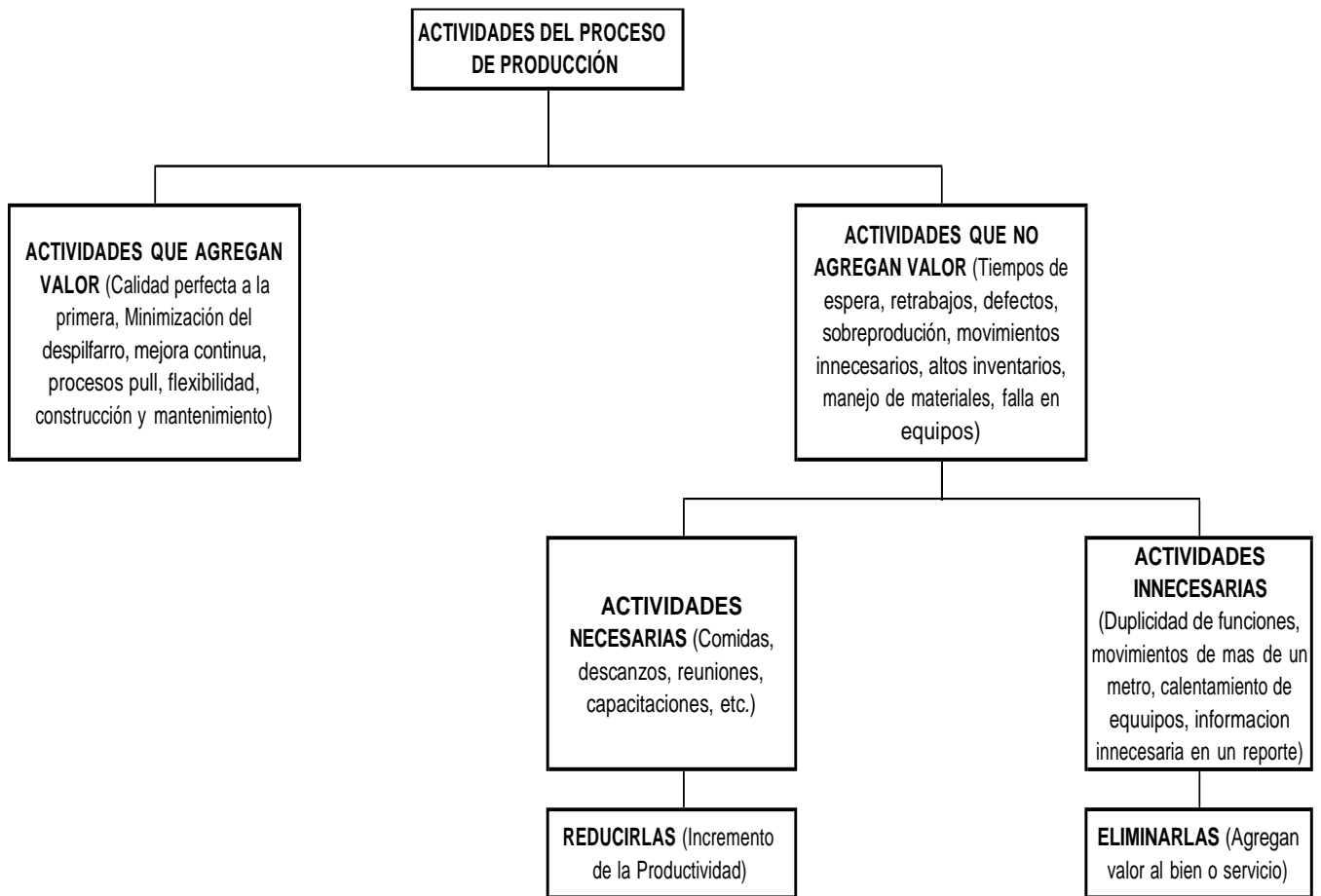
- Reducción o eliminación de las actividades que no agregan valor.
- Incremento del valor del producto.
- Reducción de la variabilidad.
- Reducción del tiempo del ciclo.
- Simplificación de proceso.
- Incremento de la flexibilidad de la producción.
- Transparencia del proceso.
- Enfoque del control al proceso completo.
- Mejoramiento continuo del proceso.
- Balance de mejoramiento de flujo con mejoramiento de conversión.
- Referenciación.

Estos principios “Lean” solo son posibles de aplicar plena y eficazmente en la industria de la construcción si el interesado en aplicarlos se centra en la mejora de todo el proceso de gestión del proyecto, en la integración de los interesados en el proyecto para concebir el nuevo enfoque de producción que proponen los principios de Lean Construction.

1.2.2. Lean Production

El Lean Production es un sistema que tiene como principal objetivo la eliminación de los “desperdicios” con el fin de ofrecer al cliente la mejor de las calidades con un servicio y unos plazos de entrega con el menor costo posible.

Figura 01: Proceso de Producción según Lean Production



Fuente: Elaboración Propia, 2022

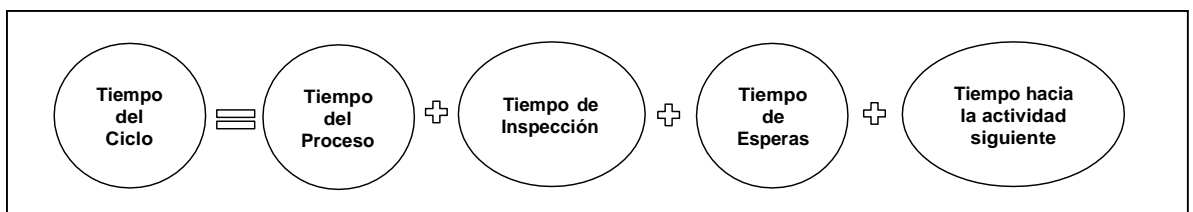
La nueva filosofía de producción considera los siguientes elementos dentro de su diseño y control de la producción (Koskela, Lauri. “Application of the new Production philosophy to construction”. 1992):

- **Identificar actividades que no agregan valor:**

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

- **Incrementar el valor del producto:**
Los beneficios obtenidos de eliminar las pérdidas en general deben enfocarse en incrementar el valor del producto para el cliente final, esto se puede lograr poniéndonos en perspectiva del cliente y haciendo que nuestro producto iguale y en el mejor de los casos supere las expectativas que estos tienen sobre el producto.
- **Reducir la variabilidad:**
La variabilidad afecta negativamente todos los ámbitos de la producción y también es algo negativo para el cliente, por lo cual es importante la reducción de la variabilidad para evitar problemas con las programaciones y la satisfacción del cliente.
- **Reducción del tiempo del ciclo.**
El tiempo que dura un ciclo se puede reducir con la teoría de lotes de producción y lotes de transferencia, la cual nos dice que si dividimos nuestra producción (lote de producción) en lotes pequeños (lotes de transferencia) que vamos transfiriendo de proceso a proceso, nuestro ciclo tendrá una duración menor que si introducimos todo el lote a un proceso y esperamos a que todo el paquete esté listo para llevarlo al siguiente proceso o actividad.

Figura 02: Tiempos que forman parte del ciclo del proceso completo



Fuente: Ibarra Gómez, Luis (2011), Tesis “Lean Construction” – Universidad Autónoma de México.

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

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

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

- **Referenciar los procesos (Benchmarking):**
Esto se basa en comparar nuestros procesos con los procesos de la empresa líder en nuestro campo de acción para tener ideas de mejora basándonos en el potencial de las empresas de la competencia.

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

1.2.3. Lean Construction

Según el Lean Construction Institute (ILC), Lean construction es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que sí lo hacen, por ello se enfoca principalmente en crear herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un buen sistema de producción que minimice los residuos. Entendiéndose por residuos todo lo que no genera valor a las actividades necesarias para completar una unidad productiva, LC clasifica los residuos de construcción en siete categorías como:

Tabla 01: Desperdicios en la construcción

Desperdicios en la construcción
Defectos
Demoras
Excesos de procesado
Exceso de producción
Inventarios excesivos
Transporte innecesario
Movimiento no útil de personas

Fuente: Analysis of lean construction practices at Abu Dhabi construction industry.

Categorías que en la gestión tradicional no se tienen en cuenta por que el concepto de producción actual es erróneo al considerarla como un proceso de solo transformación en donde entran materiales y se obtienen unidades productivas, olvidando optimizar los flujos que esos materiales tienen que seguir para lograr obtener el producto.

1.2.4. Diferencias entre Lean Construction y formas convencionales de Gestión de Proyectos.

En la siguiente tabla se presenta un comparativo entre la forma de definir los conceptos dentro de los principios del Lean Construction y las empleadas por las formas convencionales de gestión de proyectos:

Tabla 2: Lean Construction Vs formas convencionales de Gestión de Proyectos

HERRAMIENTAS	LEAN CONSTRUCTION	FORMAS CONVENCIONALES DE GESTIÓN DE PROYECTOS
CONTROL	Hace que las cosas pasen	Es visto como los resultados de un monitoreo.
RENDIMIENTO	Maximiza el valor, minimizando perdidas. Se enfoca al proyecto en general.	Optimizan cada actividad de forma independiente produciendo reducciones en el rendimiento total.
ENTREGA	Utiliza conceptos de diseño simultáneo: Coordinación entre ingeniería y construcción.	No previene iteraciones que producen pérdidas, aun con el empleo de la constructabilidad
VALOR	Para el cliente es definido, creado y entregado lo largo de la vida del proyecto.	El dueño define completamente los requerimientos al inicio y a la entrega final, a pesar de los cambios en las nuevas tecnologías, economía y mercado que puedan surgir.
COORDINACIONES	A través de "jalar" para generar un flujo continuo	Aquí se trata de empujar para cumplir con los cronogramas. Las coordinaciones recaen sobre una sola persona y no sobre un equipo.
DESCENTRALIZAR	Se propone la participación del equipo para generar transparencia y confianza. Todo el equipo conoce toda la información del proyecto.	Cada grupo maneja su propia documentación.

Fuente: www.leanconstruction.org

1.2.5. Estudios sobre Desperdicios

Las investigaciones respecto a los desperdicios que fueron realizadas e impulsadas en el Reino Unido fueron por parte de Building Research Establishment (Establecimiento para la investigación en la construcción, BRE), que generó el estudio de 21 materiales en un total de 114 obras y se llegó a considerar que el estudio es uno de los primeros y más ambiciosos intentos por realizar la medición de los desperdicios que se generan en obra. La metodología que se utilizó está basada en clasificar en dos categorías, los desperdicios:

Pérdidas directas: Referencia a que en el proceso de la construcción tenemos una visión directa y clara de desperdicios. La eliminación del desmonte generado en obra.

Pérdidas indirectas: Esta categoría es difícil detectar. El trabajo vicioso se confunde con esta categoría. Dentro de la clasificación se pueden observar en forma física o financiera. Existen tres tipos de pérdidas indirectas que reconocen los autores: Pérdidas por sustitución, (cuando el material utilizado llega a ser más costoso que el otro, ya sea por urgencia o equivocación), pérdidas por producción (se utiliza los materiales para un procedimiento que es necesario, pero no se tenía planeado) y pérdidas por negligencia (Cuando los materiales se utilizan con mayor cantidad en procedimiento).

Se realizó una estimación de pérdidas directas se realizó mediante el levantamiento de tres datos:

Materiales recibidos: Hace referencia a los materiales que durante el periodo de ejecución ingresaron a la obra.

Materiales almacenados: Hace referencia a hacer un inventario de todos los materiales que no se utilizaron, tanto en la etapa de inicio como al término del período de ejecución.

Metrado inicial: En la estructura se analizó la cantidad de materiales. Se estimó ese dato con la valorizaciones del subcontratista o realizando el metrado en los planos del proyecto.

El tipo de pérdida indirecta hace referencia a las correcciones que se dan por el tipo de perdida:

Por sustitución: Se realiza el cálculo de la cantidad de material que se colocó en lugar del material original y convertirlo a metrado equivalente.

Por producción: Se realiza la estimación de la cantidad de material que se utilizó en procedimientos no presentidos y transformarla a las unidades utilizadas en el metrado inicial.

Por negligencia: La colocación de la mayor cantidad de material que la que está proyectado el metrado inicial debe ser multiplicado por un factor de amplificación. Por ejemplo, si a una cierta área se le debe aplicar un recubrimiento de 2 cm. y en lugar de eso, se aplica uno de 3 cm. Deberá multiplicarse esta área por la relación 3/2.

1.3. DEFINICIONES DE TERMINOS BÁSICOS

La terminología básica, según Arias (2012) “consiste en dar el significado preciso y según el contexto a los conceptos principales, expresiones o variables involucrados en el problema y en los objetivos formulados.

1.3.1. Productividad

La productividad es la relación entre lo producido y lo gastado en ello. Es una medida de eficiencia y efectividad, puesto que mediante la productividad se puede determinar la forma en que se administran los recursos consumidos (horas hombre, tiempo, horas máquina, bolsas, unidades, S/, U\$, etc.) para obtener un resultado, el cual se desarrolla en un plazo determinado y con estándares de calidad dados (Brioso L. 2014).

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Resultado}}{\text{Esfuerzos}} = \frac{\text{Cantidad Producida}}{\text{Recursos Empleados}}$$

Según Cantú, Mereano, Gallina y García, 2009, autores del paper Productividad real en obras civiles – Análisis de un caso; la productividad siempre va asociada a los procesos de transformación: a este proceso ingresan recursos necesarios para producir un material, un bien o dar un servicio y posteriormente, a través del proceso, se obtiene un producto o un servicio determinado.

Un sistema o un proceso son más eficiente cuantos menos recursos consume para obtener un resultado dado. Así, un indicador de productividad podría ser la cantidad de m² construidos por sol gastado ó el número de viviendas por la cantidad de dinero invertida para la construcción de estas viviendas. Los ejemplos anteriores son a su vez indicadores globales, ya que proveen información que respalda las decisiones de carácter estratégico. (Brioso L., 2014).

En consecuencia, si se quisiera mejorar la eficiencia de un sistema o proyecto, sería necesario implementar técnicas que vayan direccionadas a la optimización de los procesos, de tal forma que pueda hacerse un análisis detallado de cada uno a fin de incrementar la producción de los mismos y reducir los recursos utilizados.

1.3.2. Rendimiento

En el lenguaje coloquial, en general se usan indistintamente las palabras rendimiento y productividad, sin embargo, es importante aclarar que el rendimiento es definido como la inversa de la productividad, es decir:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Esfuerzos}}{\text{Resultados}} = \frac{\text{Recursos Empleados}}{\text{Cantidad Producida}}$$

Así, ejemplos de indicadores de rendimiento (o ratios) pueden ser: hh/m², bls/m³, etc. Los ejemplos antes mencionados son a la vez indicadores operacionales específicos, ya que sirven para tomar decisiones de mejoramiento operacional y se refieren a algún proceso productivo específico que se desea medir. (Brioso L. 2014).

1.3.3. Partida Crítica

Actividad que forman parte de la ruta crítica en el programa del proyecto con alta incidencia en el costo, plazo y calidad.

1.3.4. Pérdidas

Se considera pérdidas, todo lo que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas y mano de obra necesarios para agregar valor al producto (Alarcon 2002).

1.3.5. Tipos de Pérdidas

Corresponden a la agrupación categorizada de tipos de pérdidas definidos específicamente para la aplicación de la filosofía “Lean Construction”. Las pérdidas se pueden clasificar en 9 tipos.

Tabla 03: Tipos de pérdidas definidos para la aplicación de la filosofía “Lean Construction”

ITEM	TIPOS DE PÉRDIDA	DEFINICIÓN	EJEMPLO
1	TIEMPO DE ESPERA	Interrupciones del trabajo o tiempo de inactividad.	Operarios esperando por información, averías de máquinas, material, etc.
2	DEFECTOS	Actividad que requiere re-trabajo por errores u omisiones.	Repetición o corrección de procesos.
3	MOVIMIENTOS INNECESARIOS	Desplazamiento innecesario de personal o maquinaria durante su trabajo.	Cualquier movimiento que el operario realice aparte de generar valor agregado al producto o servicio.
4	TRANSPORTE	Movimientos innecesarios en obra de personas, equipos o materiales desde un proceso a otro. Esto puede incluir trabajo administrativo, así como actividades físicas.	Mover materiales, partes o productos terminados hacia y desde el almacenamiento.

ITEM	TIPOS DE PÉRDIDA	DEFINICIÓN	EJEMPLO
5	SOBRE PROCESAMIENTO	Movimientos innecesarios en obra de personas, equipos o materiales desde un proceso a otro. Esto puede incluir trabajo administrativo, así como actividades físicas.	Proveer niveles de calidad más altos que los requeridos por el cliente
6	INVENTARIOS INNECESARIOS	Cantidad de materiales que va por sobre la necesidad inmediata. Además de materiales puede incluir trabajo en proceso y productos terminados.	Excesivo almacenamiento de materia prima, producto en proceso y producto terminado.
7	TALENTO HUMANO	Desaprovechar el potencial de las personas en la organización.	No utilizar la creatividad e inteligencia de la fuerza de trabajo para eliminar desperdicios.
8	SOBRE PRODUCCIÓN	Ejecutar una actividad antes de que sea realmente necesaria.	Procesar artículos más temprano o en mayor cantidad de las requeridas por el cliente.
9	HACER POR HACER	Improvisación por parte del personal.	Ejecución de una tarea continúa, aunque los elementos necesarios no estén disponibles.

Fuente: Elaboración propia, 2022, con información obtenida de www.bomconsulting.com

1.3.6. Fuente de las Pérdidas

Origen de las pérdidas de acuerdo a las siguientes categorías: Gestión de Administración, Gestión de Uso de Recursos y Gestión de Información. Además, Gestión de recursos se divide en tres subcategorías: maquinarias y equipos, materiales y mano de obra.

Figura 03: Fuentes de Perdidas



Fuente: Lean Construction - Manual Práctico de Herramientas de Mejoramiento de Construcción

1.3.7. Trabajo Productivo (TP)

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

1.3.8. Trabajo Contributorio (TC)

Es el trabajo de apoyo, se define como el trabajo que es necesario para que se pueda ejecutar el trabajo productivo, pero que no aporta valor a la unidad de construcción. Se debe minimizar al máximo posible para mejorar la productividad. Ejemplo, recibir y dar indicaciones, transporte de material, Limpieza del terreno o herramientas, etc.

- Mediciones: Acción de un operario de utilizar alguna herramienta para verificar una distancia, por ejemplo, usar una huincha, un nivel, etc.
- Instrucciones: Conversación que se da entre el maestro y/o ingeniero y los trabajadores, o entre mismos trabajadores con el fin de coordinar actividades.

- Transportes: Movimiento de Insumos (materiales, o equipo) desde el almacén (principalmente) o desde una parte de la obra a otra zona donde se requiere utilizar.
- Limpieza: Acción de un operario, con herramientas manuales, para despejar su área de trabajo de obstáculos o suciedad, así como la acción de limpiar sus herramientas para continuar su trabajo.
- Habilitación de Materiales: Pueden considerarse todas las actividades justo antes de realizarse la actividad productiva, bien puede ser doblar el acero, cortar la madera, Humedecer el concreto, lampear el concreto de una zona con excedente a otra con menos concreto.
- Habilitación de equipo y herramientas: El tiempo empleado en prender un equipo, echarle combustible, revisarlo, mientras no sea un tiempo excesivo es parte del proceso productivo.
- Otros Contributorios: Distintas labores que no sean fácilmente tipificadas como las citadas anteriormente.

1.3.9. Trabajo No Contributorio o No Productivo (TNC)

Corresponde a cualquier otra actividad realizada por el trabajador y que no se clasifica en las anteriores categorías, por lo tanto, se consideran pérdidas, ya que son actividades que no son necesarias, tienen un costo y no agregan valor por lo que se busca eliminarlas para mejorar el proceso productivo. A continuación, se indican algunos ejemplos:

- Esperas: Todo tiempo en que los trabajadores dejan de trabajar, generalmente se da por fallas en la planificación, por ocurrencia de eventos no previsto y no saber cómo abórdalos para continuar la producción.

- Viajes: Movimientos del personal con las manos vacías, se realizan en búsqueda de material o por instrucciones.
- Tiempo Ocio: Tiempo en que el trabajador intencionalmente no produce, es una mala actitud del trabajador y se espera que sean mínimos.
- Trabajo Rehecho: Tiempo dedica por un operario en reparar defectos durante el proceso productivo, teniendo a veces que eliminar el elemento producido, y volver a hacerlo desde cero.
- Descansos: Tiempos en que los trabajadores relajan los músculos del continuo trabajo que vienen realizando, si bien después de 1 o 2 horas en alguna posición anti-ergonómica, se entiende que los trabajadores descansen, no puede ser excesiva.
- Necesidades Fisiológicas: Tiempo en que los trabajadores se hidratan tomando agua, o tienen la necesidad de usar los servicios, igualmente deben ser tiempos mínimos.
- Otros no Contributorios: Distintas labores que no sean fácilmente tipificadas como las citadas anteriormente, podría ser el conversar con los vecinos de manera recurrente.

CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En nuestro país, el sector construcción ha adquirido una indudable importancia en el desarrollo económico del país, la construcción es el sector de mayor crecimiento ininterrumpido en los últimos años. En el Sector Construcción registró un aumento de 4.38%, en el 2021, ante el aumento del consumo interno de cemento en 9.73%; en tanto que el avance físico de obras públicas disminuyó en 11,71%.

Proyecciones de la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), estiman que las actividades de sector construcción creció 38% entre julio 2020 y junio 2021 pero se contraería en lo que queda del año 2021 y esta tendencia proseguiría en el 2022.

En el Perú actualmente el modelo tradicional o artesanal de la gestión de proyectos aplicada a la mayoría de las empresas constructoras, se caracteriza por tener procesos insuficientes, ineficientes, variables, difíciles de controlar, originando retrasos, reprocesos y sobrecostos a la culminación del proyecto.

Las empresas que realizan los procesos y métodos de edificación son las más interesadas en tener métodos de edificación en base a una cultura de construcción, las prácticas que se realizan van siendo identificadas por las demoras e incumplimiento por parte de los proveedores y contratistas; bajos rendimientos y rotación del personal; pocos canales efectivos de comunicación; porcentaje de desperdicio elevados, así como factores externos tales como cambios climáticos desfavorables; altas velocidades de producción de las competencias, sin dejar de considerar factores humanos como la presión y cantidad de trabajo que no se realiza.

También una planeación adecuada que implique una metodología, a fin de medir, mejorar los procesos y controlar lo que afecta negativamente a la productividad de las obras, a las que se recurren a las distintas filosofías, de acuerdo con las necesidades, siendo la más utilizada el "Lean Construction".

Este recurre a sus herramientas de medición de pérdidas y planificación “Last Planner” y “Look Ahead”.

Actualmente el margen de utilidad de las empresas constructoras se ha reducido debido a la competencia, pudiendo alcanzar valores del 7% a 8%. El incremento en el precio de los materiales, equipos y mano de obra producto de la pandemia (covid-19), ajustan aún más este margen considerando además que es probable que estos precios aumenten durante la etapa de ejecución de la obra. Así como el inadecuado proceso de control de la productividad generará la disminución del margen de utilidad deseada, sin embargo la aplicación de adecuadas herramientas de gestión de proyectos puede mejorar la productividad optimizando costos y tiempos incrementando por ende las ganancias previstas.

El presente trabajo de investigación, se realiza con la finalidad de mejorar la productividad de la mano de obra en partidas de concreto armado para incrementar los ratios de eficiencia en la etapa de ejecución, tomando decisiones oportunamente para corregir errores y minimizar desperdicios.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1. Problema General

¿Será posible controlar la productividad en obras mediante la aplicación de la filosofía de Lean Construction?

2.2.2. Problemas Específicos

- ¿Será posible aplicar la filosofía de Lean Construction para controlar la productividad en obras?.

- ¿Será posible optimizar plazos y costos en una obra aplicando la filosofía Lean Construction?.

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo General

Controlar la productividad en obras mediante la aplicación de la filosofía de Lean Construction.

2.3.2. Objetivos Específicos

- Aplicar la filosofía de Lean Construction para controlar la productividad en obras.
- Optimizar plazos y costos en una obra aplicando la filosofía Lean Construction.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis general

Es posible controlar la productividad en obras mediante la aplicación de la filosofía de Lean Construction.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- Es posible aplicar la filosofía de Lean Construction para controlar la productividad en obras.
- Es posible optimizar plazos y costos en una obra aplicando la filosofía Lean Construction.

2.5. VARIABLES

2.5.1. Identificación de Variables

- Variable independiente: Lean Construction.
- Variable dependiente: Productividad

2.5.2. Definición Conceptual y Operacional de las Variables

Tabla 04: Definición Conceptual y Operacional de las Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL
Variable Dependiente: Productividad	La productividad es la relación entre lo producido y lo gastado en ello.	Medida de eficiencia y efectividad, puesto que mediante la productividad se puede determinar la forma en que se administran los recursos consumidos (horas hombre, tiempo, horas máquina, bolsas, unidades, S/, U\$, etc.) para obtener un resultado, el cual se desarrolla en un plazo determinado y con estándares de calidad dados.
Variable Independiente: Lean Cosntruction	Filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que sí lo hacen.	Modelo de gestión que se enfoca en minimizar las pérdidas de los sistemas de manufactura al mismo tiempo que maximiza la creación de valor para el cliente final. Para ello utiliza la mínima cantidad de recursos, es decir, los estrictamente necesarios para el crecimiento.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

2.5.3. Operacionalización de las Variables.

Tabla 05: Operacionalización de variables

Denominación	Definición	Dimensi ^o n	Indicador	Escala de Medición
Variable Dependiente: Productividad	Medida de eficiencia y efectividad, puesto que mediante la productividad se puede determinar la forma en que se administran los recursos consumidos (horas hombre, tiempo, horas máquina, bolsas, unidades, S/, U\$, etc.) para obtener un resultado, el cual se desarrolla en un plazo determinado y con estándares de calidad dados.	Eficiente. Aceptable. Ineficiente	%	Formatos de recolección de datos, observaciones en campo.
Variable Independiente: Lean Construction	Modelo de gestión que se enfoca en minimizar las pérdidas de los sistemas de manufactura al mismo tiempo que maximiza la creación de valor para el cliente final. Para ello utiliza la mínima cantidad de recursos, es decir, los estrictamente necesarios para el crecimiento.	- Alcance. - Costo. - Tiempo	-Last Planer - Planificación Lookahead	Productividad

Fuente: Elaboración propia, 2022.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación se define como los métodos y técnicas elegidos por un investigador para combinarlos de una manera razonablemente lógica para que el problema de la investigación sea manejado de manera eficiente.

3.1.1. Tipo de Investigación

El estudio se enmarca a una investigación de tipo explicativa toda vez que no solo describe el problema o fenómeno observado sino que se acerca y busca explicar la causa – efecto de lo ocurrido, aportando indicios para la realización de un diagnóstico cuantitativo y cualitativo de la situación actual del proceso de medición del rendimiento de la mano de obra en edificaciones con la finalidad de proponer mejoras basadas en herramientas de gestión de proyectos.

3.1.2. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es No Experimental del Tipo Transversal y Prospectivo. Es transversal porque investigan el objeto en un punto determinado del tiempo y prospectivo pues es un estudio en el que se parte de una observación de uno o varios factores a los que se trata de buscar los efectos en un intervalo de tiempo.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

Es el conjunto de individuos u objetos de medidas que poseen alguna característica común observable en un lugar o momento determinado. Cuando se lleve cabo alguna investigación debe de tenerse en cuenta algunas características esenciales al seleccionarse la población bajo estudio” (wigodski, 2010).

Para la presente investigación, la población objeto de estudio, se estableció como una población de tipo finita, tomando en cuenta los objetivos y los recursos disponibles, estando conformada por las partidas contenidas en el presupuesto de una obra de edificación.

3.2.2. Muestra

Es un subconjunto representativo de la población, donde hay diferente tipo de muestreo. La muestra dependerá de la calidad y cuan representativo sea el estudio de la población” (wigodski, 2010).

Para la presente investigación, se tomará en cuenta las partidas de concreto armado más representativas en costo y tiempo del presupuesto de una obra de edificación.

3.3. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. Técnicas de Recolección de Datos

A. Observación:

La observación se realizó de manera participante y selectiva, centrándonos en las actividades seleccionadas lo cual permitió la medición y evaluación del porcentaje de tiempo que el personal obrero (Mano de obra calificada y no calificada) dedicada a la ejecución de las partidas de concreto armado de la edificación unidad de analisis.

B. Análisis de Documentos:

Se realizó la revisión bibliográfica de la Filosofía Lean Construction como herramienta de Gestión de Proyectos para aplicarlo adecuadamente en el camino de mejorar la productividad, así mismo se ha revisado libros, tesis, revistas, artículos técnicos, etc.

Se analizaron los controles realizados en campo, así como la documentación técnica y financiera de la obra (presupuesto, metrados, análisis de costos unitarios, cronogramas, valorizaciones, cuaderno de obra, informes mensuales, etc.).

3.3.2. Instrumentos de Recolección de Datos

Los instrumentos de medición (Hernández S., y otros, 2010 pág. 200) son recursos que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente.

El proceso de recolección de datos utilizada en el presente estudio estuvo compuesto por los siguientes instrumentos:

- Porcentaje de plan cumplido.
- Medición del nivel general de actividades.
- Medición de los tiempos en tareas específicas.
- Análisis de Restricciones.
- Inventario de trabajo ejecutable (ITE).
- Plan de trabajo semanal (Weekly Work Plan).
- Fichas de recolección de datos.

3.3.3. Procedimientos de Recolección de Datos

El procedimiento seguido para la recolección de datos se representa en la siguiente tabla.

Tabla 06: Procedimiento de Recolección de Datos

ITEM	PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN
1	Reconocimiento de Terreno	Recorrido del área de trabajo a fin de poder encontrar puntos estratégicos para la ubicación de cámaras filmadoras.
2	Colocación de Cámaras Filmadoras	Ubicación de cámara filmadora para captura de videos de las partidas materia de análisis.
3	Recopilación de Información	Captura de videos de los procesos desarrollados durante un periodo de tiempo de seis semanas.
4	Evaluación de Actividades Seleccionadas	Recopilación de datos durante la etapa de construcción de partidas seleccionadas.

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

3.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

La siguiente tabla describe los procedimientos seguidos para el procesamiento, análisis e interpretación de datos para la presente investigación.

Tabla 07: Procedimiento de Procesamiento, Análisis e Interpretación de datos

ITEM	PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN
1	Caracterización de los Procesos	Describir las diferentes situaciones presentadas durante la ejecución de actividades
2	Análisis de Secuencia de Procesos	Aplicación de la técnica del muestreo para analizar la incidencia de los TP, TC y TNC en actividades de concreto, instalaciones eléctricas y sanitarias.
3	Propuesta de Mejora	Propuesta de una nueva secuencia de procesos basados en la observación de trabajos TP, TC y TNC

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

3.5. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA

3.5.1. Last Planner

La teoría Last Planner (Teoría del último planificador) se define al último planificador a la persona o grupo de personas cuya función es la asignación de trabajo directo a los trabajadores. [...]. Adicionalmente, la función del último planificador es lograr que lo que queremos hacer que coincida con lo que podemos hacer, y finalmente ambas se conviertan en lo que vamos hacer. (Ghio C., 2001).

Lo que nos indica el autor en esta cita, que debemos involucrar a todos los actores con el fin de identificar lo que queremos y podemos hacer. [...] Ballard también plantea, para verificar el cumplimiento de la planificación operacional semanal, una herramienta llamada PPC (Percentage Planned Complete, o porcentaje de actividades planificadas cumplidas). El PPC compara el número de actividades planificadas cumplidas durante la semana con el total de actividades programadas para la semana. [...]. (Ghio C., 2001 pág. 34). El autor refiere el Porcentaje de plan cumplido como la herramienta que mide el porcentaje (%) de cumplimiento entre lo planeado y lo realmente ejecutado.

3.5.2. Planificación Lookahead

La Planificación Lookahead (LP) es un cronograma de ejecución a mediano plazo, que cubre el horizonte de tiempo más conveniente para el proyecto. Este horizonte se define en función de las características de cada proyecto. En general, la duración mínima dependerá del plazo de abastecimiento y máxima de la variabilidad que pueda afectar al planeamiento del proyecto. Esta herramienta nos permite evaluar las actividades futuras y las restricciones que estas tengan, las que la convierten en NO programables. Esta etapa requiere ser aplicada luego del Last Planner y con ella realizar el listado de restricciones, responsable de cada restricción así como la fecha requerida para levantar la restricción. Las funciones del proceso Lookahead son las siguientes:

- Formar la secuencia del flujo de trabajo y su calcular su costo.
- Proponer el flujo de trabajo y su capacidad.
- Descomponer las actividades del programa Maestro en paquetes de programas y operaciones de trabajo de más fácil manejo.
- Desarrollar métodos detallados para la ejecución del trabajo.
- Mantener un inventario de trabajo ejecutable.
- Poner al día y revisar los programas del nivel superior.

Las funciones antes mencionadas deben ser cumplidas por ciertos procesos específicos:

- Definición de actividades.
- Análisis de restricciones.
- Arrastrar el trabajo desde las unidades de producción superiores.
- Balancear la carga con la capacidad.

Las ventanas Lookahead (actividades programadas para un periodo de tiempo) se basan en un grupo potencial de asignaciones para las siguientes 3 a 12 semanas.

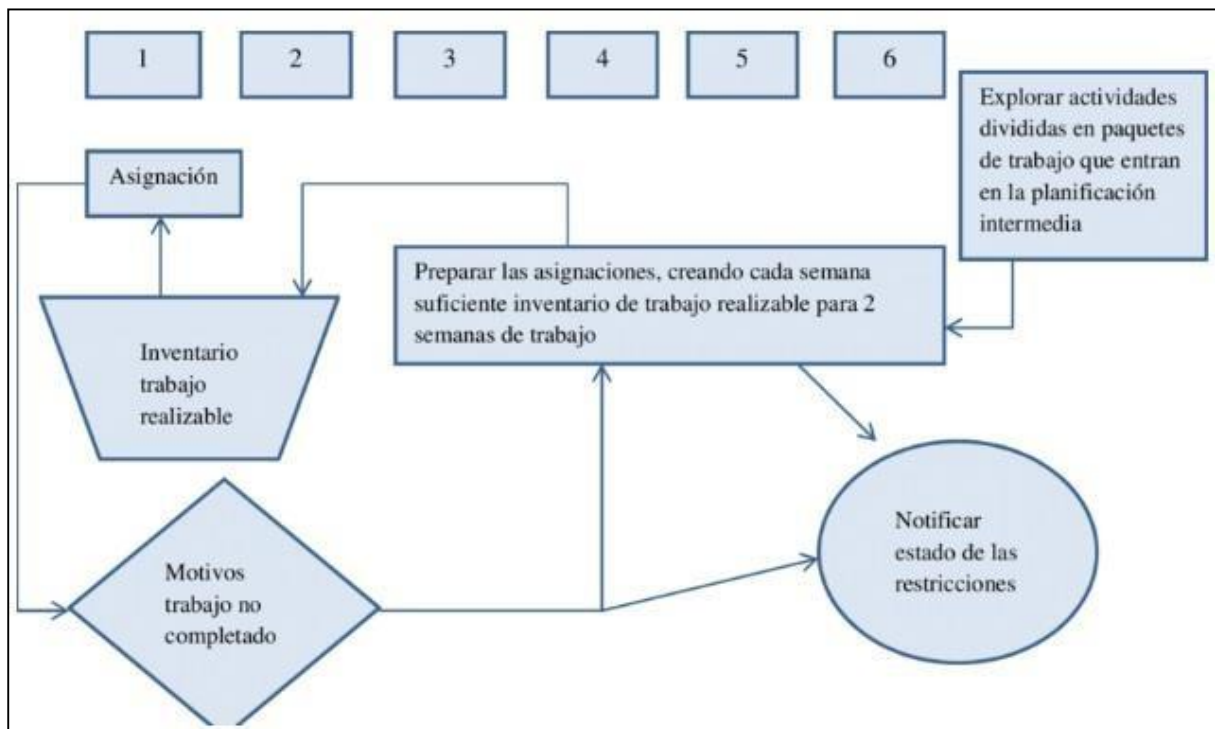
Además, la planificación Lookahead no es fácil de determinar del programa maestro (programa e hitos principales del proyecto). De

hecho, es frecuentemente beneficioso formar un equipo que esté haciendo el trabajo de proyectar colectivamente el programa maestro para la próxima fase del proyecto.

Antes de entrar a la ventana de tiempo de la planificación Lookahead, el programa maestro de actividades es dividido en niveles de detalles apropiados para la asignación del plan de trabajo semanal, en el cual típicamente se rinden múltiples asignaciones para cada actividad. Luego cada asignación está sujeta a un análisis de restricciones para determinar lo que debe ser hecho de tal forma que la actividad quede lista para ser ejecutada.

La regla general es permitir dentro de la ventana Lookahead, sólo aquellas actividades que pueden ser realizables, para completar el programa. Si el planificador no está seguro de que las restricciones pueden ser removidas, las potenciales asignaciones serán retardadas. En la figura 04, se presenta el proceso Lookahead para 6 semanas.

Figura 04: Proceso Lookahead para periodo de 6 semanas



Fuente: Lean Construction - Manual Práctico de Herramientas de Mejoramiento de Construcción

Las asignaciones potenciales entran a la ventana Lookahead en la sexta semana del programa de ejecución del ejemplo. Luego se mueven hacia delante, semana a semana, hasta que les este permitido ingresar al ITE (Inventario de Trabajo Ejecutable), sólo si todas las restricciones han sido removidas y se encuentran en una secuencia apropiada de ejecución. Si el planificador percibe una restricción en una de estas actividades, no podrá dejarla avanzar hacia delante.

El objetivo es mantener un inventario que sea ejecutable. Los planes de trabajo semanal son formados desde el ITE, mejorando así la productividad de quienes reciben estas asignaciones e incrementando la confiabilidad del flujo de trabajo para la siguiente unidad de producción.

El proceso de planificación Lookahead es el segundo nivel en la jerarquía del sistema de planificación. Resalta las actividades que deberían hacerse en un futuro cercano. Su principal objetivo es controlar el flujo de trabajo, entendiéndose como flujo de trabajo la coordinación de diseño (planos), proveedores (materiales y equipos), recurso humano, información y requisitos previos, que son necesarios para que la cuadrilla cumpla su trabajo. Luego, para poder cumplir las funciones de la planificación Lookahead, existen determinados procesos específicos.

A continuación se explicarán cada uno de los procesos específicos que permiten desarrollar una adecuada planificación Lookahead.

A. Definición del intervalo de tiempo de la Planificación

Lookahead.- El número de semanas sobre el cual se extiende la Planificación Lookahead es escogido de acuerdo a las características del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación, y los tiempos de respuesta para la adquisición de información, materiales, mano de obra y maquinaria.

Algunas actividades tienen tiempos de respuestas largos para generar el abastecimiento, es decir, un largo período desde el momento en que se piden recursos hasta que éstos son recibidos. Estos períodos de respuesta deben ser identificados durante la planificación inicial para cada actividad incluida en el programa maestro.

B. Definición de las actividades de la Planificación Lookahead.-

Para preparar la Planificación Lookahead explotaremos las actividades del programa maestro que estén contenidas dentro del intervalo definido, siempre y cuando el nivel de detalle de programación inicial sea bajo.

Lo anterior es de vital importancia, ya que obtendremos en la Planificación Lookahead un nivel de detalle que nos permitirá clarificar de mejor forma las restricciones que nos impiden realizar una determinada tarea.

Lo que obtendremos en la planificación Lookahead es un conjunto de tareas para un intervalo de tiempo dado. Cada una de estas tareas tiene asociada un conjunto de restricciones, que determinan si la tarea puede o no ejecutarse. Una restricción es algo que limita la manera en que una tarea es ejecutada. La restricción involucra requisitos previos o recursos. Después de identificar cada una de las tareas y sus restricciones dentro de la Planificación Lookahead, se procede a realizar el análisis de las restricciones.

C. Análisis de Restricciones.- Luego que las asignaciones o tareas sean identificadas, se someterán a un análisis de restricciones. En la Tabla N° 08 se plantea un ejemplo de un análisis de restricciones para el proceso Lookahead, las que pueden ser de diseño, trabajo previamente ejecutado, espacio, equipos y además una categoría ampliable para otras restricciones.

Tabla 08: Análisis de Restricciones

ACTIVIDAD	DISEÑO	MATERIALES	MANO DE OBRA	EQUIPOS	PRE-REQUISITOS
A	No	Si	Si	Si	Si
B	Si	No	Si	Si	Si
C	No	Si	No	Si	Si
D	Si	No	Si	Si	No
E	No	Si	Si	NO	Si
F	Si	No	Si	Si	Si

Fuente: Elaboración Propia, 2022

El Análisis de Restricciones no involucra unicamente poner un "Si" o un "No", ya que detrás de eso existen dos procesos claves para poder liberar las restricciones, éstos son: Revisión de las restricciones y Preparación de las restricciones.

- La Revisión de las Restricciones permite determinar el estado de las tareas en la planificación intermedia en relación a sus restricciones y a la probabilidad de removerlas antes del comienzo programado de la actividad, a partir de lo cual, se puede escoger adelantarlas o retardarlas con respecto al programa maestro.
- La Preparación de las restricciones permite tomar las acciones necesarias para remover las restricciones o limitaciones de las actividades, para que así estén dispuestas para comenzar en el momento fijado.

Existen dos tipos de Restricciones:

- Restricciones Físicas.- Maquinaria, Equipos, materiales, mano de obra, etc.
- Restricciones Políticas.- Huelgas sindicales, paro de transportistas, conflictos sociales, etc.

D. Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE).- El inventario de trabajo ejecutable está compuesto por todas las tareas que poseen alta probabilidad de ejecutarse, es decir, está conformado por las tareas de la planificación Lookahead que tienen liberadas sus restricciones. De esta manera se crea un inventario de tareas que sabemos que pueden ser ejecutadas. Dentro del Inventario de Trabajo Ejecutable puede existir el siguiente tipo de actividad:

- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen al ITE de la semana en curso que no pudieron ser ejecutadas.
- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura que se desea planificar.
- Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras (situación ideal de todo planificador).

Si una actividad del Plan de Trabajo Semanal no es capaz de ser ejecutada o si se ejecutan algunas actividades antes de lo esperado, el inventario de Trabajos Ejecutables proveerá otras actividades, con lo que las cuadrillas de producción no quedarán ociosas, o lo que sería peor, no terminarán realizando tareas al azar que se salgan de la secuencia de trabajo y que más tarde generen trabajos más costosos o de mayor dificultad. Las actividades listas para ejecutar deben cumplir los mismos criterios de calidad que las asignaciones de la semana.

Luego de haber creado el inventario de trabajo ejecutable, estamos en condiciones de crear un Plan de Trabajo Semanal (PTS), que no es más que seleccionar un conjunto de actividades del ITE que se realizarán en la semana siguiente.

E. Plan de trabajo semanal (Weekly Work Plan).- Este nivel es de detalle previo a la ejecución de una tarea y que tiene como objetivo el control de las unidades de producción. Lo que se busca es lograr progresivamente asignaciones de mayor calidad en base al aprendizaje continuo y con acciones correctivas.

El responsable de realizar esta etapa es el denominado último planificador (Last Planner), que puede ser un ingeniero de campo, un maestro de obra, supervisores, etc. Es decir puede ser todas aquellas personas que están como responsables directamente en campo y están en contacto con las unidades de producción.

El Weekly Work Plan se elabora en base a la selección de tareas que tenemos de la lista de reserva de trabajo ejecutable (Workable Backlog). Por ello "asignaciones de calidad" (Quality Assignments) se denomina a la acción de escoger que tareas serán ejecutadas en la siguiente semana desde lo que sabemos que tiene alta probabilidad de ser cumplido (Ballard, 2000).

La forma de medir el desempeño del Weekly Work Plan para poder estimar su calidad en cuanto a cumplimiento, se realiza a través del Porcentaje de Actividad Completada (Percent Activity Complete - PAC). Este paso es importante ya que nos sirve de retroalimentación para poder luego implementar mejoras y aprender de las fallas al momento de asignar una tarea.

Tabla 09: Ejemplo del Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)

ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	UND.	RESPONSABLE	% COMPLETADO		LOGRADO		ANÁLISIS DE NO CUMPLIMIENTO
				PLANIFICADO	REAL	SI	NO	
1	A	m3	R. Macero	120	120	X		
2	B	m2	R. Macero	150	125		X	Motivo X
3	C	ml	O. Melendres	90	75		X	Motivo Y
4	D	pto	R. Macero	75	75	X		
5	E	pza	O. Melendres	260	220		X	Motivo Z
6	F	Und	O. Melendres	100	100	X		

Fuente: Elaboración Propia, 2022

3.5.3. Determinación de Partidas Restrictivas

Uno de los procesos requeridos es la selección de las principales partidas del presupuesto de obra que pueden ser restrictivas a las partidas de concreto armado, analizar las restricciones originadas y cuales se requieren monitorear para mejorar la performance de las mismas.

A. Estructuras

El presente estudio considera las partidas de obras de concreto armado en elementos estructurales con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, cuyos diseños figuran en los planos estructurales así como también lo especificado en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Acero $f'y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

Descripción:

Se deberán seguir las especificaciones indicadas en las generalidades de concreto armado. El acero es un material obtenido de la fundición en altos hornos para el refuerzo de concreto generalmente logrado bajo las Normas ASTM-A 615, A 616, A 617; sobre la base de su carga de fluencia $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$, carga de rotura mínima $5,900 \text{ kg/cm}^2$, elongación de 20 cm, mínimo 8%.

Materiales:

Se deberán respetar los diámetros de todos los aceros estructurales especificados en los planos, cuyo peso y diámetro deberá ser de acuerdo a las Normas. Las varillas de acero corrugado o liso según especificaciones técnicas, serán de diámetros de 1/4", 3/8", 5/8", 3/4" y 1" con longitudes de 9 mts.

Proceso Constructivo:

El método de ejecución debe realizarse de acuerdo a lo especificado para el acero en la descripción general de estructuras de concreto armado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Las varillas deben de estar libres de defectos, dobleces y/o curvas. No se permitirá el redoblado ni enderezamiento del acero obtenido sobre la base de

torsiones y otras formas de trabajo en frío.

Se define la forma de la estructura según planos del proyecto y se fabrican los diferentes elementos metálicos como estribos, refuerzos longitudinales para esfuerzos de tracción, compresión y torsión, ganchos y otros; armados todos estos a una separación específica.

Restricciones:

Las restricciones que se generan en estas actividades se relacionan en primer lugar a aspectos logísticos (adquisición oportuna del material), habilitación y colocación en los elementos estructurales. Las solicitudes de compra a veces no son procesadas a tiempo o en algunos casos en las cuales las solicitudes para la adquisición se realizan oportunamente es el proveedor que incumple por falta de stock.

En el caso de las tareas de habilitación podría no haber personal calificado, área de trabajo, herramientas, equipos para traslado al frente de trabajo.

La colocación se ve restringida por la inadecuada distribución o diámetros diferentes a los especificados en los planos por falta de un adecuado proceso de control de calidad, las mismas que muchas veces desencadenan en observaciones o necesidad de rehacer trabajos.

Encofrado y Desencofrado

Descripción:

Esta partida comprende el suministro, ejecución y colocación de las formas de madera necesarias para el vaciado del concreto de las vigas de cimentación, los alambres que se emplean para amarrar los encofrados no deberán de atravesar las caras del concreto que quedan expuestas en la obra terminada.

Materiales:

Para la ejecución de estas partidas se usara pies derechos o elementos verticales y formas de madera que sirvan de soporte con la finalidad de garantizar que los elementos estructurales cumplan con las dimensiones y especificaciones técnicas requeridas.

Proceso Constructivo:

El método de ejecución debe realizarse definiendo las dimensiones de la estructura según los planos y especificaciones técnicas para la fabricación de moldes alrededor de la armadura de acero con los los espaciamientos necesarios.

Restricciones:

El control de calidad del material está ligado directamente con las restricciones para la ejecución de éstas partidas, así como el uso inadecuado de la madera o en mal estado de ésta (tipo, humedad o fatiga), falta de verticalidad, alineación y dimensionamiento, control de calidad en la habilitación; desencadenan en observaciones o necesidad de rehacer trabajos.

Es necesario considerar también como una restricción los factores de seguridad en obra ya que el no uso o inadecuado uso de andamios y/o equipos, maniobras temerarias, falta Equipos de Protección Personal para el personal obrero, elementos de protección colectiva, etc, pueden retrasar o paralizar la ejecución de los trabajos.

Concreto Armado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Descripción:

Los trabajos para estas partidas consisten en realizar vaciado del concreto en elementos estructurales dosificando los materiales componentes en proporciones prediseñadas capaz de ser colocada sin segregaciones, con la finalidad de lograr las resistencias especificadas en su estado endurecido.

Materiales:

El concreto para vigas de cimentación, será una mezcla de agua y cemento - arena y piedra (preparados en una mezcladora mecánica) dentro del cual se dispondrán las armaduras de acero de acuerdo a los planos de estructura y que son el soporte de las cargas de la edificación que se transmite al suelo.

Proceso Constructivo:

El método de fabricación del concreto se realiza mediante procesos de premezclado o preparado insitu, este segundo requiere tener todos los materiales a disposición en el frente de trabajo para poder ser combinados a proporciones indicadas en el diseño de mezclas y las Especificaciones Técnicas.

Restricciones:

El control de calidad del material está ligado directamente con las restricciones para la ejecución de éstas partidas ya que se requiere un control imprescindible, para cumplir las propiedades en el estado fresco (trabajabilidad y consistencia). En algunos casos sucede que los camiones mixer que transportan el concreto premezclado incurrir en tiempos de demora por lo cual la mezcla supera el tiempo máximo de fabricación.

Del mismo modo la seguridad puede verse comprometida por no implementar adecuadas medidas de prevención antes como durante la actividad (señalización, protocolos de trabajo, checklist, permisos y otros; pudiendo originar retrasos, tiempos muertos y paralizaciones.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

La obra que será analizada es la denominada “Mejoramiento y ampliación del servicio de educación primaria de la I.E. N° 00797 Sagrado Corazón de Jesús en la localidad de Calzada, distrito de Calzada - provincia de Moyobamba - departamento de San Martín”.

El Centro Educativo N°00797, se encuentra ubicado en el Centro Poblado de Calzada, en el Distrito de Calzada, en la Provincia de Moyobamba, en el Departamento de San Martín. El área de estudio a evaluar se encuentra a una altitud de 845.482 m.s.n.m.

Figura 05: Macro Localización de la Obra



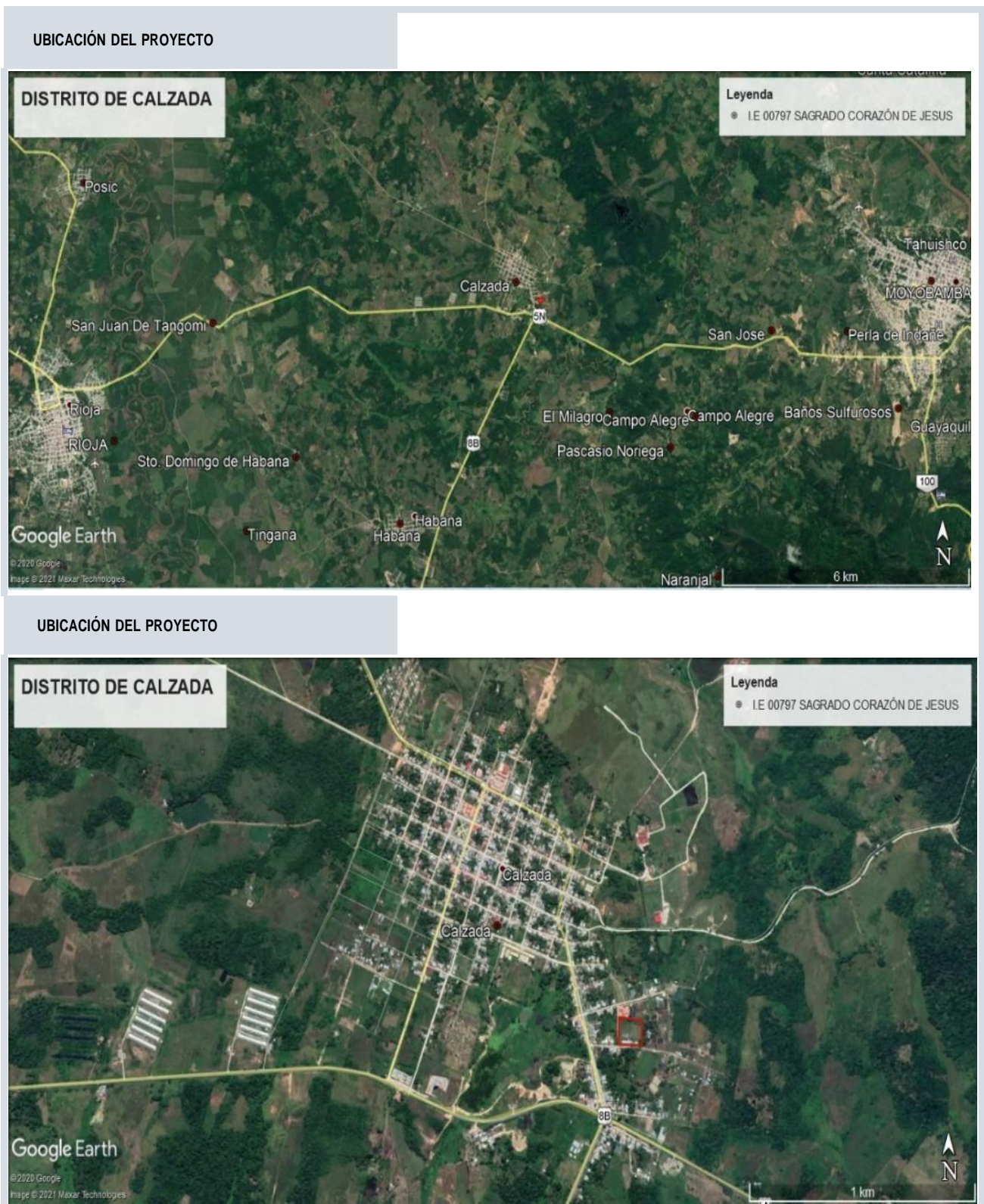
Fuente: Elaboración Propia, 2022

Tabla 10: Coordenadas UTM de la Obra

UTM (WGS84 – Zona 18 Sur)	
Este	Norte
E: 271988.071	N: 9332288.323

Fuente: Elaboración Propia, 2022

Figura 06: Micro Localización de la Obra



Fuente: Google Earth 2022

El lote donde se edificará el presente proyecto se encuentra ubicado en el Distrito de Calzada Provincia de Moyobamba, Departamento de San Martín, República del Perú; a una altura de 845.482 m.s.n.m.

Figura 07: Esquema de Localización de la Obra



Fuente: Plano de Ubicación Expediente de Arquitectura

Con relación a la descripción de accesos al predio donde se realizará el proyecto, se tomará como referencia el análisis desde la Capital del Perú, la ciudad de Lima, es importante mencionar que Vía Área, el recorrido Lima – Tarapoto, tomará un tiempo de aproximadamente 1.00 hora, por medio de

vuelos comerciales; posteriormente el recorrido será vía terrestre desde la ciudad de Tarapoto hasta la localidad de Calzada, con un recorrido de aproximadamente 2 horas y 30 minutos en automóvil. Se adjunta el presente cuadro para resumir la explicación sobre accesos.

Tabla 11: Vías de Acceso a la Obra

DESDE - HASTA	TIPO DE VÍA	MEDIO DE TRANSPORTE	TIEMPO
Lima - Tarapoto	Aéreo	Avión	1 hora
Tarapoto - CALZADA	Terrestre	Auto	2 hora 30 min

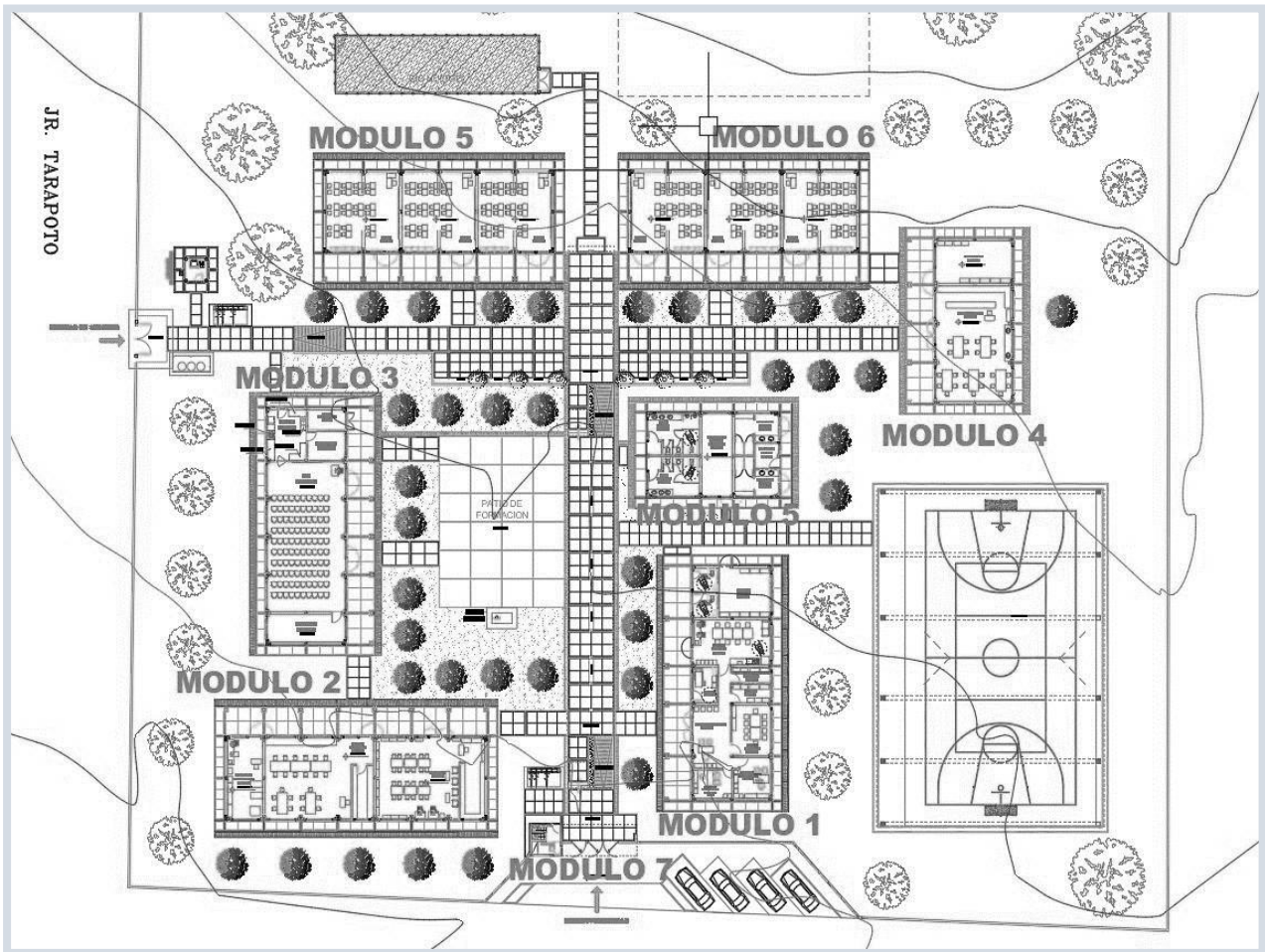
Fuente: Elaboración Propia, 2022

Figura 08: Esquema de Ubicación de la Obra



Fuente: Google Earth 2022

Figura 09: Planimetría de la Obra



Fuente: Planos de Arquitectura del Expediente Técnico

El proyecto contempla el mejoramiento del nivel educativo con la construcción de aulas, servicios complementarios y áreas de recreación; en este sentido la propuesta para el mejoramiento y ampliación del servicio de educación primaria contempla dentro de los ambientes pedagógicos, 06 aulas pedagógicas con capacidad máxima de 20 alumnos por cada aula, 01 biblioteca, 01 taller creativo, 01 Aula de Innovación pedagógica, 01 Módulo de Conectividad, 01 SUM + 01 Depósito para el SUM; Ambientes de Bienestar conformados por Cocina acorde a las normativas del programa Qaliwarma y despensa; Ambientes de Servicios Higiénicos: 01 SS.HH de niños + Servicios para estudiantes discapacitados; 01 vestidor de niños; 01 SS.HH. de niñas + Servicios para estudiantes discapacitados; 01 vestidor de niñas; 01 SS.HH profesores y personas con discapacidad; Ambientes de servicios Generales: 01 deposito general, 01 Maestranza, 01 Deposito de Combustible, 01

Deposito de Material Educativo, 01 Cuarto de Limpieza, 01 Tanque Elevado; Ambientes de Espacios Exteriores: 01 Patio de Formación, 01 Losa deportiva múltiple techado, 01 Biohuerto, veredas de accesos, rampas de acceso y circulación, 01 asta de bandera, cercos perimétricos, 01 Ingreso Principal, 01 Ingreso de Servicio.

Tabla 12: Resumen de Presupuesto Total de Obra

RESUMEN DEL PRESUPUESTO				
	COMPONENTE I			
01	OBRAS PROVISIONALES, TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA, PLAN DE CONTINGENCIA	S/.	340,414.01	
02	ESTRUCTURAS	S/.	2,375,330.05	
03	ARQUITECTURA, EVACUACIÓN Y SEÑALIZACIÓN	S/.	1,203,421.35	
04	INSTALACIONES SANITARIAS	S/.	362,005.20	
05	INSTALACIONES ELECTRICAS Y COMUNICACIONES	S/.	779,442.84	
	* COSTO DIRECTO	S/.	5,060,613.45	
	* Gastos Generales	S/.	642,191.85	12.69%
	* Utilidad	S/.	253,030.67	5.00%
	SUB TOTAL PRESUPUESTO	S/.	5,955,835.97	
	* Impuesto General a las Ventas	S/.	1,072,050.47	
	SUB TOTAL PRESUPUESTO COMPONENTE I	S/.	7,027,886.44	
	* Componente II: Plan Prevención y Control Covid-19	S/.	242,317.76	
	* Gastos Generales	S/.	36,996.58	
	SUB TOTAL PRESUPUESTO	S/.	279,314.34	
	* Impuesto General a las Ventas	S/.	50,276.58	
	SUB TOTAL PRESUPUESTO COMPONENTE II	S/.	329,590.92	
	* Componente III: Mobiliario y Equipamiento	S/.	474,015.00	
	TOTAL PRESUPUESTO DE OBRA COMPONENTE I + II + III	S/.	7,831,492.36	

Fuente: Presupuesto del Expediente Técnico

4.2 APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA LAST PLANNER

Mediante la aplicación de la herramienta Last Planner se pudo controlar las partidas seleccionadas de la obra desde el cronograma inicial hasta la etapa de ejecución de las partidas.

Para el caso de estudio se aplicaron los criterios planteados por la filosofía Lean Construction para la etapa de planeación y programación de la obra. Así mismo se determinaron las partidas restrictivas al concreto armado para la unidad de análisis, las mismas que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 13: Partidas de concreto armado analizadas

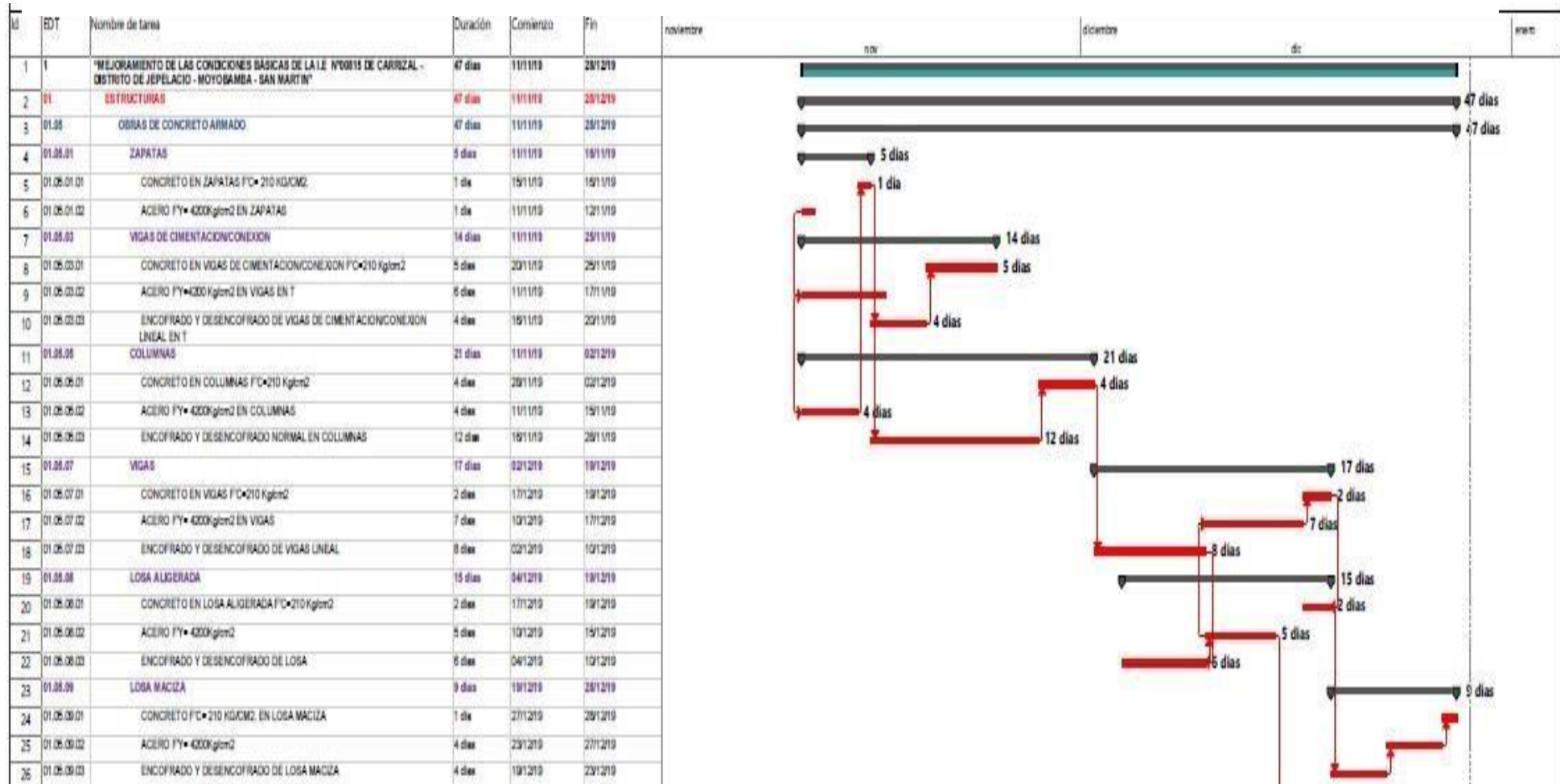
ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO PARCIAL
01	ESTRUCTURAS					
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					
01.05.01	ZAPATAS					
01.05.01.01	CONCRETO EN ZAPATAS F'C= 210 KG/CM2.	m3	8.25	486.38	25 m3/dia	S/. 4,012.64
01.05.01.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2 EN ZAPATAS	kg	275.97	4.58	250 kg/dia	S/. 1,263.94
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION					S/. 0.00
01.05.03.01	CONCRETO EN VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION F'C=210	m3	201.50	481.77	22 m3/dia	S/. 97,076.66
01.05.03.02	ACERO F'Y=4200 Kg/cm2 EN VIGAS EN T	kg	6,536.31	4.59	250 kg/dia	S/. 30,001.66
01.05.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE	m2	360.93	63.1	14 m2/dia	S/. 22,774.68
01.05.05	COLUMNAS					
01.05.05.01	CONCRETO EN COLUMNAS F'C=210 Kg/cm2	m3	50.76	573.93	12 m3/dia	S/. 29,132.69
01.05.05.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2 EN COLUMNAS	kg	9,053.84	4.59	250 kg/dia	S/. 41,557.13
01.05.05.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	m2	487.45	74.02	10 m2/dia	S/. 36,081.05
01.05.07	VIGAS					S/. 0.00
01.05.07.01	CONCRETO EN VIGAS F'C=210 Kg/cm2	m3	46.70	502.92	20 m3/dia	S/. 23,486.36
01.05.07.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2 EN VIGAS	kg	6,305.91	4.59	250 kg/dia	S/. 28,944.13
01.05.07.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS LINEAL	m2	362.79	82.49	10 m2/dia	S/. 29,926.55
01.05.08	LOSA ALIGERADA					S/. 0.00
01.05.08.01	CONCRETO EN LOSA ALIGERADA F'C=210 Kg/cm2	m3	41.85	493.6	25 m3/dia	S/. 20,657.16
01.05.08.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2	kg	2,514.43	5.03	250 kg/dia	S/. 12,647.58
01.05.08.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA	m2	478.33	49.06	22 m2/dia	S/. 23,466.87
01.05.09	LOSA MACIZA					S/. 0.00
01.05.09.01	CONCRETO F'C= 210 KG/CM2. EN LOSA MACIZA	m3	9.66	490.29	20 m3/dia	S/. 4,736.20
01.05.09.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2	kg	1,071.24	4.59	250 kg/dia	S/. 4,916.99
01.05.09.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA MACIZA	m2	94.35	53.5	22 m2/dia	S/. 5,047.73
PRESUPUESTO TOTAL DE ACTIVIDADES DE CONCRETO SELECCIONADAS						S/. 415,730.01

Fuente: Elaboración Propia, 2022, con información del presupuesto del expediente tecnico

A. Desarrollo del Plan Maestro.

Esta herramienta nos permitió elaborar una programación confiable, en función al cronograma inicial, la misma que se realizó con los profesionales que tienen relación directa con los aspectos de dirección de la obra y tuvieron las facultades adquiridas para la toma de decisiones (Ingeniero Residente, maestro de obra, responsables de cuadrillas). Este procedimiento se desarrolló con el objetivo de recopilar la mayor cantidad de información sobre los requerimientos de los clientes y proveedores dentro de la cadena del proceso de ejecución de obra teniendo en cuenta la secuencia lógica constructiva y la ruta crítica. El Plan Maestro tendrá su medición en Porcentaje de plan cumplido (PPC).

Figura 10: Plan Maestro - Cronograma Inicial



Fuente: Elaboración propia 2022.

B. Porcentaje de Actividades Completadas.

La aplicación de ésta herramienta nos permite evaluar el cronograma inicial (Plan Maestro) y compararlo semanalmente con la ejecución real de las actividades.

Tabla 14: Actividades Completadas (PAC) – Principales Causas de Incumplimiento Semana 1

SEMANA N° 01								
ITEM	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	UND	% COMPLETADO		LOGRADO		ANÁLISIS DE NO CUMPLIMIENTO
				PLANIFICADO	REAL	SI	NO	
01	ESTRUCTURAS							
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO							
01.05.01	ZAPATAS							
01.05.01.01	CONCRETO EN ZAPATAS FC= 210 KG/CM2.	R. MACEDO	m3	8.25	8.25	X		
01.05.01.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2 EN ZAPATAS	O. MELENDRES	kg	275.97	275.97	X		
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION							
01.05.03.02	ACERO F'Y=4200 Kg/cm2 EN VIGAS EN T	O. MELENDRES	kg	6,536.31	6,536.31	X		
01.05.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION LINEAL EN T	O. MELENDRES	m2	360.93	360.93		X	Espera por materiales
01.05.05	COLUMNAS							
01.05.05.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2 EN COLUMNAS	O. MELENDRES	kg	9,053.84	9,053.84	X		
01.05.05.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	R. MACEDO	m2	39.00	27.85		X	Espera por materiales

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Tabla 15: Actividades Completadas (PAC) – Principales Causas de Incumplimiento Semana 2

SEMANA N° 02								
ITEM	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	UND	% COMPLETADO		LOGRADO		ANÁLISIS DE NO CUMPLIMIENTO
				PLANIFICADO	REAL	SI	NO	
01	ESTRUCTURAS							
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO							
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION							
01.05.03.01	CONCRETO EN VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION F'Y=210 Kg/cm2	R. MACEDO	m3	81.20	78.45		X	Movimiento innecesario de personas
01.05.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION LINEAL EN T	R. MACEDO	m2	360.93	360.93	X		
01.05.05	COLUMNAS							
01.05.05.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	R. MACEDO	m2	292.47	285.80		X	Trabajo rehecho

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Tabla 16: Actividades Completadas (PAC) – Principales Causas de Incumplimiento Semana 3

SEMANA N° 03								
ITEM	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	UND	% COMPLETADO		LOGRADO		ANÁLISIS DE NO CUMPLIMIENTO
				PLANIFICADO	REAL	SI	NO	
01	ESTRUCTURAS							
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO							
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION							
01.05.03.01	CONCRETO EN VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION F'C=210 Kg/cm2	O. MELENDRES	m3	101.50	101.5	X		
01.05.05	COLUMNAS							
01.05.05.01	CONCRETO EN COLUMNAS F'C=210 Kg/cm2	O. MELENDRES	m3	38.07	40.10	X		
01.05.05.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	O. MELENDRES	m2	487.45	487.45	X		

Fuente: Elaboración Propia, 2022 .

Tabla 17: Actividades Completadas (PAC) – Principales Causas de Incumplimiento Semana 4

SEMANA N° 04								
ITEM	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	UND	% COMPLETADO		LOGRADO		ANÁLISIS DE NO CUMPLIMIENTO
				PLANIFICADO	REAL	SI	NO	
01	ESTRUCTURAS							
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO							
01.05.05	COLUMNAS							
01.05.05.01	CONCRETO EN COLUMNAS F'C=210 Kg/cm2	R. MACEDO	m3	50.76	50.76	X		Actividad adelantada
01.05.07	VIGAS							
01.05.07.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2 EN VIGAS	O. MELENDRES	kg	4,729.43	4,230.00		X	Espera por materiales
01.05.08	LOSA ALIGERADA							
01.05.08.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2	O. MELENDRES	kg	2,162.41	1,828.00		X	Espera por materiales

Fuente: Elaboración Propia, 2022 .

Tabla 18: Actividades Completadas (PAC) – Principales Causas de Incumplimiento Semana 5

SEMANA N° 05								
ITEM	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	UND	% COMPLETADO		LOGRADO		ANÁLISIS DE NO CUMPLIMIENTO
				PLANIFICADO	REAL	SI	NO	
01	ESTRUCTURAS							
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO							
01.05.07	VIGAS							
01.05.07.01	CONCRETO EN VIGAS F'C=210 Kg/cm2	R. MACEDO	m3					
01.05.07.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2 EN VIGAS	O. MELENDRES	kg	6,305.91	6,305.91	X		
01.05.07.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS LINEAL	R. MACEDO	m2	110.93	110.93	X		
01.05.08	LOSA ALIGERADA							
01.05.08.01	CONCRETO EN LOSA ALIGERADA F'C=210 Kg/cm2	R. MACEDO	m3	41.85	41.85	X		
01.05.08.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2	O. MELENDRES	kg	2,514.43	2,514.43	X		
01.05.08.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA	R. MACEDO	m2	478.33	478.33	X		
01.05.09	LOSA MACIZA							
01.05.09.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA MACIZA	R. MACEDO	m2	70.76	50.15		X	Trabajo rehecho

Fuente: Elaboración Propia, 2022 .

Tabla 19: Actividades Completadas (PAC) – Principales Causas de Incumplimiento Semana 6

SEMANA N° 06								
ITEM	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	UND	% COMPLETADO		LOGRADO		ANÁLISIS DE NO CUMPLIMIENTO
				PLANIFICADO	REAL	SI	NO	
01	ESTRUCTURAS							
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO							
01.05.09	LOSA MACIZA							
01.05.09.01	CONCRETO FC= 210 KG/CM2. EN LOSA MACIZA	R. MACEDO	m3	9.66	9.66	X		
01.05.09.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2	O. MELENDRES	kg	1,071.24	1,071.24	X		
01.05.09.03	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE LOSA MACIZA	O. MELENDRES	m2	94.35	94.35	X		

Fuente: Elaboración Propia, 2022 .

Con los resultados obtenidos y presentados en las tablas N° 14, 15, 16, 17, 18 y 19 podemos calcular el porcentaje de actividades completadas (PAC).

Tabla 20: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 1

SEMANA N° 01				
ITEM	ACTIVIDAD	% COMPLETADO		
		PLANIFICADO	REAL	%
01	ESTRUCTURAS			
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO			
01.05.01	ZAPATAS			
01.05.01.01	CONCRETO EN ZAPATAS F'C= 210 KG/CM2.	8.25	8.25	100.00%
01.05.01.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2 EN ZAPATAS	275.97	275.97	100.00%
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION			
01.05.03.02	ACERO F'Y=4200 Kg/cm2 EN VIGAS EN T	6,536.31	6,536.31	100.00%
01.05.03.03	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION LINEAL EN T	360.93	360.93	100.00%
01.05.05	COLUMNAS			
01.05.05.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2 EN COLUMNAS	9,053.84	9,053.84	100.00%
01.05.05.03	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	39.00	27.85	71.42%

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Tabla 21: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 2

SEMANA N° 02				
ITEM	ACTIVIDAD	% COMPLETADO		
		PLANIFICADO	REAL	%
01	ESTRUCTURAS			
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO			
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION			
01.05.03.01	CONCRETO EN VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION F'C=210 Kg/cm2	81.20	78.45	96.61%
01.05.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION LINEAL EN T	360.93	360.93	100.00%
01.05.05	COLUMNAS			
01.05.05.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	292.47	285.80	97.72%

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Tabla 22: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 3

SEMANA N° 03				
ITEM	ACTIVIDAD	% COMPLETADO		
		PLANIFICADO	REAL	%
01	ESTRUCTURAS			
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO			
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION			
01.05.03.01	CONCRETO EN VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION F'C=210 Kg/cm2	101.50	101.5	100.00%
01.05.05	COLUMNAS			
01.05.05.01	CONCRETO EN COLUMNAS F'C=210 Kg/cm2	38.07	40.10	105.33%
01.05.05.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	487.45	487.45	100.00%

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Tabla 23: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 4

SEMANA N° 04				
ITEM	ACTIVIDAD	% COMPLETADO		
		PLANIFICADO	REAL	%
01	ESTRUCTURAS			
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO			
01.05.05	COLUMNAS			
01.05.05.01	CONCRETO EN COLUMNAS F'C=210 Kg/cm2	50.76	50.76	100.00%
01.05.07	VIGAS			
01.05.07.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2 EN VIGAS	4,729.43	4,230.00	89.44%
01.05.08	LOSA ALIGERADA			
01.05.08.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2	2,162.41	1,828.00	84.54%

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Tabla 24: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 5

SEMANA N° 05				
ITEM	ACTIVIDAD	% COMPLETADO		
		PLANIFICADO	REAL	%
01	ESTRUCTURAS			
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO			
01.05.07	VIGAS			
01.05.07.01	CONCRETO EN VIGAS F'C=210 Kg/cm2			
01.05.07.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2 EN VIGAS	6,305.91	6,305.91	100.00%
01.05.07.03	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE VIGAS LINEAL	110.93	110.93	100.00%
01.05.08	LOSA ALIGERADA			
01.05.08.01	CONCRETO EN LOSA ALIGERADA F'C=210 Kg/cm2	41.85	41.85	100.00%
01.05.08.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2	2,514.43	2,514.43	100.00%
01.05.08.03	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE LOSA	478.33	478.33	100.00%
01.05.09	LOSA MACIZA			
01.05.09.03	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE LOSA MACIZA	70.76	50.15	70.87%

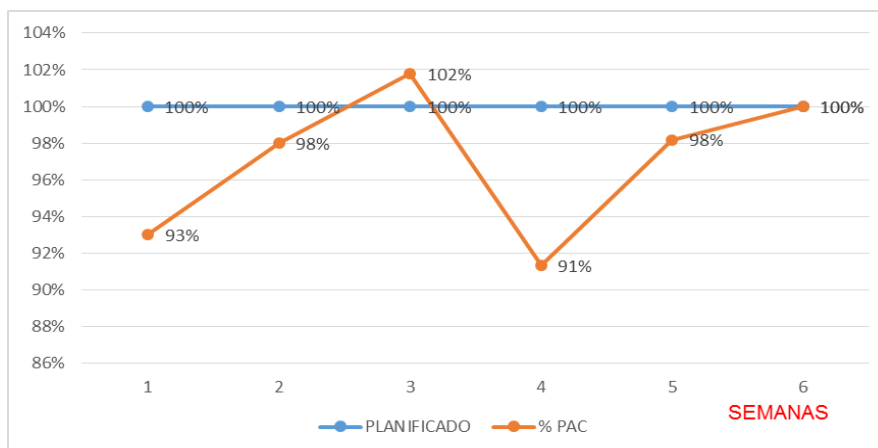
Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Tabla 25: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC) – Semana 6

SEMANA N° 06				
ITEM	ACTIVIDAD	% COMPLETADO		
		PLANIFICADO	REAL	%
01	ESTRUCTURAS			
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO			
01.05.09	LOSA MACIZA			
01.05.09.01	CONCRETO F'C= 210 KG/CM2. EN LOSA MACIZA	9.66	9.66	100.00%
01.05.09.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2	1,071.24	1,071.24	100.00%
01.05.09.03	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE LOSA MACIZA	94.35	94.35	100.00%

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Figura 11: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

C. Identificación de las Pérdidas mas Frecuentes

La identificación de las perdidas mas frecuentes se realizo mediante el levantamiento de información en campo de las actividades seleccionadas utilizando la ficha que se presenta acontinuación:

Tabla 26: Ficha para la Identificación de las Pérdidas más Frecuentes

FICHA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS MÁS FRECUENTES		
Partida:		
ITEM	TIPO DE PERDIDA	IDENTIFICACIÓN
1	Trabajo rehecho	
2	Daño de materiales	
3	Daño de herramientas y/o maquinarias	
4	Espera por instrucciones	
5	Espera por materiales	
6	Espera por herramientas o maquinarias	
7	Espera por mano de obra	
8	Movimiento innecesario de personas	
9	Movimiento innecesario de materiales o herramientas	
10	Trabajo innecesario	
11	Extravío	
12	Materiales Sobrantes	
13	Herramientas y maquinarias no utilizadas	
14	Desaprovechar capacidades del personal	
15	Desaprovechar motivación del personal	
16	Exceso de producción	
17	Equipamiento y materiales altamente sofisticado	
18	Hacer por hacer	
Nota:	Marque con una X los tipos de pérdida que usted identifica dentro de la partida a estudiar (máximo 5 tipos)	

Fuente: Elaboración Propia, 2022

Los resultados de las perdidas mas frecuentes identificadas para cada una de las partidas seleccionadas y evaluadas se adjuntan en la sección de anexos.

D. Identificación de Fuentes de Pérdidas

Una vez finalizada la actividad de “Identificación de las Pérdidas más Frecuentes” se procedió a la identificación de las causas de estas pérdidas.

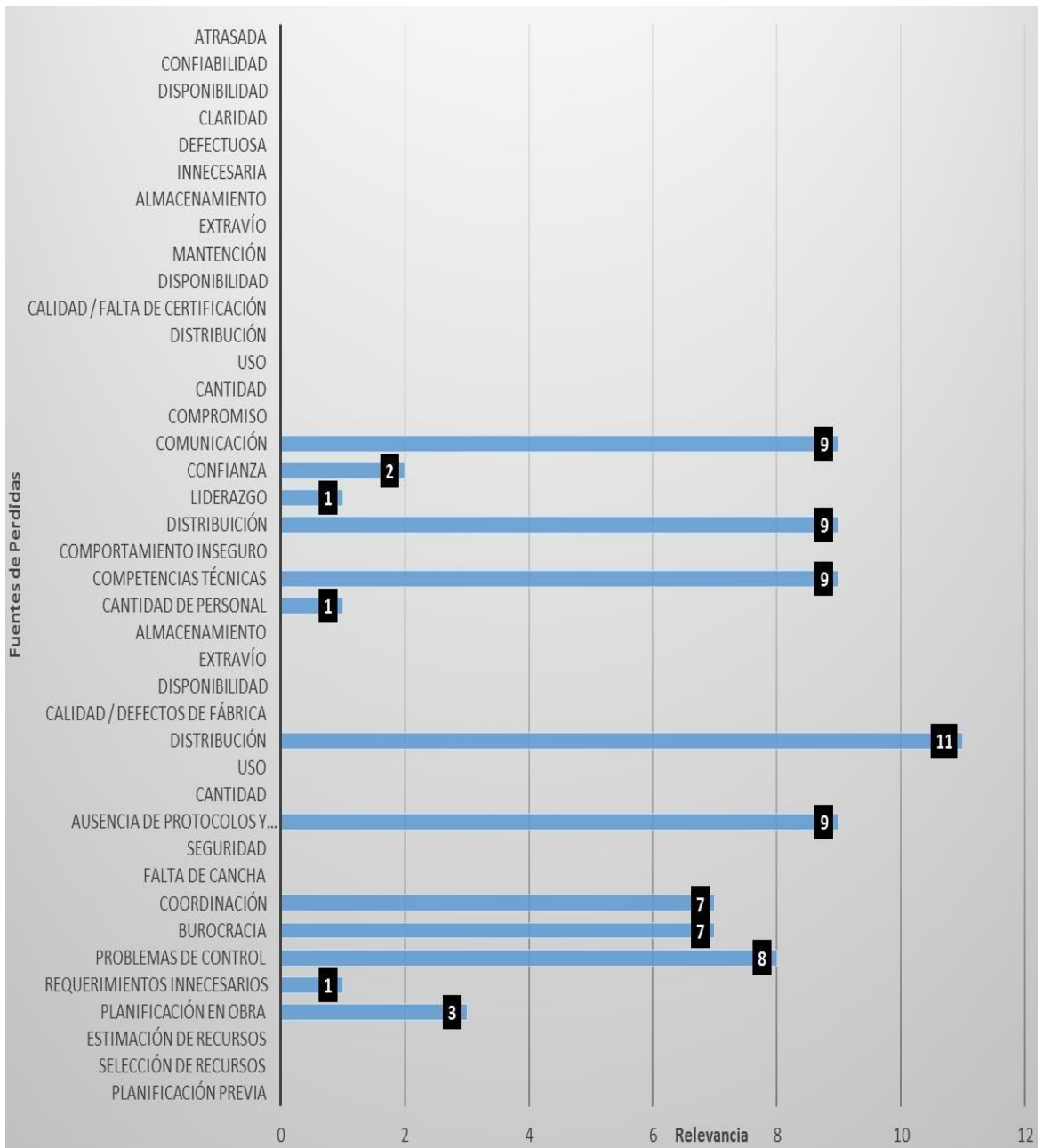
Tabla 27: Ficha para la identificación de las causas de pérdidas

FICHA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE PERDIDAS							
Partida:							
FUENTES / PERDIDAS			MÁS IMPORTANTE		MENOS IMPORTANTE		
			Perdida 1	Perdida 2	Perdida 3	Perdida 4	Perdida 5
ADMINISTRACIÓN	PLANIFICACIÓN	Planificación previa					
		Selección de Recursos					
		Estimación de Recursos					
	CONSTRUCCIÓN Y EJECUCIÓN	Planificación en obra					
		Requerimientos innecesarios					
		Problemas de control					
		Burocracia					
		Coordinación					
		Falta de Cancha					
		Seguridad					
Ausencia de protocolos y procedimientos							
RECURSOS	MATERIALES	Cantidad					
		Uso					
		Distribución					
		Calidad / Defectos de fábrica					
		Disponibilidad					
		Extravío					
	MANO DE OBRA	Almacenamiento					
		Cantidad de personal					
		Competencias técnicas					
		Comportamiento Inseguro					
		Distribución					
		Liderazgo					
		Confianza					
		Comunicación					
	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Compromiso					
		Cantidad					
		Uso					
		Distribución					
		Calidad / Falta de certificación					
		Disponibilidad					
		Mantención					
		Extravío					
	SISTEMAS	TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN	Almacenamiento				
			Innecesaria				
Defectuosa							
Claridad							
Disponibilidad							
Confiable							
Atrasada							
Nota:	Marcar con los números 1, 3 y 5 las posibles fuentes de los tipos de pérdida, donde 1 corresponde a una fuente de menor importancia y 5 a una fuente de mayor importancia, siendo 3 una opción intermedia. Se debe destacar que se puede asociar más de una fuente a cada tipo de pérdida, pudiendo repetirse el nivel de importancia que se le otorga a cada una.						

Fuente: Elaboración Propia, 2022

Los resultados de la identificación de las causas de las pérdidas más frecuentes de cada una de las partidas seleccionadas y evaluadas se adjuntan en la sección de anexos.

Figura 12: Histograma de Relevancia de Fuentes de Perdidas



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

E. Aplicación del Lookahead

Luego de la aplicación de la herramienta Last Planner y analizadas las restricciones se desarrolló un listado de las mismas considerando principalmente los parametros de diseño, materiales, mano de obra, equipos y pre-requisitos. El Análisis de Restricciones consiste en poner un "Si" (si la actividad es ejecutable) o un "No" (Si la actividad presenta algún tipo de restricción).

Tabla 28: Análisis de Restricciones

ITEM	ACTIVIDAD	DISEÑO	MATERIALES	MANO DE OBRA	EQUIPOS	PRE REQUISITOS
01	ESTRUCTURAS					
01.05	OBRAS DE CONCRETO ARMADO					
01.05.01	ZAPATAS					
01.05.01.01	CONCRETO EN ZAPATAS F'C= 210 KG/CM2.	NO	SI	SI	SI	SI
01.05.01.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2 EN ZAPATAS	SI	SI	NO	SI	SI
01.05.03	VIGAS DE CIMENTACION/CONEXION					
01.05.03.01	CONCRETO EN VIGAS DE CIMENTACION F'C=210 Kg/cm2	SI	SI	SI	SI	SI
01.05.03.02	ACERO F'Y=4200 Kg/cm2 EN VIGAS EN T	SI	NO	SI	SI	SI
01.05.03.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS DE CIMENTACION	SI	SI	SI	NO	SI
01.05.05	COLUMNAS					
01.05.05.01	CONCRETO EN COLUMNAS F'C=210 Kg/cm2	SI	SI	NO	SI	SI
01.05.05.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2 EN COLUMNAS	SI	SI	SI	SI	SI
01.05.05.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN COLUMNAS	SI	SI	SI	SI	NO
01.05.07	VIGAS					
01.05.07.01	CONCRETO EN VIGAS F'C=210 Kg/cm2	SI	SI	SI	SI	SI
01.05.07.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2 EN VIGAS	SI	SI	SI	SI	SI
01.05.07.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS	SI	SI	SI	SI	SI
01.05.08	LOSA ALIGERADA					
01.05.08.01	CONCRETO EN LOSA ALIGERADA F'C=210 Kg/cm2	SI	SI	SI	SI	SI
01.05.08.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2	SI	NO	SI	SI	SI
01.05.08.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA	SI	SI	SI	SI	SI
01.05.09	LOSA MACIZA					
01.05.09.01	CONCRETO F'C= 210 KG/CM2. EN LOSA MACIZA	SI	SI	SI	SI	SI
01.05.09.02	ACERO F'Y= 4200Kg/cm2	SI	SI	SI	SI	SI
01.05.09.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSA MACIZA	SI	SI	NO	SI	SI
03	INSTALACIONES SANITARIAS					
03.01	SISTEMA DE DESAGUE					
03.01.02	TUBERIAS					
03.01.02.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PVC SAL 2"	SI	NO	SI	SI	SI
03.01.02.02	TUBERIA PVC SAL 4"	SI	SI	NO	SI	SI
03.01.02.04	SALIDA DE DESAGUE EN PVC-SAL 2"	SI	SI	SI	SI	SI
03.01.02.05	SALIDA DE DESAGUE EN PVC-SAL 4"	SI	SI	SI	NO	SI
03.01.02.06	SALIDA DE VENTILACION T 2"	SI	SI	SI	SI	SI
03.02	SISTEMA DE AGUA FRIA					
03.02.01	RED DE DISTRIBUCION DE AGUA FRIA					
03.02.01.03	TUBERIA PVC C-10 SP P/AGUA FRIA D=1/2"	SI	SI	SI	SI	SI
03.02.01.04	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 3/4" DE AGUA PVC-SAP	SI	SI	NO	SI	SI
03.02.01.05	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 1 " DE AGUA PVC-SAP	SI	SI	SI	SI	SI
03.02.01.06	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 1 1/4" DE AGUA PVC-SAP	SI	SI	SI	NO	SI
04	INSTALACIONES ELECTRICAS					
04.03	CANALIZACION, CONDUCTOS O TUBERIAS					
04.03.01	TUBERIA DE PVC SAP 20mm	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: Elaboración Propia, 2022

F. Aplicación del Nivel General de Actividades

La aplicación del nivel general de actividades consiste en una serie de mediciones de las partidas materia de análisis en las que se determina el tipo de trabajo que está ejecutando la mano de obra calificada y no calificada al momento de la medición (Trabajo Productivo, Trabajo Contributorio y Trabajo No Contributorio), sin discriminar su actividad. Se determina el tipo de trabajo contributorio y no contributorio observado, mas no se puede hacer ésto en el trabajo productivo debido a que se tendría una lista enorme que solo entorpecería el proceso. Para la aplicación de ésta herramienta se consideró el criterio de Serpell (1993) que establece que se necesita un total de 384 mediciones (como mínimo) para tener resultados estadísticamente validos. El levantamiento de informacion de campo para determinar el nivel general de actividades seleccionadas se desarrolló utilizando el siguiente formato.

Tabla 29: Formato para Toma de Tiempo - Nivel de Actividad

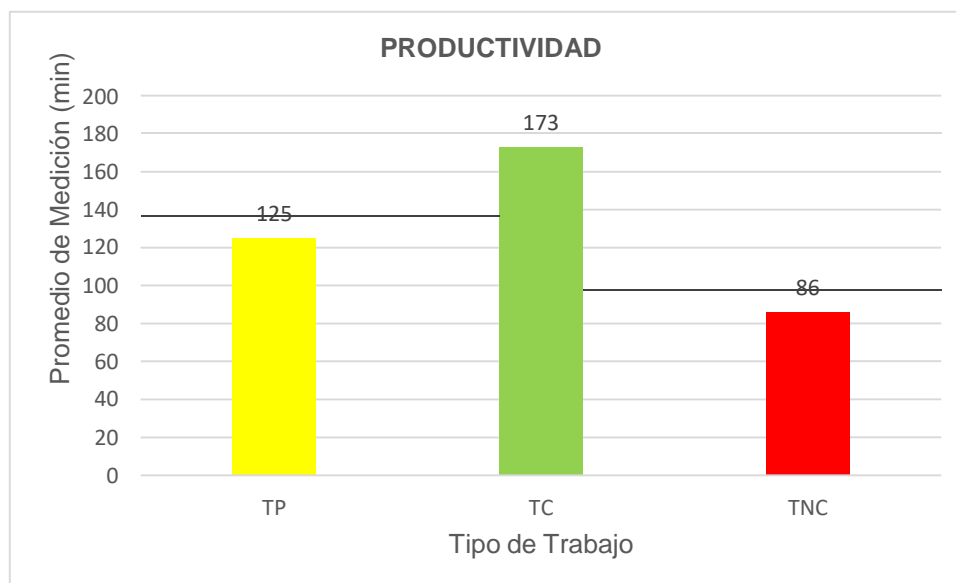
FORMATO PARA TOMA DE TIEMPO - NIVEL DE ACTIVIDAD																									
Actividad:							Fecha:																		
Responsable:							Hora de Inicio:																		
T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO					TRABAJO NO CONTRIBUTORIO					T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO					TRABAJO NO CONTRIBUTORIO						
		T	L	I	M	O	V	TO	E	TR	D			N	O	T	L	I	M	O	V	TO	E	TR	D
1													193												
2														194											
3														195											
20														220	T	Transporte									
21														221	L	Limpieza									
22														226	I	Instrucciones									
23														227	M	Mediciones									
51														281	O	Otros									
52														282											
53														283											
70														310											
71														311											
72														312	V	Viajes									
73														313	TO	Tiempo Ocioso									
101														314	E	Esperas									
102														315	TR	Trabajo Rehecho									
103														381	D	Descanzo									
190														382	N	Necesidades Fisiologicas									
191														383	O	Otros									
192														384											

Fuente: Elaboración Propia, 2022

Partidas: Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

- Concreto en Zapatas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 02 operarios + 02 oficiales + 08 peones.
- Concreto en Vigas de Cimentación $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 02 operarios + 02 oficiales + 08 peones.
- Concreto en Columnas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 02 operarios + 02 oficiales + 10 peones.
- Concreto en Vigas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 02 operarios + 02 oficiales + 10 peones.
- Concreto en Losa Aligerada $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 03 operarios + 02 oficiales + 10 peones.
- Concreto en Losa Macisa $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 02 operarios + 02 oficiales + 8 peones.

Figura 13: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo del Grupo de Partidas de Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

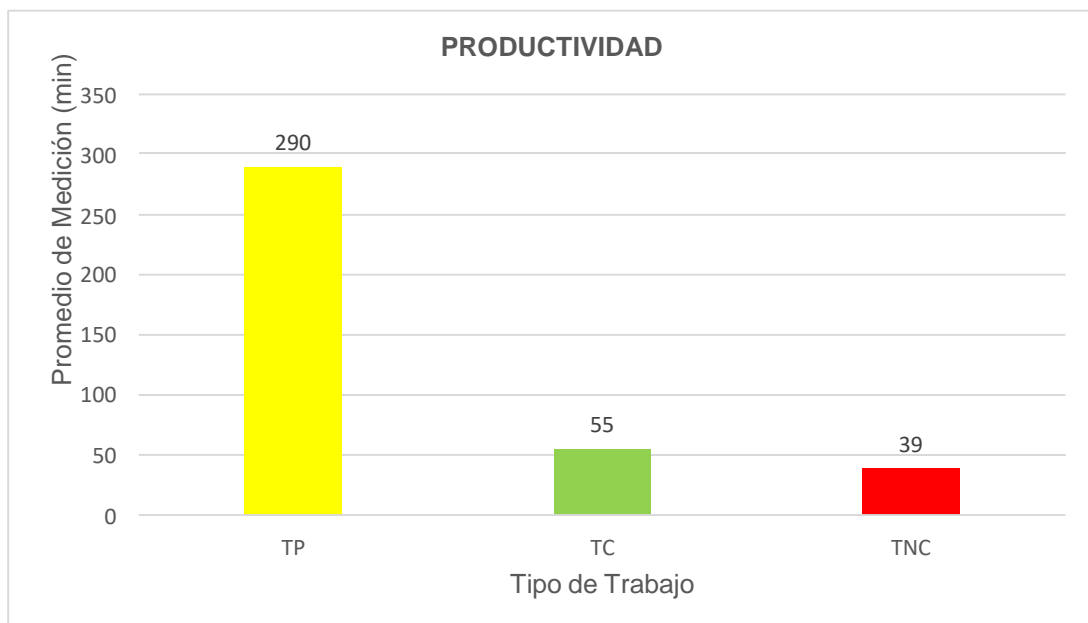


Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Partidas: Acero de Refuerzo

- Acero $f'y= 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ en zapatas, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 01 operario + 01 oficiales.
- Acero $f'y= 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ en Vigas de Cimentación, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 04 operarios + 04 oficiales.
- Acero $f'y= 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ en Columnas, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 02 operarios + 02 oficiales.
- Acero $f'y= 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ en Vigas, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 04 operarios + 04 oficiales.
- Acero $f'y= 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ en Losa Aligerada, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 02 operarios + 02 oficiales.
- Acero $f'y= 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ en Losa Macisa, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 01 operarios + 01 oficilaes.

Figura 14: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo del Grupo de Partidas de Acero de Refuerzo $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

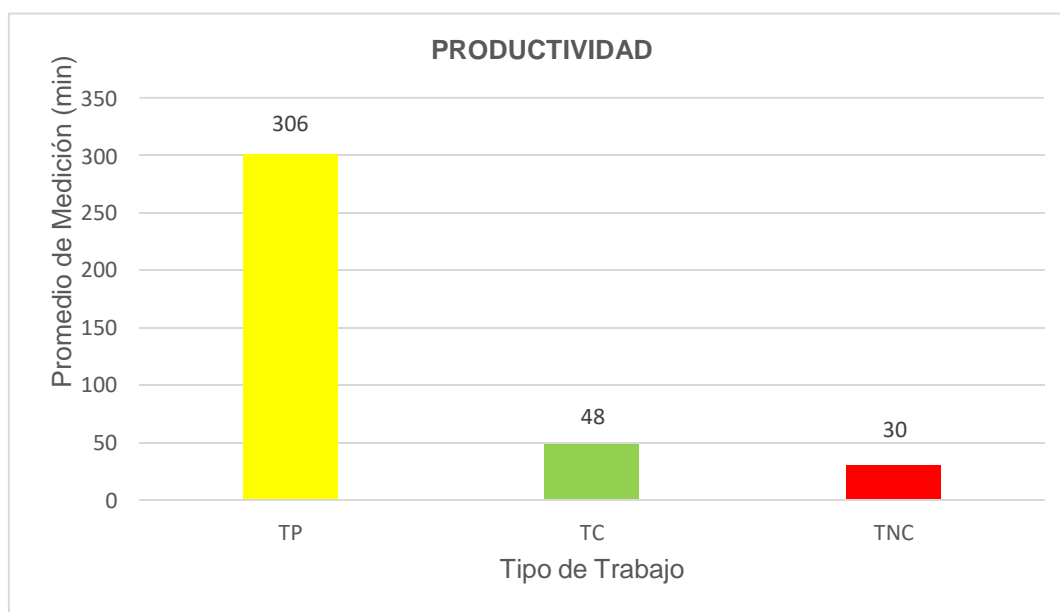


Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Partidas: Encofrado y Desencofrado

- Encofrado y desencofrado en Vigas de Cimentación, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 02 operarios + 02 oficiales + 01 peon.
- Encofrado y desencofrado en Columnas, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 04 operarios + 04 oficiales + 04 peones.
- Encofrado y desencofrado en Vigas, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 04 operarios + 04 oficiales + 04 peones.
- Encofrado y desencofrado en Losa Aligerada, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 04 operarios + 04 oficiales + 04 peones.
- Encofrado y desencofrado en Losa Macisa, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 01 operario + 01 oficial + 01 peon.

Figura 15: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo del Grupo de Partidas de Encofrado y Desencofrado



Fuente: Elaboración Propia, 2022 .

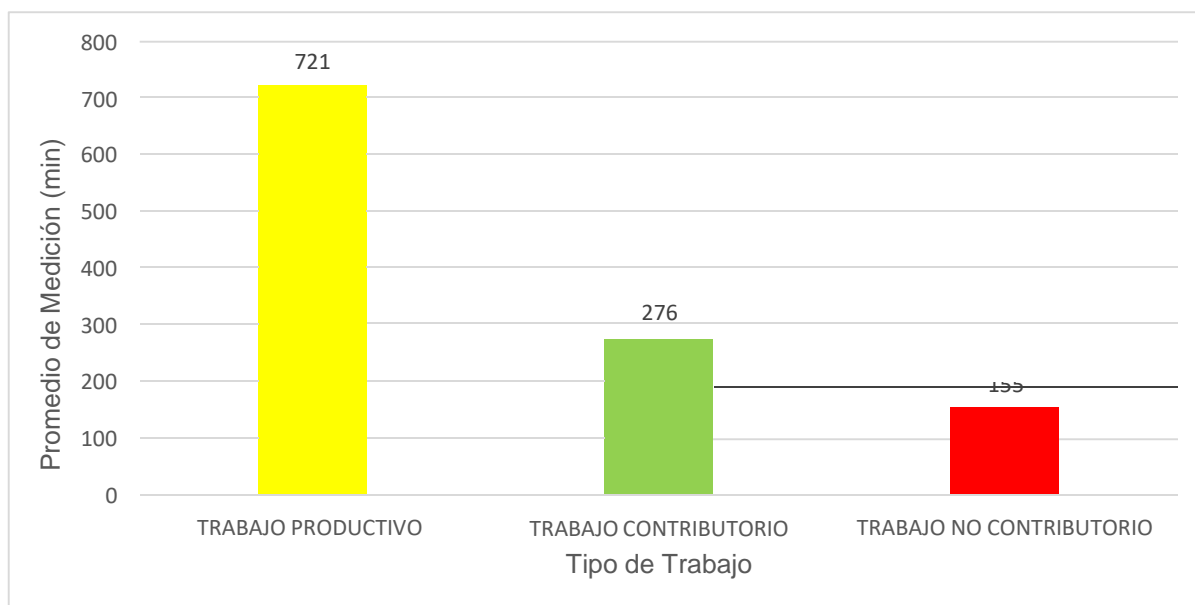
A continuación se presenta el consolidado de los resultados obtenidos de la productividad de mano de obra de las partidas evaluadas.

Tabla 30: Promedio de Productividad

ITEM	GRUPO DE PARTIDAS	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	SUMATORIA TOTAL
1	Concreto f'c = 210 kg/cm2	125	173	86	384
2	Acero de Refuerzo fy = 4,200 kg/cm2	290	55	39	384
3	Encofrado y Desencofrado	306	48	30	384
TOTAL (CANTIDAD)		721	276	155	1152
TOTAL (PORCENTAJE)		63%	24%	13%	100%

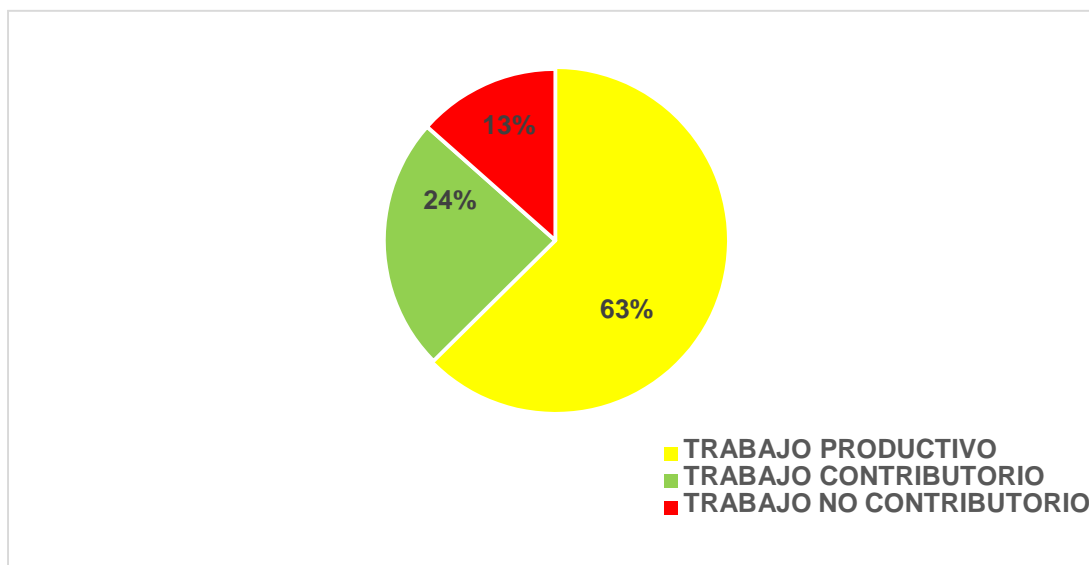
Fuente: Elaboración Propia, 2022

Figura 16: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo Consolidado



Fuente: Elaboración Propia, 2022 .

Figura 17: Productividad de la Mano de Obra Consolidado



Fuente: Elaboración Propia, 2022

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En ésta sección se relacionan los resultados obtenidos luego de desarrollada el marco metodológico, el marco teórico y estudios anteriores directamente relacionados al trabajo de investigación en función a los objetivos propuestos.

5.1.1 Factibilidad de Implementación

Con el desarrollo del presente trabajo se ha podido demostrar la factibilidad técnica y financiera para la aplicación de herramientas de gestión de proyectos basado en la Filosofía del Lean Construction, teniendo como unidad de análisis al escenario que presenta la empresa constructora que ejecutó el proyecto materia de análisis.

En ese escenario se realizó la valoración de los recursos necesarios para la aplicación de las herramientas y la implementación de un nuevo proceso de control de la productividad basada en los recursos humanos como son los Directivos de la empresa, el personal técnico profesional de planta, así como la mano de obra calificada y no calificada.

La factibilidad técnica para la aplicación de la Filosofía Lean Construction en el sector construcción se fundamenta en la mejora de aspectos que inciden negativamente sobre la productividad, sobre todo en la incidencia de la mano de obra en la ejecución de trabajos, permitiendo minimizar desperdicios y en el mejor de los casos eliminarlos. A continuación se presentan algunos aspectos que inciden negativamente en la productividad de la mano de obra:

- Errores en los diseños y falta de especificaciones.
- Modificaciones a los diseños durante la ejecución del proyecto.
- Falta de supervisión de los trabajadores.
- Agrupamiento de trabajadores en espacios muy reducidos (sobrepoblación en el trabajo).

- Alta rotación de trabajadores.
- Condiciones deficientes de seguridad industrial que generan altas tasas de accidentes.
- Composición inadecuada de cuadrillas de trabajo.
- Distribución inadecuada de los materiales en obra.
- Falta de materiales requeridos.
- Falta de suministro de equipos y herramientas.
- Lotes con condiciones difíciles para su desarrollo.
- Excesivo control de calidad.
- Clima y condiciones adversas en la obra.

Los beneficios que obtiene una empresa constructora tras la implementación de herramientas de gestión de proyectos como el Lean Construction, se presentan a continuación:

- Mejora en la comunicación entre áreas. - El staff de Ingenieros y el equipo administrativo desarrollan una creciente comunicación a lo largo del proyecto.
- Mejora en el orden del trabajo. - El equipo de obra adopta la costumbre de reunirse constantemente con el equipo administrativo y afinar temas relacionados con la obra y coordinar acciones conjuntas para la solución oportuna de problemas logísticos, personal, etc. Así mismo practica reuniones constantes con la Supervisión o Inspección de obra para tratar directamente absolución de consultas, incongruencias, conflictos u observaciones.
- Crecimiento profesional del personal. - Esta implementación permite introducir una parte de la filosofía Lean Construction en la mentalidad del personal, rompiendo paradigmas sobre los procedimientos tradicionales de gestión de proyectos permitiendo fortalecimiento de capacidades, crecimiento profesional. El crecimiento profesional en técnicas de productividad que desencadenaran en beneficios financieros de la empresa.

- Control del flujo de trabajo. - Mantener controlado y asegurado el flujo de trabajo beneficia brindando continuidad a la producción y el cumplimiento de plazos establecidos, adelantos y la satisfacción del cliente.
- Mejora en la relación con el cliente. - El control de los avances genera mayor confianza en el cliente.
- Mejora la relación con los proveedores. - El control de las causas de incumplimiento permite identificar problemas en las partidas críticas.

Así mismo se presentan los factores claves que sustentan la factibilidad técnica para la implementación de la metodología propuesta.

- Introducción de la filosofía Lean Construction a todo el equipo humano mediante la capacitación y asistencia técnica.
- Concientización del personal sobre los resultados que brinda el sistema poniendo de su conocimiento que el desarrollo del trabajo de cada uno de ellos debe ser realizado adecuadamente toda vez que la implementación depende mucho de su participación en el proceso.
- Concientización del personal para sincerar las causas de incumplimientos en la ejecución de trabajos y no existan problemas de responsabilidades.
- Consideración de las opiniones del staff de profesionales y del equipo obrero sobre la implementación y, a su vez, incentivarlos de alguna manera para que muestren el compromiso requerido.

La factibilidad financiera para la implementación del nuevo proceso de gestión de proyectos aplicando herramientas del Lean Construction se sustenta con el detalle de la inversión que involucraría calculada para el primer año toda vez que representa la inversión más representativa que involucra la implementación de un nuevo sistema, una vez implantado en los años posteriores no se requerirá mayores inversiones para dotar de continuidad a la nueva metodología aplicada, únicamente las relacionadas a la implementación de acciones correctivas.

Tabla 31: Inversión Requerida para la Implementación de la Filosofía Lean Construction en la Empresa Constructora

ACTIVIDAD	REQUERIMIENTO PARA IMPLEMENTACIÓN	INVERSIÓN (1er Año)
Creación del Área de Producción	Convocatoria y selección de un Profesional que sea el responsable de coordinar la implementación de las nuevas herramientas y gestionar la información de de productividad desde las obras a la oficina central.	S/. 30,000.00
Capacitación y Asistencia Técnica	Capacitación del Staff profesional, tecnico y obrero, Directivos y Gerentes de la empresa (Incluye material de estudio).	S/. 10,000.00
Incentivos que Promuevan la Implementación	Establecer bonos de productividades por el buen desempeño del recurso humano en todos los niveles y reconocimientos al personal por el cumplimiento de metas y objetivos.	S/. 3,000.00
Requerimientos Adicionales	Adquisición de mobiliario tales como pizarras para la evaluación del desempeño y analisis de productividad de mano de obra, materiales, equipos, herramientas, maquinaria, etc.	S/. 1,500.00
INVERSION REQUERIDA PARA LA IMPLMEENTACIÓN		S/. 44,500.00

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Para tener la incidencia de la inversión requerida versus el presupuesto de proyecto es del 0.56% del presupuesto, lo cual representa un factor factible considerando la amplitud de los beneficios y que la inversión significativa solo se hará dentro del primer año de implementación del nuevo proceso de control de productividad de la mano de obra basado en la Filosofía Lean Construction.

Una vez implantado el proceso en los aspectos técnicos y financieros, no se requerirán mayores inversiones en los próximos años más que las inherentes a las acciones de refuerzo o correcciones al proceso.

5.1.2 Mejora de la Productividad

Luego de la aplicación de las herramientas de gestión de proyectos basadas en la Filosofía Lean Construction en las partidas seleccionadas y analizadas durante 6 semanas, los resultados indican que mediante la optimización se logró cumplir con el cronograma inicial planteado.

Si analizamos el grupo de actividades seleccionadas se determinó que las cuadrillas asignadas a las partidas de concreto fueron las que se llegaron a optimizar más, logrando cumplir con la producción mínima con los recursos asignados de acuerdo a los Análisis de Precios Unitarios proyectados en el Expediente Técnico de Obra, lo cual manifiesta que podemos alcanzar el mismo rendimiento con una cuadrilla optimizada.

Mediante la aplicación de la Filosofía Lean Construction se ha logrado la optimización de plazos y costos mejorando la productividad mediante la implantación de adecuados procesos de planeación, organización, ejecución y control de los recursos utilizados. Todo ello se hizo posible debido a los siguientes factores:

- En la etapa de Diseño, la filosofía Lean Construction se aplica teniendo diseños estandarizados, aprovechando plataformas en una etapa inicial, de tal forma que se agilice este proceso sin necesidad de iniciar desde cero.
- En la etapa de planificación, se establece un programa de proyecto estable, clara identificación de la ruta crítica, la cual es la ruta de las actividades que definen el tiempo de duración del proyecto y son las que se deben optimizar para reducir costos y duración de la obra.
- En el aspecto de logística, garantiza que la entrega de materiales sea justo a tiempo y sin acumulaciones de inventarios, pero sin falta de ellos en obra; además, reducción de sobrecostos de transporte debidos a la

falta de solicitud de materiales a tiempo y que incurre en sobrecostos en el proceso de adquisición y transporte de materiales.

- En la etapa de ejecución, garantiza una comunicación efectiva es decir se desarrolla una comunicación clara y visual de los planes del proyecto para que cada trabajador sepa el momento en la que debe intervenir, permitiendo la formación y trabajo en equipo, reportes diarios y semanales de los avances, así como reuniones que promueven la mejora continua de los procesos.

Además de facilitar la identificación de la causa de los problemas que originan desperdicios y la toma de decisiones oportunas que permitan actuar a tiempo incrementando la productividad. Se analizan los obstáculos que evitan el desarrollo de las actividades (restricciones), permitiendo implementar acciones correctivas oportunamente garantizando la continuidad de los trabajos previendo las posibles interrupciones.

5.1.3 Mejora de la Productividad de la Mano de Obra

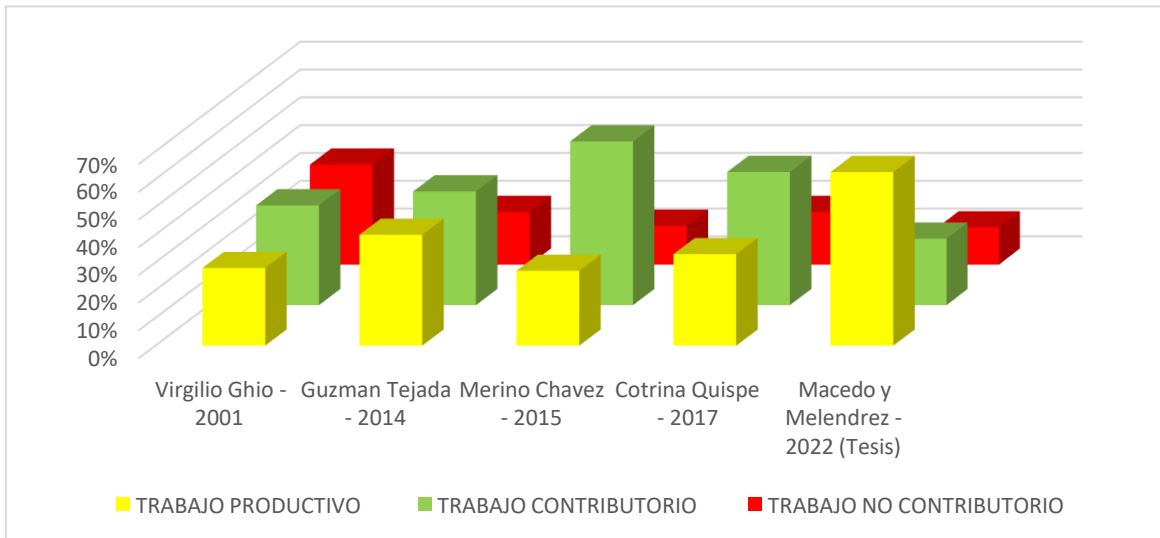
El desarrollo del presente trabajo ha permitido validar la hipótesis general toda vez que se ha demostrado que es posible mejorar la productividad de la mano de obra en un proyecto de construcción mediante el uso la aplicación de la Filosofía Lean Construction, lo cual se evidencia en los resultados obtenidos del análisis realizado tanto en campo como en gabinete. Los resultados alcanzados durante el proceso de medición de la productividad permiten discutir los datos obtenidos en el estudio con los antecedentes y marco teórico.

Tabla N° 32: Comparativo de Productividad de la Mano de Obra

ITEM	ESTUDIO	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
1	Virgilio Ghio - 2001	28%	36%	36%
2	Guzman Tejada - 2014	40%	41%	19%
3	Merino Chavez - 2015	27%	59%	14%
4	Cotrina Quispe - 2017	33%	48%	19%
5	Macedo y Melendrez - 2022 (Tesis)	63%	24%	13%

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Figura 18: Comparativo de Productividad de Mano de Obra



Fuente: Elaboración Propia, 2022

En la tabla y gráfico presentados en la que se comparan resultados se puede observar que en el trabajo de investigación existe un mayor porcentaje de Trabajo Productivo, menos porcentaje de Trabajo Contributorio y dentro del promedio en comparación a los datos expuestos de estudios anteriores en lo que respecta a Trabajo No Contributorio. Asimismo la aplicación de las herramientas basadas en la Filosofía Lean Construction, permitió optimizar los trabajos contributorios y no contributorios, identificando las principales pérdidas, para efectos de detalle se presenta la siguiente tabla:

Tabla 33: Principales Perdidas en el Caso de Estudio

ITEM	GRUPO DE ACTIVIDADES SELECCIONADAS	TRABAJO CONTRIBUTORIO						TRABAJO NO CONTRIBUTORIO					
		TRANSPORTE	ABASTECIMIENTO DE CEMENTO	ABASTECIMIENTO DE AGRADOS	ABASTECIMIENTO DE AGUA	MEDICIÓN	CORTE DE TUBERÍA	COLOCACIÓN DE ACCESORIOS	TIEMPO OCIOSO	ESPERA	CAMINAR CON MANOS VACIAS	NECESIDADES FISIOLÓGICAS	DESCANSO
		T	AC	AAG	AA	M	CT	CA	TO	E	CMV	N	D
1	Concreto f'c = 210 kg/cm2	44	48	22	53				46	23	18		
2	Acero de Refuerzo fy = 4,200 kg/cm2					58			9	13		17	6
3	Encofrado y Desencofrado					48			11			14	10
TOTAL		44	48	22	53	106	0	0	66	36	18	31	16
PORCENTAJE		7%	7%	3%	8%	16%	0%	0%	23%	12%	6%	11%	6%

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

La tabla presentada muestra la distribución de porcentajes de las principales perdidas por grupo de partidas evaluadas en el caso de estudio (Trabajo Contributorio y Trabajo No Contributorio).

5.2. CONCLUSIONES

- La aplicación constante del seguimiento de las herramientas del Lean Construction en una obra de edificaciones incrementa de manera significativa, la confiabilidad de su planificación, puesto que se corroboró un incremento de la productividad para los rendimientos, a pesar de que, inicialmente, estaba por debajo de lo previsto en la planificación.
- El análisis de restricciones es una herramienta de control que anticipa las restricciones posibles que se pueden obtener en el campo, junto a la herramienta de porcentaje de plan cumplido (PPC) que trabaja realizando en control que permitió media la confiabilidad del sistema.
- Es fundamental contar con un número representativo de mediciones aplicando los procedimientos Lean a cabalidad con la finalidad de obtener resultados confiables, así mismo es por ello que en la aplicación de las herramientas de gestión de proyectos se cumplió estrictamente con los criterios establecidos por Serpell, obtenido un número mínimo de mediciones (384 para obtener el 95% de confiabilidad) garantizando la validez de los resultados.
- Con el desarrollo de la presente investigación se ha demostrado la factibilidad técnica y económica para la aplicación de herramientas de gestión basadas en la Filosofía Lean Construction y la implantación de un nuevo proceso de control de la productividad de la mano de obra en una obra de construcción.

5.3. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar realizando la difusión de la Filosofía Lean Construction en los responsables de dirigir proyectos, así como a los estudiantes de los últimos ciclos de las universidades, ya que serán estos los que en breves meses estarán laborando en diversos proyectos, y entre más jóvenes estén interesados en aplicar nuevas herramientas se lograrán mayores cambios en la industria.
- La implementación de herramientas de gestión de proyectos deben hacerse de manera progresiva y en la medida que las empresas constructoras pequeñas y medianas pueda cumplir con los requerimientos necesarios para la implementación.
- Aplicar la metodología Lean Construction trabajando con el sistema Last Planner mejora la planificación; el residente de obra es el que lidera con su equipo staff, que debe aplicar la metodología, realizar el seguimiento y la retroalimentación para obtener una mejora continua.
- Se recomienda seguir investigando sobre herramientas de gestión de proyectos que mejoran la productividad en obra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACERO C., Roberto C. “Sistema de Gestión de Proyectos Basado en Principios del Lean Construction”. Universidad Católica Santa María. Arequipa 2013.
- ALARCON CARDENAS, Luis Fernando. “Planificación y Control de Producción para la Construcción, Guía para la Implementación”. Primera Edición. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile 2003.
- BOTERO BOTERO, Luis Fernando. “Construcción Sin Pérdidas, Análisis de Procesos y Filosofía Lean Construction”. Segunda Edición Editorial Legis. Colombia 2006.
- BRIOSO, Xavier, “Material de la Diplomatura de Gestión del Proyectos de Construcción”, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima 2014.
- CANTU A, MORENO J, GALLINA M. y GARCIA G. “Productividad Real en Obras Civiles-Análisis de un Caso”. Facultad de Ingeniería, UNCuyo. Centro Universitario. Argentina 2009.
- CASTILLO VIRGILIO, Ghio. “Productividad en Obras de Construcción; Diagnostico, Critica y Propuesta”. Fondo Editorial PUCP. Lima - Perú 2001.
- MERINO CHÉVEZ, Delia Elisa. “Aplicación de la Filosofía Lean para la Mejora de la Productividad en la Estructura: Reservorio Elevado de la Obra: Instalación, Ampliación y Mejoramiento del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado en los AA.HH. de las Cuencas 1,2 y 3 de la Zona Alta de la Ciudad de Paita-Provincia de Paita-Piura, en el año 2014”. Universidad de Sipan. Chiclayo – Perú 2015.

- COTRINA QUISPE, Javier Ner. “Aplicación del Lean Construction para Optimizar la Productividad en una Obra de Ampliación del Pabellón Educativo en Ñaña – Lurigancho – Lima 2017”. Universidad Cesar Vallejo. Lima – Perú 2017.
- DELGADO D. y JULCA L. “Aplicación de herramientas de gestión de proyectos para mejorar el rendimiento de la mano de obra de actividades previas al vaciado de concreto en la construcción de la I.E. 00815 Carrizal, Jepelacio - Moyobamba - San Martín; 2019”. Universidad Científica del Perú – Perú 2020.
- GARCÍA C., Alfonso. “Productividad y Reducción de Costos para la Pequeña y Mediana Industria. Editorial Trillas, S.A. Mexico 2011.
- GOLDRATT, ELIYAHU y COX, Jeff. “The Goal”. Great Barrington, MA. North River Press. USA 1984.
- GUZMÁN TEJADA, Abner. “Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la Planificación, Programación, Ejecución y Control de Proyectos” Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima – Perú 2014.
- HERNÁNDEZ S., Roberto, FERNÁNDEZ C., Carlos y BATISTA L., Maria. “Metodología de la Investigación” Quinta Edición. McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. México 2010.
- KOSKELA, Lauri “Application of the New Production Philosophy to Construction” Technical Report #72. Stanford University. USA 1992.
- MORILLO, Tania Y LOZANO, Miguel. “Estudio de la Productividad en una Obra de Edificación”. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima - Perú 2007.
- Oramas L., Carlos H. “Aplicación de la Metodología Lean Construction en la Vivienda de Interés Social”. Universidad EN. Bogotá - Colombia 2012.

- ORIHUELA, Pablo y ULLOA, karem. “La Planificación de las Obras y el Sistema Last Planner”. Boletín N° 12, Corporación Aceros Arequipa. Lima - Perú 2011.

- PASCUAL, Renato y FUENTES, Ccolqque “Planificación y Control para Mejorar el Rendimiento de Actividades Previas al Vaciado de Concreto en Elementos Estructurales”. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú 2013.

- RODRÍGUEZ C., Walter y VALDEZ C., Doris. “Mejoramiento de la Productividad en la Construcción de Obras con Lean Construction”. Editorial Culturabierta E.I.R.L. Lima – Perú 2012.

- SERPELL, Alfredo: “Administración de Obras de Construcción”. Chile 1993.

ANEXOS

Anexo 01 : Toma de Tiempo – Nivel de Actividades Materia de Análisis

ANEXO 01
TOMA DE TIEMPO – NIVEL DE
ACTIVIDADES MATERIA DE ANÁLISIS

FORMATO PARA TOMA DE TIEMPO - NIVEL DE ACTIVIDAD

Actividad: CONCRETO F'C= 210 KG/CM2.
 Responsable: R. MACEDO

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
1		AC	
2		AC	
3		AC	
4		AC	
5		AC	
6		AC	
7			TO
8			TO
9			TO
10			TO
11			TO
12			TO
13			TO
14		AC	
15		AC	
16		AC	
17		AC	
18		AC	
19			E
20			E
21			E
22			E
23		AA	
24		AA	
25		AA	
26		AA	
27		AC	
28		AC	
29		AC	
30		AC	
31		AC	
32		AC	
33		AAG	
34		AAG	
35		AAG	
36		AAG	
37		AAG	
38		AAG	
39		AAG	
40		AAG	
41		AA	
42		AA	
43		AA	
44		AA	
45		AA	
46		AA	
47			TO
48			TO
49			TO
50			TO
51			TO
52			TO

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
53		AC	
54		AC	
55		AC	
56		AC	
57		AC	
58		AC	
59		AC	
60		AC	
61			TO
62			TO
63			TO
64			TO
65			TO
66		AA	
67		AA	
68		AA	
69		AA	
70			E
71			E
72			E
73			E
74			E
75		AAG	
76		AAG	
77		AAG	
78		AAG	
79		AA	
80		AA	
81		AA	
82		AA	
83		AA	
84		AA	
85			CMV
86			CMV
87			CMV
88			CMV
89			CMV
90			CMV
91		AAG	
92		AAG	
93		AAG	
94		AAG	
95		AAG	
96		AA	
97		AA	
98		AA	
99		AA	
100		AA	
101		AA	
102	CC		
103	CC		
104	CC		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
105		AAG	
106		AAG	
107		AAG	
108		AAG	
109		AAG	
110		AA	
111		AA	
112		AA	
113		AA	
114		AA	
115		AA	
116		AC	
117		AC	
118		AC	
119		AC	
120		AC	
121			CMV
122			CMV
123			CMV
124			CMV
125			CMV
126			CMV
127		AC	
128		AC	
129		AC	
130	CC		
131	CC		
132	CC		
133	CC		
134	CC		
135	CC		
136	CC		
137		AA	
138		AA	
139		AA	
140		AA	
141		AA	
142		AA	
143		AA	
144			TO
145			TO
146			TO
147			TO
148			TO
149			TO
150			TO
151		AC	
152		AC	
153		AC	
154		AC	
155		AC	
156		AC	
157		AC	
158		AC	
159		AC	
160		AC	
161		AC	

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
162		AC	
163		AC	
164		AC	
165		AC	
166			TO
167			TO
168			TO
169			TO
170			TO
171			TO
172	VC		
173	VC		
174	VC		
175	VC		
176	VC		
177	VC		
178	VC		
179		AA	
180		AA	
181		AA	
182		AA	
183		AA	
184		AA	
185		AA	
186	CC		
187	CC		
188	CC		
189	CC		
190	CC		
191	CC		
192		AA	
193		AA	
194		AA	
195		AA	
196		AA	
197		AA	
198		AA	
199			TO
200			TO
201			TO
202			TO
203			TO
204			TO
205	CC		
206	CC		
207	CC		
208	CC		
209	CC		
210	CC		
211	CC		
212	CC		
213	CC		
214	CC		
215			TO
216			TO
217			TO
218			TO

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
219			TO
220		T	
221		T	
222		T	
223		T	
224		T	
225		T	
226		T	
227		T	
228		T	
229	CC		
230	CC		
231	CC		
232	CC		
233	CC		
234	CC		
235	CC		
236	CC		
237	CC		
238	CC		
239	CC		
240	CC		
241	CC		
242	CC		
243	CC		
244	CC		
245	CC		
246	CC		
247	CC		
248	CC		
249	CC		
250	CC		
251	CC		
252	CC		
253	CC		
254			E
255			E
256			E
257		T	
258		T	
259		T	
260		T	
261		T	
262		T	
263			E
264			E
265			E
266			E
267			TO
268			TO
269			TO
270			TO
271	CC		
272	CC		
273	CC		
274	CC		
275	CC		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
276	CC		
277	CC		
278	CC		
279	CC		
280	CC		
281	CC		
282	CC		
283	CC		
284	CC		
285		T	
286		T	
287		T	
288		T	
289			CMV
290			CMV
291			CMV
292			CMV
293			CMV
294			CMV
295		T	
296		T	
297		T	
298		T	
299	CC		
300	CC		
301	CC		
302	CC		
303	CC		
304	CC		
305	CC		
306	CC		
307	CC		
308	CC		
309	CC		
310		T	
311		T	
312		T	
313		T	
314		T	
315		T	
316	VC		
317	VC		
318	VC		
319	VC		
320	VC		
321	VC		
322	VC		
323	VC		
324	VC		
325	VC		
326	VC		
327	VC		
328	VC		
329	VC		
330	VC		
331	VC		
332	VC		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
333	CC		
334	CC		
335	CC		
336	CC		
337	CC		
338	CC		
339			E
340			E
341			E
342			E
343			E
344	VC		
345	VC		
346	VC		
347	VC		
348	VC		
349	VC		
350		T	
351		T	
352		T	
353		T	
354		T	
355		T	
356	VC		
357	VC		
358	VC		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
359	CC		
360	CC		
361	CC		
362			E
363		T	
364		T	
365		T	
366		T	
367		T	
368		T	
369		T	
370		T	
371		T	
372	CC		
373	CC		
374	VC		
375	VC		
376		T	
377		T	
378		T	
379		T	
380		T	
381		T	
382	CC		
383	CC		
384	CC		

NOMENCLATURA

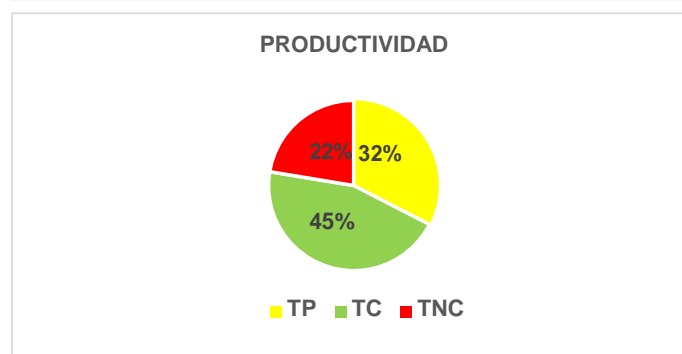
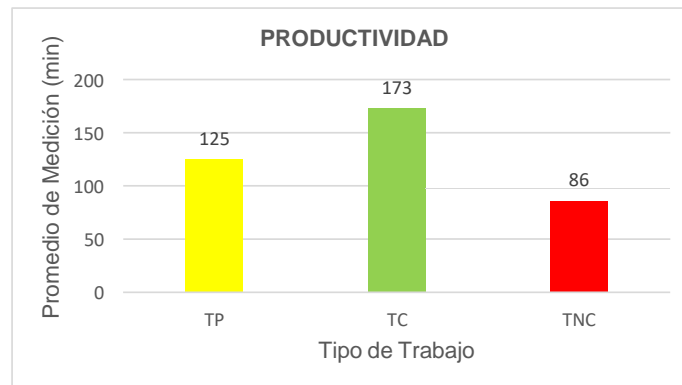
TRABAJO PRODUCTIVO	
CC	Colocar Concreto
VC	Vibrado de Concreto

RESULTADO

ITEM	TP	TC	TNC
N°	125	173	86
%	32%	45%	22%

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
T	Transporte
AC	Abastecimiento Cemento
AAG	Abastecimiento Agregados
AA	Abastecimiento Agua
O	Otros

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
V	Viajes
TO	Tiempo Ocioso
E	Esperas
CMV	Caminar con Manos Vacías
D	Descanso
N	Necesidades Fisiológicas
O	Otros



FORMATO PARA TOMA DE TIEMPO - NIVEL DE ACTIVIDAD

Actividad: ACERO DE REFUERZO $f_y=4,200$ Kg/cm²
 Responsable: O. MELENDREZ

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
1	HA		
2	HA		
3	HA		
4	HA		
5	HA		
6			E
7			E
8			E
9	HA		
10	HA		
11	HA		
12	HA		
13	HA		
14	HA		
15	HA		
16	HA		
17	HA		
18	HA		
19	HA		
20	HA		
21	HA		
22		M	
23		M	
24		M	
25		M	
26		M	
27		M	
28		M	
29	HA		
30	HA		
31	HA		
32	HA		
33	HA		
34	HA		
35	HA		
36	HA		
37	HA		
38	HA		
39	HA		
40	HA		
41	HA		
42	HA		
43	HA		
44	HA		
45	HA		
46			E
47			E
48	HA		
49	HA		
50	HA		
51	HA		
52	HA		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
53	HA		
54	HA		
55	HA		
56	HA		
57	HA		
58	HA		
59	HA		
60	HA		
61	HA		
62	HA		
63	HA		
64	HA		
65	HA		
66			N
67			N
68			N
69			N
70			N
71			N
72			N
73			N
74			TO
75			TO
76			TO
77	HA		
78	HA		
79	HA		
80	HA		
81	HA		
82	HA		
83	HA		
84	HA		
85	HA		
86	HA		
87	HA		
88	HA		
89	HA		
90	HA		
91	HA		
92		M	
93		M	
94		M	
95		M	
96		M	
97		M	
98	HA		
99	HA		
100	HA		
101	HA		
102	HA		
103	HA		
104	HA		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
105	HA		
106	HA		
107	HA		
108	HA		
109	HA		
110	HA		
111	HA		
112			E
113			E
114			E
115	HA		
116	HA		
117	HA		
118	HA		
119	HA		
120	HA		
121	HA		
122	HA		
123	HA		
124	HA		
125	HA		
126	HA		
127	HA		
128		M	
129		M	
130		M	
131		M	
132		M	
133		M	
134		M	
135		M	
136	HA		
137	HA		
138	HA		
139	HA		
140	HA		
141	HA		
142	HA		
143			N
144			N
145			N
146			N
147	HA		
148	HA		
149	HA		
150	HA		
151	HA		
152	HA		
153	HA		
154	HA		
155	HA		
156	HA		
157	HA		
158	HA		
159	HA		
160	HA		
161	HA		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
162	HA		
163	HA		
164	HA		
165	HA		
166	HA		
167	HA		
168	HA		
169	HA		
170	HA		
171	HA		
172	HA		
173	HA		
174	HA		
175			TO
176			TO
177			TO
178	HA		
179	HA		
180	HA		
181	HA		
182	HA		
183	HA		
184	HA		
185	HA		
186	HA		
187	HA		
188	HA		
189	HA		
190	HA		
191	HA		
192	HA		
193	HA		
194	HA		
195	HA		
196	HA		
197	HA		
198	HA		
199	HA		
200	HA		
201	HA		
202	HA		
203		M	
204		M	
205		M	
206		M	
207		M	
208	HA		
209	HA		
210	HA		
211	HA		
212	HA		
213	HA		
214	HA		
215	HA		
216	HA		
217	HA		
218	HA		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
219	HA		
220	HA		
221	HA		
222		M	
223		M	
224		M	
225		M	
226		M	
227		M	
228		M	
229	HA		
230	HA		
231	HA		
232	HA		
233	HA		
234	HA		
235	HA		
236	HA		
237	HA		
238	HA		
239	HA		
240	HA		
241	HA		
242	HA		
243	HA		
244	HA		
245	HA		
246	HA		
247	HA		
248	HA		
249		M	
250		M	
251		M	
252			TO
253			TO
254			TO
255	HA		
256	HA		
257	HA		
258	HA		
259	HA		
260	HA		
261	HA		
262	HA		
263	HA		
264	HA		
265	HA		
266		M	
267		M	
268		M	
269		M	
270	HA		
271	HA		
272	HA		
273	HA		
274	HA		
275	HA		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
276	HA		
277	HA		
278	HA		
279	HA		
280	HA		
281	HA		
282	HA		
283	HA		
284	HA		
285	HA		
286	HA		
287	HA		
288	HA		
289	HA		
290	HA		
291	HA		
292	HA		
293	HA		
294	HA		
295	HA		
296		M	
297		M	
298		M	
299		M	
300		M	
301		M	
302	HA		
303	HA		
304	HA		
305	HA		
306	HA		
307	HA		
308	HA		
309	HA		
310	HA		
311	HA		
312	HA		
313	HA		
314	HA		
315	HA		
316	HA		
317	HA		
318	HA		
319	HA		
320	HA		
321	HA		
322	HA		
323	HA		
324	HA		
325	HA		
326	HA		
327	HA		
328	HA		
329		M	
330		M	
331		M	
332	HA		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
333	HA		
334	HA		
335	HA		
336	HA		
337	HA		
338	HA		
339	HA		
340			D
341			D
342			D
343			D
344	HA		
345	HA		
346	HA		
347	HA		
348	HA		
349	HA		
350	HA		
351	HA		
352		M	
353		M	
354		M	
355		M	
356	HA		
357	HA		
358	HA		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
359	HA		
360	HA		
361	HA		
362			N
363			N
364			N
365			N
366			N
367	HA		
368	HA		
369	HA		
370	HA		
371	HA		
372	HA		
373	HA		
374	HA		
375	HA		
376	HA		
377	HA		
378	HA		
379	HA		
380	HA		
381	HA		
382		M	
383		M	
384			D

NOMENCLATURA

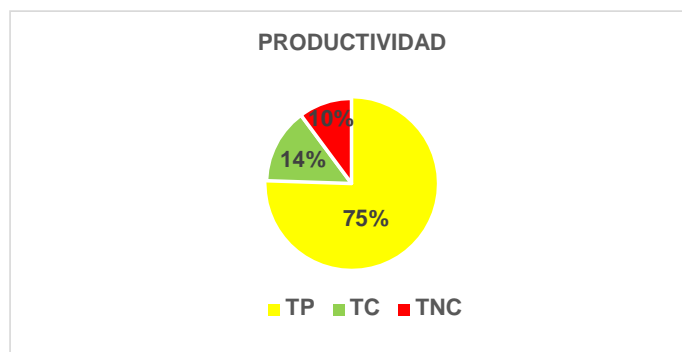
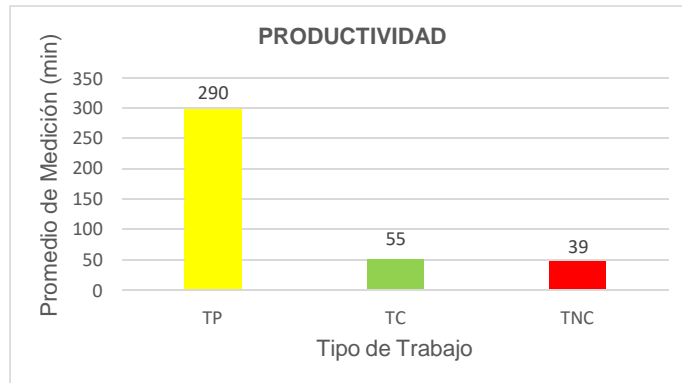
TRABAJO PRODUCTIVO	
HA	Habilitación de Acero

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
M	Medición

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
V	Viajes
TO	Tiempo Ocioso
E	Esperas
CMV	Caminar con Manos Vacías
D	Descanso
N	Necesidades Fisiológicas
O	Otros

RESULTADO

ITEM	TP	TC	TNC
N°	290	55	39
%	75%	14%	10%



FORMATO PARA TOMA DE TIEMPO - NIVEL DE ACTIVIDAD

Actividad: ENCOFRADO Y DEENCOFRADO

Responsable: O. MELENDREZ

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
1		M	
2		M	
3		M	
4		M	
5		M	
6		M	
7		M	
8		M	
9			TO
10			TO
11			TO
12	E		
13	E		
14	E		
15	E		
16	E		
17	E		
18	E		
19	E		
20	E		
21	E		
22	E		
23	E		
24	E		
25	E		
26	E		
27	E		
28	E		
29	E		
30	E		
31	E		
32	E		
33	E		
34	E		
35	E		
36	E		
37	E		
38	E		
39	E		
40	E		
41	E		
42	E		
43	E		
44	E		
45	E		
46	E		
47	E		
48	E		
49	E		
50	E		
51	E		
52	E		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
53	E		
54	E		
55	E		
56	E		
57	E		
58	E		
59	E		
60	E		
61	E		
62	E		
63	E		
64	E		
65	E		
66	E		
67	E		
68	E		
69	E		
70	E		
71	E		
72	E		
73	E		
74	E		
75	E		
76	E		
77	E		
78	E		
79	E		
80	E		
81	E		
82	E		
83	E		
84	E		
85	E		
86	E		
87	E		
88	E		
89		M	
90		M	
91		M	
92		M	
93		M	
94			D
95			D
96	E		
97	E		
98	E		
99	E		
100	E		
101	E		
102	E		
103	E		
104	E		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
105	E		
106	E		
107	E		
108	E		
109	E		
110	E		
111	E		
112		M	
113		M	
114		M	
115	E		
116	E		
117	E		
118	E		
119	E		
120	E		
121	E		
122	E		
123	E		
124	E		
125	E		
126	E		
127			N
128			N
129			N
130			N
131			N
132			N
133			TO
134			TO
135			TO
136	E		
137	E		
138	E		
139	E		
140	E		
141	E		
142	E		
143	E		
144	E		
145	E		
146	E		
147	E		
148	E		
149	E		
150	E		
151	E		
152	E		
153	E		
154	E		
155	E		
156	E		
157	E		
158	E		
159	E		
160	E		
161	E		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
162	E		
163	E		
164	E		
165	E		
166	E		
167	E		
168	E		
169	E		
170		M	
171		M	
172		M	
173		M	
174		M	
175		M	
176		M	
177	E		
178	E		
179	E		
180	E		
181	E		
182	E		
183	E		
184	E		
185	E		
186	E		
187	E		
188	E		
189	E		
190	E		
191	E		
192	E		
193	E		
194	E		
195	E		
196	E		
197	E		
198	E		
199	E		
200	E		
201	E		
202	E		
203	E		
204	E		
205	E		
206	E		
207	E		
208	E		
209	E		
210	E		
211	E		
212	E		
213	E		
214	E		
215	E		
216	E		
217	E		
218	E		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
219	E		
220	E		
221		M	
222		M	
223		M	
224		M	
225		M	
226	E		
227	E		
228			N
229			N
230			N
231			N
232			N
233			TO
234			TO
235			TO
236	E		
237	E		
238	E		
239	E		
240	E		
241	E		
242	E		
243	E		
244		M	
245		M	
246	E		
247	E		
248	E		
249	E		
250	E		
251	E		
252	E		
253	E		
254	E		
255	E		
256	E		
257	E		
258	E		
259	E		
260	E		
261	E		
262	E		
263	E		
264	E		
265	E		
266	E		
267	E		
268	E		
269	E		
270	E		
271	E		
272	E		
273	E		
274	E		
275	E		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
276	E		
277	E		
278	E		
279	E		
280	E		
281	E		
282	E		
283	E		
284	E		
285	E		
286	E		
287		M	
288		M	
289		M	
290		M	
291		M	
292		M	
293	E		
294	E		
295	E		
296	E		
297	E		
298	E		
299	E		
300	E		
301	E		
302	E		
303	E		
304	E		
305	E		
306	E		
307	E		
308	E		
309	E		D
310	E		D
311	E		D
312	E		D
313	E		D
314	E		
315	E		
316	E		
317	E		
318	E		
319	E		
320	E		
321	E		
322	E		
323	E		
324	E		
325	E		
326	E		
327	E		
328	E		
329	E		
330	E		
331	E		
332	E		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
333	E		
334			N
335			N
336			N
337	E		
338	E		
339	E		
340	E		
341	E		
342		M	
343		M	
344		M	
345		M	
346		M	
347		M	
348		M	
349		M	
350	E		
351	E		
352	E		
353			TO
354			TO
355	E		
356	E		
357	E		
358	E		

T (min)	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
359	E		
360	E		
361	E		
362			D
363			D
364			D
365	E		
366	E		
367	E		
368	E		
369	E		
370	E		
371	E		
372	E		
373	E		
374	E		
375	E		
376	E		
377	E		
378		M	
379		M	
380		M	
381		M	
382	E		
383	E		
384	E		

NOMENCLATURA

TRABAJO PRODUCTIVO	
E	Encofrado

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
M	Medición

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
V	Viajes
TO	Tiempo Ocioso
E	Esperas
CMV	Caminar con Manos Vacías
D	Descanso
N	Necesidades Fisiológicas
O	Otros

RESULTADO

ITEM	TP	TC	TNC
N°	306	48	30
%	79%	12%	8%

