



Universidad Científica del Perú - UCP
*Registrada en el Anexo N° Anexo de la Parte N° 11000118, Procesos públicos de Licitación,
Supervisión de los Registros Públicos - S.I.R.A.P.*

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

TESIS

**“APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION PARA MEJORAR EL
RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA EN EDIFICACIONES;
2021”**

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

**AUTORES : BACH. WENDY THALIA JULON ORTIZ
BACH. CRISTIAN RONUALDO QUIROZ
IZQUIERDO**

ASESOR : ING. VÍCTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA, M.SC.

Tarapoto – San Martín - Perú

2022

DEDICATORIA

A mis padres Mery y Jhon quienes con su cariño, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de perseverancia y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está siempre conmigo.

Mi tía Lucinda y Padrino Santos por su afecto 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 a cumplir todos mis sueños y metas.

Wendy Thalia Julon Ortiz.

A mi madre que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos difíciles. Siempre recibía una llamada de ella para saber cómo estaba, como me sentía, siempre con amor y calor de madre así sea por teléfono, a ti que siempre fuiste, eres y serás mi motivación para hacer las cosas. Recuerdo una noche oscura y lluviosa cuando mi hermana estaba aún en tu vientre, nos sentamos al filo de la cama, lloramos juntos y entre lágrimas te prometí que voy a triunfar y mírame ahora madre mía lo estoy logando.

Cristian Ronualdo Quiroz Izquierdo.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme salud y bienestar para poder cumplir con cada meta propuesta.

A mi alma máter, la Universidad Científica del Perú -Facultad de Ciencias e Ingeniería, tangible en sus docentes, por haberme formado académicamente.

A mi familia, por el apoyo íntegro en cada momento de mi formación profesional.

Wendy Thalia Julon Ortiz.

Agradezco a Dios por haberme dado salud para poder realizar este trabajo, por guiarme y darme fortaleza para seguir por el buen camino.

A mi familia por su comprensión y estímulo constante, además su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

A los docentes de la Universidad por haberme brindado sus conocimientos sin recelo alguno, tanto en lo académico como en lo personal.

Y a todas las personas que de alguna u otra manera me apoyaron para realizar con éxito este trabajo.

Cristian Ronualdo Quiroz Izquierdo.

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:

**“APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO
DE LA MANO DE OBRA EN EDIFICACIONES; 2021”**

De los alumnos: **WENDY THALIA JULON ORTIZ Y CRISTIAN RONUALDO
QUIROZ IZQUIERDO**, de la Facultad de la Facultad de Ciencias e Ingeniería,
pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un
porcentaje de **16% de plagio**.

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

San Juan, 30 de Setiembre del 2022.



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

Document Information

Analyzed document	UCP_INGENIERÍACIVIL_2022_TESIS_WENDYJULON _CRISTIANQUIROZ_V1.pdf (D145051299)
Submitted	2022-09-28 16:51:00
Submitted by	Comisión Antiplagio
Submitter email	revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Similarity	16%
Analysis address	revision.antiplagio.ucp@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1785/BALMER%20APAG%C3%9CE%C3%91O%20PIZANGO%20Y%20JUAN%20DIEGO%20VELA%20FLORES%20-%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2022-07-05 19:49:31		6
SA	EF_TALLER DE TESIS 2_ CAMPOS ALAYO MANUEL Y PINILLOS FERNANDEZ LUIS.docx Document EF_TALLER DE TESIS 2_ CAMPOS ALAYO MANUEL Y PINILLOS FERNANDEZ LUIS.docx (D121120412)		4
SA	EF_PROYECTO DE TESIS_ CAMPOS ALAYO MANUEL Y PINILLOS FERNANDEZ JUNIOR.docx Document EF_PROYECTO DE TESIS_ CAMPOS ALAYO MANUEL Y PINILLOS FERNANDEZ JUNIOR.docx (D110522362)		1
SA	Universidad Científica del Perú / UCP_INGENIERÍACIVIL_2020_TESIS_DANIELDELGADO_LUCYJULCA_V1.pdf Document UCP_INGENIERÍACIVIL_2020_TESIS_DANIELDELGADO_LUCYJULCA_V1.pdf (D75624866) Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.arkund.com		8
SA	Universidad Científica del Perú / UCP_INGENIERÍACIVIL_2021_TESIS_MONICAVASQUEZ_ROLMERCARDENAS_V1.pdf Document UCP_INGENIERÍACIVIL_2021_TESIS_MONICAVASQUEZ_ROLMERCARDENAS_V1.pdf (D123753935) Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.arkund.com		6
SA	12314-Layme Sánchez Luis Jonathan.pdf Document 12314-Layme Sánchez Luis Jonathan.pdf (D40303058)		3
SA	Universidad Científica del Perú / UCP_INGENIERÍACIVIL_2022_TESIS_BALMERAPAGUEÑO_JUANVELA_V1.pdf Document UCP_INGENIERÍACIVIL_2022_TESIS_BALMERAPAGUEÑO_JUANVELA_V1.pdf (D126725938) Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.arkund.com		3
SA	15260--Scerpella Carranza, Leopoldo Rubén.pdf Document 15260--Scerpella Carranza, Leopoldo Rubén.pdf (D54410027)		1
SA	PTT1_ACEVEDO_CRISTHIAN_TESIS.docx Document PTT1_ACEVEDO_CRISTHIAN_TESIS.docx (D119535961)		2
SA	Universidad Científica del Perú / UCP_INGENIERIA_2022_TESIS_DEYVISALDAÑA_FREDDYTARICUARIMA_V1.pdf Document UCP_INGENIERIA_2022_TESIS_DEYVISALDAÑA_FREDDYTARICUARIMA_V1.pdf (D143489816) Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.arkund.com		1

Entire Document

1
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL TESIS "APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA EN EDIFICACIONES; 2021"
 PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
 AUTORES : BACH. WENDY THALIA JULON ORTIZ BACH. CRISTIAN RONUALDO QUIROZ IZQUIERDO
 ASESOR : ING. VÍCTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA, M.SC. Tarapoto – San Martín - Perú 2022

2
 DEDICATORIA
 A mis padres Mery y Jhon
 quienes con su cariño, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de perseverancia y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está siempre conmigo. Mi tía Lucinda y Padrino Santos por su afecto 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 a cumplir todos mis sueños y metas. Wendy Thalia Julon Ortiz. A mi madre que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos difíciles. Siempre recibía una llamada de ella para saber cómo estaba, como me sentía, siempre con amor y calor de madre así sea por teléfono, a ti que siempre fuiste, eres y serás mi motivación para hacer las cosas. Recuerdo una noche oscura y lluviosa cuando mi hermana estaba aún en tu vientre, nos sentamos al filo de la cama, lloramos juntos y entre lágrimas te prometí que voy a triunfar y mírame ahora madre mía lo estoy logando. Cristian Ronualdo Quiroz Izquierdo.

3 AGRADECIMIENTO A Dios, por darme salud y bienestar para poder cumplir con cada meta propuesta. A mi alma máter, la Universidad Científica del Perú -Facultad de Ciencias e Ingeniería, tangible en sus docentes, por haberme formado académicamente. A mi familia, por el apoyo íntegro en cada momento de mi formación profesional. Wendy Thalia Julon Ortiz. Agradezco a Dios por haberme dado salud para poder realizar este trabajo, por guiarme y darme fortaleza para seguir por el buen camino. A mi familia por su comprensión y estímulo constante, además su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios. A los docentes de la Universidad por haberme brindado sus conocimientos sin recelo alguno, tanto en lo académico como en lo personal. Y a todas las personas que de alguna u otra manera me apoyaron para realizar con éxito este trabajo. Cristian Ronualdo Quiroz Izquierdo.

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal Nº 209-2021-UCP-FCEI del 12 abril 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. Victor Eduardo Samamé Zatta, M.Sc.

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 20:00 horas del día 29 de octubre 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: **“APLICACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA EN EDIFICACIONES, 2021”**.

Presentado por los sustentantes:

**WENDY THALIA JULON ORTIZ y CRISTIAN RONUALDO QUIROZ
IZQUIERDO**

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 UNANIMIDAD (CON LA NOTA DE DIECISEIS)**

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



Ing. Joel Padilla Maldonado, M. SC.
Presidente



Ing. Caleb Rios Vargas, M.Sc.
Miembro



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

HOJA DE APROBACIÓN

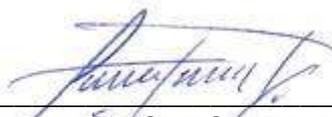
Tesis sustentada en acto público el día 29 de octubre del 2022, a las 20:00 horas



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



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



Ing. LUIS ARMANDO GUZCO TRIGOZO, M.Sc.
Miembro del Jurado Evaluador



Ing. VÍCTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA, M.Sc.
Asesor

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	1
DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
HOJA DE APROBACIÓN.....	4
ÍNDICE DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE CUADROS O 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.....	15
1.1.3. Ámbito Local.....	19
1.2. BASES TEÓRICAS	20
1.2.1. Lean Construction o construcción sin pérdidas	20
1.2.2. Principios de Lean Construction	23
1.2.3. Objetivos de la filosofía “Lean Construction”	24
1.2.4. Planeamiento o diseño.	25
1.2.5. Productividad en la construcción	26
1.2.6. Rendimiento.....	28
1.2.7. Factores que afectan la productividad	28
1.3. DEFINICIONES DE TERMINOS BÁSICOS.....	29
1.3.1. Partida Crítica	29
1.3.2. Pérdidas	29
1.3.3. Tipos de Pérdidas.....	29
1.3.4. Fuente de las Pérdidas.....	30
1.3.5. Trabajo Productivo (TP).....	31
1.3.6. Trabajo Contributorio (TC).....	31
1.3.7. Trabajo No Contributorio o No Productivo (TNC)	32
1.3.8. Desperdicios.....	32

CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	35
2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	35
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	36
2.2.1. Problema General.....	36
2.2.2. Problemas Específicos	36
2.3. OBJETIVOS.....	37
2.3.1. Objetivo General.....	37
2.3.2. Objetivos Específicos	37
2.4. HIPÓTESIS.....	37
2.4.1. Hipótesis General	37
2.4.2. Hipótesis Específicas.....	37
2.5. VARIABLES.....	38
2.5.1. Identificación de Variables	38
2.5.2. Definición Conceptual y Operacional de las Variables	38
2.5.3. Operacionalización de las Variables.....	39
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	40
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	40
3.1.1. Tipo de Investigación.....	40
3.1.2. Diseño de Investigación.....	40
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	41
3.2.1. Población	41
3.2.2. Muestra.....	42
3.3. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	42
3.3.1. Técnicas de Recolección de Datos.....	42
3.3.2. Instrumentos de recolección de datos	43
3.3.3. Procedimientos de Recolección de Datos	44
3.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	44
3.5. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA	45
3.5.1. Last Planner System.....	45
3.5.2. Programa Maestro	46
3.5.3. Planificación Lookahead.....	46
3.5.4. Determinación de Partidas Restrictivas	52
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	56
4.1. DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO	56
4.2. APLICACIÓN DEL LEAN CONSTRUCTION	62

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.....	81
5.2. CONCLUSIONES	84
5.3. RECOMENDACIONES.....	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXOS	89

ÍNDICE DE CUADROS O TABLAS

Tabla N° 01: Filosofía tradicional versus el nuevo concepto de construcción	22
Tabla N° 02: Diferencias entre Lean Construction y gerencia de proyectos	24
Tabla N° 03: Planeamiento	25
Tabla N° 04: Planeamiento Inicial Vs Actualizado	26
Tabla N° 05: Tipos de pérdidas	29
Tabla N° 06: Estimación de desperdicios en obras de edificación	34
Tabla N° 07: Definición Conceptual y Operacional de las Variables	39
Tabla N° 08: Operacionalización de variables	39
Tabla N° 09: Procedimiento de Recolección de Datos	44
Tabla N° 10: Procedimiento de Procesamiento, Análisis e Interpretación de datos	44
Tabla N° 11: Análisis de Restricciones	48
Tabla N° 12: Diametros de Tuberia PVC para Instalaciones Electricas	53
Tabla N° 13: Metas físicas del proyecto	57
Tabla N° 14: Partidas analizadas	62
Tabla N° 15: Actividades Completadas (PAC) – Causas de Incumplimiento	63
Tabla N° 16: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)	64
Tabla N° 17: Identificación de las Pérdidas más Frecuentes	65
Tabla N° 18: Identificación de las causas de pérdidas – IISS	66
Tabla N° 19: Identificación de las causas de pérdidas – IIEE	66
Tabla N° 20: Análisis de Restricciones	69
Tabla N° 21: Formato para Toma de Tiempo - Nivel de Actividad	70
Tabla N° 22: Toma de Tiempo - Nivel de Actividad del Grupo de Partidas de Instalaciones Sanitarias	71
Tabla N° 23: Toma de Tiempo - Nivel de Actividad del Grupo de Partidas de Instalaciones Electricas	72
Tabla N° 24: Promedio de Productividad	73
Tabla N° 25: Inversión Requerida para la Implementación de la Filosofía Lean Construction en la Empresa Constructora	79
Tabla N° 26: Comparativo de Rendimiento de la Mano de Obra	81
Tabla N° 27: Principales Perdidas en el Caso de Estudio	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Esquema conceptual de producción Lean como un flujo de procesos	21
Figura N° 02: Fuentes de Perdidas	30
Figura N° 03: Sistema del último planificador	45
Figura N° 04: Rutina de programación	51
Figura N° 05: Croquis del terreno de la Institución Educativa	56
Figura N° 06: Diseño Arquitectónico – Primera Planta.....	58
Figura N° 07: Diseño Arquitectónico –Segunda Planta	59
Figura N° 08: Diseño Arquitectónico – Distribución en planta	60
Figura N° 09: Diseño Arquitectónico – Elevaciones	61
Figura N° 10: Histograma de Relevancia de Fuentes de Perdidas	68
Figura N° 09: Diseño Arquitectónico – Elevaciones	61
Figura N° 10: Histograma de Relevancia de Fuentes de Perdidas	68
Figura N° 11: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo del Grupo de Partidas de Instalaciones Sanitarias	71
Figura N° 12: Productividad de la Mano de Obra en el Grupo de Partidas de Instalaciones Sanitarias	72
Figura N° 13: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo del Grupo de Partidas de Instalaciones Electricas	72
Figura N° 14: Productividad de la Mano de Obra en el Grupo de Partidas de Instalaciones Electricas	73
Figura N° 15: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo Consolidado	74
Figura N° 16: Prudctividad de la Mano de Obra Consolidado	74
Figura N° 17: Elementos de la Discusión de Resultados	75
Figura N° 18: Comparativo de Rendimiento de Mano de Obra.....	82

RESUMEN

En el Perú, el sector construcción es uno de los factores más importantes que impulsan el desarrollo, la ejecución de obras coadyuva a mejorar la calidad de vida de la población y contribuye al mismo tiempo con la sostenibilidad del medio ambiente. En ese sentido, el sector construcción ha generado una alta competitividad en cuanto a costo, tiempo y calidad, analizando los factores que contribuyan a mejorar los procesos y estrategias aplicables a este campo; sin embargo se han presentado constantes incumplimientos debido principalmente a sobrecostos y retrasos originados por una inadecuada gestión durante la fase de pre inversión, elaboración de expediente técnico y posterior ejecución.

Las causas de estos sobrecostos radican de los cambios en el alcance del proyecto, retrasos en la etapa de ejecución, estimación y ajustes errados de los costos e inexistencia de procesos de gestión.

Si bien es cierto en la actualidad muchos profesionales abocados al sector construcción conocen herramientas de gestión de proyectos, pero no lo aplican al considerarlo no prioritario, además de no ser conscientes de que no disponer de un buen proceso de gestión del trabajo significa perder dinero.

El presente proyecto de investigación, tiene como objetivo determinar la influencia de la aplicación de las herramientas de gestión de proyectos basados en el Lean Construction en el rendimiento de la mano de obra durante la etapa de ejecución de una edificación optimizando las actividades que agregan valor al proyecto constructivo y reduciendo o eliminando las que no lo hacen.

PALABRAS CLAVE

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

ABSTRACT

In Peru, the construction sector is one of the most important factors that drive development, the execution of works helps to improve the quality of life of the population and contributes at the same time to the sustainability of the environment. In this sense, the construction sector has generated high competitiveness in terms of cost, time and quality, analyzing the factors that contribute to improving the processes and strategies applicable to this field; however, there have been constant breaches due mainly to cost overruns and delays caused by inadequate management during the pre-investment phase, preparation of the technical file and subsequent execution.

The causes of these cost overruns lie in changes in the scope of the project, delays in the execution stage, erroneous estimates and adjustments of costs, and the inexistence of management processes.

Although it is true today, many professionals working in the construction sector know project management tools, but they do not apply them as they consider it not a priority, in addition to not being aware that not having a good work management process means losing money.

El presente proyecto de investigación, tiene como objetivo determinar la influencia de la aplicación de las herramientas de gestión de proyectos basados en el Lean Construction en el rendimiento de la mano de obra durante la etapa de ejecución de una edificación optimizando las actividades que agregan valor al proyecto constructivo y reduciendo o eliminando las que no lo hacen.

KEYWORDS

Performance, Project Management, Labor, Lossless Construction.

CAPITULO I: MARCO TEORICO

1.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

En ésta sección se citan trabajos de investigación que preceden al realizado, pero que además guarda mucha relación con los objetivos del estudio propuesto tanto en el ámbito internacional, nacional y local.

1.1.1. Ámbito Internacional

- Lauri Koskela (1992) 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.
- Flavio Picchi (1993) en su tesis doctoral nos muestra unas estimaciones de los desperdicios generados en proyectos de edificación en Sao Paulo, donde podemos ver que existe un 30% del costo total de la obra compuestos por los mismos, esto quiere decir que, si tuviéramos por ejemplo un proyecto de 3 torres de departamentos, la tercera de ellas la podríamos construir con los desperdicios de las otras dos.
- Cisneros (2011), con la tesis “Metodología para la reducción de pérdidas en la etapa de ejecución de un proyecto de construcción” para optar el grado de Maestro en Ingeniería de la Construcción de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El objetivo proponer una sistemática de procesos con la finalidad de controlar y reducir los desperdicios en la etapa de ejecución de proyecto, basado en Lean Construction, con los criterios del investigador y la recopilación de la investigación de campo, para así establecer técnicas de realizables para su aplicación de la dirección técnica encargadas de la ejecución de los proyectos en construcción.

La población está conformado por 30 constructoras. La investigación es cuantitativa, no experimental, propositiva y descriptiva, se utilizó como instrumento las encuestas mediante cuestionario.

En conclusión como resultado las encuestas un 50% de las constructoras tienen entre un 5% y un 10% de pérdidas considerables, una de las razones, las constructoras no cuentan con un sistemas de producción establecido, la elaboración de un sistema que disminuya las pérdidas proporcionará un método de administración fundamentado en las teorías y herramientas de Lean Construction, que se aplicara en la etapa de construcción reduciendo de esta manera la incertidumbre de los procesos y los perdidas generando el incremento de la productividad de la obra.

- Martínez (2011), con la tesis “Propuesta de metodología para la implementación de la Filosofía Lean en proyectos de construcción” para obtener el grado Maestro en Administración de la Universidad Nacional de Colombia. El objetivo es plantear una sistema de gestión que permita la aplicación de la filosofía Lean a los proyectos de construcción, aprendiendo de las falencias del método de construcción convencional. La población está conformada por dos obras en construcción, a los cuales se realizó el estudio y efectuó el análisis inicial y se encontró que existían las mismas perdidas y efectos en la productividad.

La investigación es cuantitativa, no experimental, descriptiva y estudio de casos, el instrumento aplicado es mediante la observación in-situ sobre las actividades de la obra y los diálogos con el área técnica.

En conclusión la investigación evidencia que la adecuación de la Lean Construction en los proyectos demuestran efectos beneficiosos tanto para el sistema de administración, planificación y ejecución de los procesos del proyecto. Los recursos manejados

en la etapa de construcción del proyecto, deben considerarse en la planificación de manera obligatoria, porque la ausencia de estos recursos genera un 60% de los trabajos no contributivos y se incrementa los trabajos contributivos, obteniendo como consecuencia un resultado perjudicial a la productividad de la obra.

- Pinto (2010), con la tesis “Evaluación y mejoramiento de los sistemas de producción en proyectos de construcción” para optar el grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile. El objetivo es formular un procedimiento que permita la evaluación de las técnicas de producción, que permita identificar la situación actual y comparar con los principios Lean Construction identificando las líneas de mejoramiento, así mismo implantar una sistema de mejora de los procesos y validarla con su aplicación a un caso real. La población fue dos casos de estudio de empresa constructora, la primera con la utilización del método del Last Planner y la segunda donde se emplearon las técnicas de Lean Construction para mejorar los procesos. La investigación es del tipo exploratorio, descriptiva y explicativa, se utilizaron como instrumento la entrevista y la observación de los trabajo de campo. En conclusión se establece que actualmente los proyectos de construcción siguen ejecutando bajo el sistema convencional de producción, la elaboración del diseño de un sistema de producción, contribuye a la reducción de la variabilidad en obra, durante la etapa de construcción.

- Costa de los Reyes (2016), con la tesis “Estudio para determinar la factibilidad de introducción de la filosofía Lean Construction en la etapa de planificación y diseño de proyectos, en empresas públicas y privadas de ciudades intermedias, casos: Cuenca y Loja” para optar el grado de Magister en Ciencias construcciones de la Universidad de Cuenca, Ecuador. Luego de realizadas las encuestas, analizados los casos de estudio, revisada la bibliografía y planteadas las estrategias, se corrobora la hipótesis planteada al

inicio de la investigación al considerar que es totalmente factible la introducción de la filosofía “Lean Construction” en la etapa de diseño y planificación de proyectos, en empresas públicas y privadas de Cuenca y Loja, para mejorar la productividad de los proyectos de construcción.

- 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.

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.

- Sánchez, Cruz y Benavides (2014), con la tesis “Implementación del sistema Lean Construction para la mejora de productividad en la ejecución de los trabajos de estructuras en obras de edificación de viviendas” para obtener el grado de Maestro en Gerencia de la Construcción de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. La investigación tiene como objetivo principal es implementar las herramientas de gestión de productividad en base a las técnicas de Lean Construction, para optimizar los procesos de los trabajos estructurales para edificación de viviendas. La investigación es cuantitativa, descriptiva y estudio de caso; se utilizaron como instrumento la observación mediante fichas de campo, toma de datos y mediciones para el diagnóstico interno actual de la empresa.

En conclusión para el análisis de la obra, se utilizó la herramientas de lean Construction como el nivel general de actividad realizar el muestreo de los trabajos como productivo (TP), contributorio (TC) y no contributorio (TNC), se consiguió los siguientes resultados del estudio TP 35%, TC 41% y TNC 24%. La planificación de la construcción estaba establecido mediante el cronograma de obra y la programación semanal de las actividades eran definido por el conocimiento del equipo técnico. Se comprueba que con el uso y práctica de las herramientas de planificación y control de la lean construction en la obra, se incrementó el trabajo productivo a 44%, por lo tanto si gestionamos los trabajos contributorios y se reduce algunos trabajos no contributorios, nos permite llegar a niveles superiores de productividad, es necesario la utilización responsable de las herramientas planteadas en esta investigación, durante la etapa de ejecución del proyecto así como el desarrollo y optimización de los procesos constructivos.

- Castro y Ruiz (2014), con la tesis “Optimización del desempeño del proyecto de edificación nuevo centro de salud a desarrollarse en el distrito de Luya - Luya - Amazonas, aplicando la metodología Lean Construction” para obtener el grado de Maestro en Gerencia de la Construcción de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. El objetivo es plantear una alternativa para optimizar los procesos e índice de productividad de la construcción del proyecto Nuevo Centro de Salud Luya – Lamud - Amazonas, utilizando las herramientas de Lean Construction, para la disminución de las pérdidas en obra. La investigación es cuantitativa, no experimental y descriptiva, se utilizaron como instrumento la observación mediante registros específicos para el estudio del avance físico y de la productividad de la obra.

Conclusión con la adecuación de un sistema de gestión de producción se logró obtener un porcentaje del 72% de las actividades completadas en la semana y se logró un avance físico significativo al proyectado de las actividades como el encofrado, acero y concreto. Utilizando el sistema del Último planificador en la obra, se consiguió medir el nivel de productividad, alcanzando una mayor utilidad correspondiente al 3% del costo directo.

- Quispe Mitma (2017), en su tesis “Aplicación de Lean Construction para mejorar la productividad en la ejecución de obras de edificación, Huancavelica, 2017” para obtener el grado de Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción de la Universidad cesar Vallejo - Perú. Concluye que:

Primero. Se comprueba la hipótesis específica número 1, la aplicación del nivel general de actividad de obra, influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017, obtenido del grupo experimental con un p-valor calculado inferior ($0.044 < \alpha=0.05$) al valor del nivel de significancia 0.05 y $t = -2.301$.

Segundo. Se comprueba la hipótesis específica número 2, la aplicación del nivel de carta de balance de cuadrilla, influye significativamente en la productividad durante la ejecución de obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017, obtenido del grupo experimental con un p-valor calculado inferior ($0.010 < \alpha=0.05$) al valor del nivel de significancia 0.05 y $t = -3.162$.

Tercero. Se comprueba la hipótesis específica número 3, La aplicación de la prueba de cinco minutos, influye significativamente en la productividad durante la ejecución de

obras de edificación en la zona de Huancavelica en el período 2017, obtenido del grupo experimental con un p-valor calculado inferior ($0.017 < \alpha=0.05$) al valor del nivel de significancia 0.05 y $t = -2.875$.

- Arévalo Vidal (2018), en la tesis “Implementación de la metodología Lean Construction en la productividad de la construcción del proyecto casa Club Recrea las Magnolias-Breña” para obtener el grado de Maestro en Maestro en Gerencia de Proyectos de Ingeniería de la Universidad Nacional Federico Villareal - Perú. Concluye que Lean Construction está adquiriendo mayor reconocimiento a nivel mundial. Una de las organizaciones pioneras que hasta la actualidad es referencia a nivel internacional es el Lean Construction Institute (LCI). En los últimos años en los EEUU esta nueva filosofía ha crecido enormemente ya que existe una conexión entre Empresarios y profesionales relacionados a la construcción, también se incluye al usuario o cliente a su vez la administración pública. Por tales resultados el resto de américa poco a poco está acogiendo esta nueva manera de mejorar la productividad de las obras de construcción civil, ya que, en el Perú, así como el resto de países vecinos no cuentan con muchos estudios de mejora de productividad en la construcción con respecto a otras industrias.

1.1.3. Ámbito Local

En el ámbito local se considera vincular la siguiente investigación:

- Julca y Delgado (2020). En su Tesis Titulada: “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. Concluyen lo siguiente:

La aplicación de herramientas de gestión de proyectos basadas en la Filosofía Lean Construction (Last Planner System y Lookahead) permite mejorar el rendimiento de la mano de obra (productividad) en un proyecto de edificación.

Se ha demostrado la factibilidad técnica y económica para la implantación o implementación de nuevos procedimientos para mejorar el rendimiento de la mano de obra (productividad) mediante un sistema flexible y de fácil entendimiento basada en la Filosofía Lean Construction.

La mejora de la productividad aplicando adecuados procesos de planeación, organización, ejecución y control de los recursos utilizados permite optimizar el performance de la obra permitiendo el cumplimiento de los plazos y costos.

1.2. BASES TEÓRICAS

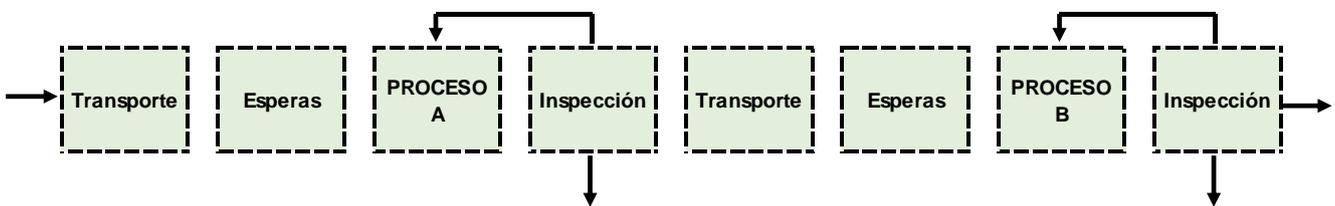
1.2.1. Lean Construction o construcción sin pérdidas

Ballard y Howell (1998) consideran que el pensamiento Lean, es una nueva forma de administrar la construcción y aplica las técnicas de manufactura a la construcción, tratando de lograr mayor estandarización a los proyectos, considerando la dinámica existente de la construcción. Howell (1998) explica que la administración de la construcción bajo el pensamiento Lean, es diferente de la práctica habitual ya que:

- Se tienen claros los objetivos de los procesos.
- Contribuye a maximizar el desempeño del cliente en el proyecto.
- Se diseña el producto y el proceso.
- Aplicar el control de la producción durante todo el ciclo del proyecto.

Koskela (1992) explica el nuevo concepto de la producción mediante el flujo de materiales y/o información desde las materias primas hasta el producto final. En este flujo, el material es procesado o transformado, inspeccionado, permanece en espera o en movimiento. Estas actividades son inherentemente diferentes. El procesamiento representa el aspecto de transformación de la producción, en cambio, la inspección, el movimiento, y la espera representan el aspecto de flujo de la producción.

Figura N° 1: Esquema conceptual de producción Lean como un flujo de procesos



Fuente: Koskela (1992).

La nueva conceptualización implica una visión dual de producción, que consiste en transformaciones y flujos. La eficiencia de la producción es atribuible a la eficiencia de las actividades de transformación y a la eficiencia de los flujos de actividades (a los que pertenecen las actividades de transformación). Todas las actividades implican costos y consumen tiempo, pero es importante distinguir aquellas actividades que agregan valor y las que no lo hacen.

Koskela (1992) explica que la filosofía Lean Construction logra captar las peculiaridades de los sistemas productivos en la industria de la construcción, proponiendo diferentes herramientas para enfrentar acertadamente el dinamismo, la variabilidad, y la temporalidad de los proyectos.

Tabla N° 01: Filosofía tradicional versus el nuevo concepto de construcción

	Concepto tradicional de producción	Nuevo concepto de la producción
Objetivo	Afecta a los productos y servicios.	Afecta a todas las actividades de la empresa.
Alcance	Actividades de control.	Gestión, asesoramiento, control.
Modo de aplicación	Impuesto por la dirección.	Por convencimiento y participación.
Metodología	Detectar y corregir.	Provenir.
Responsabilidad	Del departamento de calidad.	Compromiso de todos los miembros de la empresa.
Clientes	Ajenos a la empresa.	Internos y externos
Conceptualización de la producción	La producción está compuesta por una serie de actividades de conversión que todas añaden valor al producto.	La producción está compuesta por actividades que no agregan valor de los flujos
Control de producción	Dirigido al costo de las actividades.	Dirigido al tiempo, costo y valor de los flujos
Mejoramiento	Incremento de la eficiencia de las conversiones a través de la utilización de nueva tecnología.	Eliminación de las actividades que no agregan valor (perdidas), incrementando la eficiencia de las actividades que lo generan, a través del mejoramiento continuo y la implementación de la nueva tecnología.

Fuente: Koskela (1992).

En el Perú desde ya hace algunos años y en los últimos con mayor intensidad y formalidad se viene desarrollando prácticas referidas a la aplicación del Lean Construction en diversos tipos de proyectos de construcción (carreteras, edificaciones, obra de saneamiento, infraestructura minera, etc.), siendo el principal objetivo de la filosofía Lean la eliminación de las actividades que no generan valor dentro del proceso de construcción. Se basa en principios como Just in time (justo a tiempo) y el control total de la calidad basado en la mejora continua de los procesos, y además implementa herramientas de planificación como lo es el sistema Last Planner (sistema del último planificador) que modifica el sistema tradicional de planificar y controlar las obras.

Koskela (1992) considera que dentro de la producción Lean, las actividades que no agregan valor son expresamente identificadas. Es posible iniciar la reducción significativa de los costos de las actividades que no agregan valor, a través de la medición y la aplicación de los principios para el mejoramiento del control de flujo propuesto. Las actividades que agregan valor son mejoradas a través del mejoramiento continuo interno y un mejor uso del equipamiento existente. Solo después que este mejoramiento se podría considerar las inversiones en nuevas tecnologías.

Podríamos decir entonces que el Lean Construction ayuda a:

- Mejora la productividad.
- Disminución de costes durante la ejecución.
- Aumento de la calidad del producto.
- Reducción de los plazos de entrega.
- Satisfacer las necesidades del cliente.
- Colaboración entre todos los agentes implicados en la construcción: promotores, arquitectos, ingenieros, industriales, control de salud y seguridad, operarios.
- Control de calidad del producto.

1.2.2. Principios de Lean Construction

Koskela (1992) explica que la filosofía Lean Construction, propone una base de estudio de nueve principios claves para el correcto control y la administración de la producción los cuales son:

- Reducir las actividades que no agregan valor (Koskela, 1994).
- Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente.
- Reducir la variabilidad.
- Reducir el tiempo del ciclo.
- Simplificar mediante minimización de pasos y partes.
- Incrementar la transparencia en los procesos.

- Enfocar el control al proceso completo.
- Introducir el mejoramiento continuo de los procesos.
- Referenciar permanentemente los procesos (Benchmarking)

Tabla N° 02: Diferencias entre Lean Construction y gerencia de proyectos

Herramientas	Lean Construction	Formas actualizadas de gerencia de proyectos
Control	Hacen que las cosas pasen.	Es visto como los de un resultados de un monitoreo.
Rendimiento	Máxima el valor, minimizando pérdidas. Se enfoca al proyecto general.	Optimización cada actividad de forma independiente produciendo reducciones en el rendimiento total.
Entrega	Utiliza conceptos de diseño simultáneo: Coordinación entre ingeniería y construcción.	No proviene iteraciones que producen perdidas, aun con el empleo de la constructabilidad.
Valor	Para el cliente es definido, creado y entregado a lo largo de la vida del proyecto.	El dueño define completamente los requerimiento al inicio y a la entrega final, a pesar de los cambios en las nuevas tecnologías, economía y mercado que pueden 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.

1.2.3. Objetivos de la filosofía “Lean Construction”

El diseño y la planificación de los proyectos bajo la filosofía Lean difiere con la práctica que comúnmente se realiza debido a que tiene un conjunto de objetivos claros que maximizan el valor de los productos y minimizan las pérdidas, es decir, que promueven la mejora continua, acabando con la incertidumbre de los procesos. La diferencia con la gestión o planificación tradicional de proyectos es que ella estructura las fases y busca relaciones entre ellas y los participantes en la planificación de las obras de construcción (Ballard, 2007). Especificando estos son:

- Mejorar la calidad

- Eliminar pérdidas
- Reducir tiempos de espera
- Reducir costes totales de un proyecto.

La diferencia con los objetivos de la gestión de proyectos tradicional es que la filosofía Lean, se enfoca más en el comportamiento, el cambio y la mejora y los objetivos de los proyectos normales se orientan más en métodos y resultados.

1.2.4. Planeamiento o diseño.

El Planeamiento es el análisis a través del cual se determinan de manera integral las estrategias de gestión y ejecución del proyecto, teniendo como base la información del proyecto (transferencia) más el talento, así como la experiencia, el conocimiento, criterios, etc. Además, incluye sistemas de producción, así como el análisis de los aspectos organizativos. Cuyos resultados (Outputs) son:

- El cronograma general.
- Cronograma de recursos.
- Flujo de caja.
- Análisis de variabilidad.
- Etc.

Tabla N° 03: Planeamiento

Diseño del Sistema de Producción	Aspectos Organizativos y Estrategias
<ul style="list-style-type: none"> - Etapas y frentes del proyecto - Secuencia de ejecución - Duración de las Etapas - Recursos necesarios - Actividades críticas - Etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Factores clave de éxito - Estructuras de control - Organización y facilidades - Gestión contractual - Recursos humanos - Temas administrativos - Temas financieros - Logística - Responsabilidad social - Etc.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Se debe considerar que el proceso de planeamiento es permanente desde el inicio hasta el final de la obra. Por ello se clasifican en dos partes:

- Planeamiento inicial.
- Actualización del planeamiento.

Tabla N° 4: Planeamiento Inicial Vs Actualizado

Planeamiento Inicial	Actualización del Planeamiento
<ul style="list-style-type: none"> - O simplemente "Planeamiento" - Corresponde al diseño de las estrategias de gestión del proyecto descrito en el documento. - Finaliza con la reunión de compromisos, donde es revisado y validado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Corresponde a la evaluación de los recursos reales de la ejecución del proyecto respecto de lo previsto en el planeamiento inicial. - Permite la toma de decisiones para la mejora y adaptación del plan a las condiciones y requerimientos cambiantes a lo largo del proyecto.

Fuente: Fuente Graña y Montero Procedimientos de Gestión de Proyectos (2008)

1.2.5. Productividad en la construcción

Serpell (2002) explica que la productividad es una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado.

Es decir, la productividad comprende tanto la eficiencia como la efectividad, ya que de nada sirve producir muchos metros cuadrados de muros de albañilería si estos presentan serios problemas de calidad.

Brioso (2015) considera que 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 (hh, tiempo, horas máquina, bls, unds, S/., U\$, etc.), para obtener un resultado, el cual se desarrolla en un plazo determinado y con estándares de calidad dados.

Para esta investigación se adoptará el modelo de productividad orientado a actividades que presenta una relación entre el costo y el objeto obtenido.

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

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 gastados 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.

Botero (2006), explica que las características presentes en la industria de la construcción son las siguientes:

- Curva de aprendizaje limitada, relacionada con la alta rotación del personal.
- Influencia de las condiciones climáticas.
- Trabajo permanente bajo presión.

- Fragmentación del proyecto e incentivos negativos.
- Poca capacitación, debido a la alta rotación y predominio del empirismo.
- Relaciones opuestas entre quienes intervienen.
- Deficiente planificación o ausencia de la misma.
- Actividad basada en la experiencia.
- Falta investigación y desarrollo, tendientes a mejorar los procesos constructivos y la administración de los mismos.
- Actitud mental del sector, que considera eficiente los métodos actuales.

1.2.6. 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).

1.2.7. Factores que afectan la productividad

Botero (2006) expone que muchos son los agentes que afectan la productividad en la obra construcción. En una obra, lo más relevante será determinar cuáles son los agentes más negativos para poder tomar medidas respecto a ellos y así poder disminuir su impacto. De igual forma, será importante identificar los factores que impactan de forma positiva a fin de incrementar su efecto.

1.3. DEFINICIONES DE TERMINOS BÁSICOS

En presente sección se abordará los principales conceptos que usaremos en la aplicación de la metodología del trabajo de investigación.

1.3.1. Partida Crítica

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

1.3.2. 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).

1.3.3. 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 N° 5: Tipos de pérdidas

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.
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

ITEM	TIPOS DE PÉRDIDA	DEFINICIÓN	EJEMPLO
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 continua, aunque los elementos necesarios no estén disponibles.

Fuente: Elaboración propia, 2022, con información obtenida de Lean Construction y web www.bomconsulting.com

1.3.4. 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 N° 2: Fuentes de Pérdidas



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

1.3.5. Trabajo Productivo (TP)

Corresponde a las actividades que aportan en forma directa a la producción de alguna unidad de construcción. Es decir, genera avance. Así como por ejemplo:

- Concreto: Vaciado, vibrado, reglado y dar acabado a la superficie en ciertos casos.
- Acero: Colocación de las varillas de acero, atortolado de los refuerzos y mallas, habilitación de elementos estructurales (transporte).
- Encofrado: Colocación de los paneles de madera o metálicos, puntales, etc.

1.3.6. 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.

1.3.7. Trabajo No Contributorio o No Productivo (TNC)

Se define como trabajos que no generan avance y tampoco es necesario. Son actividades innecesarias que tienen un costo y caen directamente en la categoría de pérdida. Como tales trabajos podemos considerar los siguientes los viajes sin llevar nada en la mano, las esperas del personal, descansos, rehacer un trabajo, etc.

1.3.8. Desperdicios

Consideramos como desperdicio a todo aquello que no genera valor al producto. Tales como:

- Sobre-producción: Producir más de lo que demanda el cliente porque ello genera el inventario.
- Esperas: Como ya se mencionó que estas actividades no agregan valor y son los cuellos de botella, etc.

- Transporte: Trasladar material más de lo necesario implica que mover las cosas en lugares temporales, etc.
- Inventarios: Más trabajo de lo necesario a un producto no es un proceso óptimo ya que el cliente no está dispuesto a pagar. Es difícil identificarlo y eliminarlo.
- Movimientos: Cualquier movimiento que no es necesario para completar cualquier actividad o trabajo ya sean personas o máquinas.
- Defectos (Trabajos rehechos): Estos trabajos mal ejecutados o elaborados generan consumo de materiales además del tiempo, atender las quejas del cliente, etc.

Según Flavio Picchi (1993), cuya tesis doctoral nos muestra unas estimaciones de desperdicios generados en proyectos de edificación en Sao Paulo. Donde se concluye que, por un proyecto de 3 torres de departamentos, la tercera podríamos construir con los desperdicios de las otras dos. En la Figura 14 podemos observar que, de 8 causas identificadas de desperdicio en obra, la de mayor incidencia es la de los Proyectos no Optimizados.

Tabla N° 6: Estimación de desperdicios en obras de edificación

% del costo total de la obra		
ITEM	DESCRIPCIÓN	%
Restos de material	Restos de mortero	5.00%
	Restos de ladrillo	
	Restos de madera	
	Limpieza	
	Reiterada de material	
Espesores adicionales de mortero	Tarrajeo de techos	5.00%
	Tarrajeo de paredes	
	Contrapiso	
Dosificación no optimizada	Concreto	2.00%
	Mortero de tarrajeo de techo	
	Mortero de tarrajeo de pared	
	Mortero de contrapiso	
Espesores adicionales de mortero	Repintado	2.00%
	Retosques	
	Corrección de otros	
Proyectos no optimizados	Arquitectura	6.00%
	Estructuras	
	Instalaciones sanitarias	
	Instalaciones eléctricas	
Pérdidas de productividad	Paradas y operaciones adicionales por falta de calidad de los materiales	3.50%
Costos debido a retrasos	Pérdidas financieras por atrasos de las obras y costos adicionales	1.50%
Costos en obras entregables	Reparo de patologías ocurridas después de la ejecución	5.00%
Total		30.00%

Fuente: Aplicaciones del Lean design a proyectos inmobiliarios de vivienda, Orihuela, P.

CAPITULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La planificación es uno de los procesos con mayor impacto en la productividad de las obras de construcción (Alarcón, 2003), por tal motivo, existe la necesidad de mejorar la gestión, performance y control de los proyectos, promoviendo la aplicación de nuevos procedimientos dentro de la planificación y diseño de los mismos que contribuyan a fortalecer el sector construcción.

Todo esto exige nuevos retos y un cambio en el planteamiento de los procesos de diseño y planificación de los proyectos. El objetivo ya no es sólo buscar lograr ajustes en plazo y costos, ahora existen nuevos retos y requisitos de calidad que demandan los proyectos, por ello introducir métodos de diseño y planificación para lograr la consecución de un diseño y construcción sin pérdidas es imprescindible.

El destrabe de grandes proyectos, tanto públicos como privados, es una gran oportunidad para que el Perú crezca y cierre brechas. Basta con mirar el Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad –desarrollado en el 2019– para ver que existe una gran cartera por ejecutar (S/97,708 millones); lo que equivale al 12.7% del PBI. En términos económicos, la continuidad del plan inyectaría una gran cantidad de dinero en la economía y el impacto en la cadena de pagos sería favorable. Con relación a la variación del costo en los proyectos, los cinco factores más influyentes son la falta materiales necesarios a tiempo, la falta de comunicación entre las partes involucradas, las fluctuaciones de la moneda, las prácticas fraudulentas y el tipo de proyecto.

El Lean Construction nace aproximadamente hace 20 años académicamente y su implementación más intensa desde el 2007, así por ejemplo en países como Estados Unidos han demostrado que muchas empresas hayan logrado a través de su aplicación altos niveles de rendimiento, reducción de costos, incremento de los índices de

productividad, mayor calidad, cumplimiento de plazos de entrega, mayor satisfacción del usuario. En cambio, en el Perú esta tendencia de uso de herramientas de gestión de proyectos por parte de las empresas y profesionales abocados al sector construcción ha sido escasos o casi nulos hasta ahora.

La filosofía Lean Construction nos ofrece herramientas que implican adoptar un nuevo enfoque en la gestión integral de un proyecto. Ello debido que en un proyecto participan desde el gerente hasta los trabajadores de obra. Podemos lograr con Lean Construction que nuestro modelo tradicional jerarquizado pase de ser un mando y orden a un sistema colaborativo y de autoridad distribuida.

Las entidades y las empresas dedicadas al rubro de la construcción, requieren mejorar sus procesos de diseño y planificación de proyectos con el fin de plantear su competitividad a través de cumplir con el tiempo, costo y calidad que demandan los proyectos, estos aspectos deben entenderse como una inversión de las entidades o empresas, en un entorno cada vez más exigente.

La presente investigación, tiene el objetivo de mejorar el rendimiento de la mano de obra en una edificación seccionando para el análisis las partidas de instalaciones eléctricas y sanitarias para elevar los índices productividad durante la ejecución, corrigiendo errores y minimizando desperdicios.

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1. Problema General

PG.- ¿Es posible mejorar el rendimiento de la mano de obra en edificaciones mediante la aplicación del Lean Construction?

2.2.2. Problemas Específicos

- PE1.- ¿Es posible aplicar Lean Construction para mejorar el rendimiento de la mano de obra en edificaciones?.

- PE2.- ¿Es posible optimizar plazos y costos en una obra de edificación mejorando el rendimiento de la mano de obra mediante adecuados procesos de control de los recursos utilizados?.

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo General

OG.- Mejorar el rendimiento de la mano de obra en edificaciones mediante la aplicación del Lean Construction.

2.3.2. Objetivos Específicos

- OE1.- Demostrar la aplicabilidad del Lean Construction para mejorar el rendimiento de la mano de obra en edificaciones.
- OE2.- Optimizar plazos y costos en una obra de edificación mejorando el rendimiento mediante adecuados procesos de control de los recursos utilizados.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. Hipótesis General

HG.- Es posible mejorar el rendimiento de la mano de obra en edificaciones mediante la aplicación del Lean Construction.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- HE1.- Es posible aplicar Lean Construction para mejorar el rendimiento de la mano de obra en edificaciones.
- HE2.- Es posible optimizar plazos y costos en una obra de edificación mejorando el rendimiento mediante adecuados procesos de control de los recursos utilizados.

2.5. VARIABLES

Valderrama (2015), sostiene que: “Son características observables que posee cada persona, objeto o institución, y que al ser medida, varían cuantitativamente y cualitativamente una en relación a otra” (p. 157).

Para el estudio de la investigación se utilizaron las variables dependiente e independiente; donde la variable dependiente en el caso son los recursos utilizados durante la ejecución de un proyecto y la variable independiente es una variable cuantitativa debido a que es posible realizar mediciones y representarlo con números. También es del tipo ordinal porque establece un orden en la aplicación de las herramientas Lean Construction para mejorar los procesos del caso de estudio.

2.5.1. Identificación de Variables

- Variable dependiente: Rendimiento de la mano de obra.
- Variable independiente: Lean Construction.

2.5.2. Definición Conceptual y Operacional de las Variables

Son definiciones de diccionario o de libros especializados y cuando describen la esencia o las características reales de un objeto o fenómeno se les denomina "definiciones reales". En ese sentido, la definición conceptual o nominal básicamente constituye una abstracción articulada en palabras para facilitar su comprensión y su adecuación a los requerimientos prácticos de la investigación.

Definición operacional de la variable: está constituida por una serie de procedimientos o indicaciones para realizar la medición de una variable definida conceptualmente. En esta se intenta obtener la mayor información posible de la variable seleccionada, a modo de captar su sentido y adecuación al contexto.

Tabla N° 7: Definición Conceptual y Operacional de las Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL
Variable Dependiente: Rendimiento de la mano de obra	Rendimiento de la mano de obra: Cantidad de trabajo (por m3, m, etc.) que se obtiene de los recursos mano de obra (por cuadrilla) y equipo (por jornada).	Cantidad de Personal que interviene en el rendimiento y productividad.
Variable Independiente: Lean Construction	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.

Valderrama (2015) definió que: “La Operacionalización es el proceso mediante el cual se transforma las variables de conceptos abstractos a unidades de medición”.

Tabla N° 8: Operacionalización de variables

Denominación	Definición	Dimensión	Indicador	Escala de Medición
Variable Dependiente: Productividad de una obra de edificación	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: Herramientas de gestión de proyectos	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	Herramientas de gestión de proyectos

Fuente: Elaboración propia, 2022.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

Tamayo (1990), indico en los términos siguientes: La metodología constituye la medula espinal del proyecto; se refiere a la descripción de las unidades de análisis o de investigación, las técnicas de observaciones y recolección de datos, los instrumentos de medición, los procedimientos y las técnicas de análisis.

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de Investigación

Hernández (2010), quien refiere que la investigación se puede clasificar de diversas maneras pudiendo ser experimental o no experimental. Así mismo expone que una investigación experimental, son estudios que se realizan con la manipulación de una o varias variables independientes, ejerciendo el máximo control. Su metodología es generalmente cuantitativa.

Para la presente investigación de estudio es del tipo experimental ya que los tesisas han manipulado la variable independiente, por lo que se tiene el mayor control y evidencia de la causa y efecto; de corte transversal porque se realizó la recolección de datos en un tiempo determinado con el intención de estudiar las variables y analizar su incidencia en los procesos; del tipo explicativo porque sirve para analizar y explicar el comportamiento de una variable en función de otra, estableciendo relaciones de causa y efecto así como la comprobación de hipótesis causales.

3.1.2. Diseño de Investigación

Hernández, et. al (2006), indicó que los diseños cuasi experimentales también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes, sólo que difiere de los experimentos "puros" en el grado de seguridad o confiabilidad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupo.

En los diseños cuasi experimentales los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, si no que dichos grupos están formados antes del experimento.

El diseño de la investigación es del tipo cuasi experimental. En la investigación se ha tomado un grupo experimental (mano de obra) y un grupo control (partidas de instalaciones electricas y sanitarias), donde se ha considera un pre test y un post test para ambos grupos, solo al grupo experimental se aplica la variable independiente.

Según Oseda (2011, p. 216), el diseño es como sigue:

Esquema:

GE: O1	X	O2
GC: O1		O2

Dónde:

GE: Grupo experimental

GC: Grupo control

O1: Medición del pre test

O2: Medición del post test

X: Manipulación o desarrollo de la variable independiente.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

Hernández (2006), definió que: “La población o universo es el conjunto de los casos que concuerdan con determinadas especificaciones”.

Para la presente investigación la población, está conformado por las partidas de una edificación en etapa de ejecución.

3.2.2. Muestra

Hernandez, Fernandez, y Baptista (2006), definen que: La muestra es en esencia, un sub grupo de la población en el que todos los elementos de ésta, tienen la misma posibilidad de ser elegidos.

En las muestras no probabilístico, el procedimiento no es mecánico, ni con base en formas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de una personas o de un grupo de personas y, desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios de investigación. En la muestras no probabilístico, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o de quien hace la muestra.

En la presente investigación se ha considerado el muestreo de tipo no probabilístico, intencional o dirigido, por lo tanto la muestra es la misma población conformado por dos grupos intactos los cuales ya están definidos, conformado por:

- Grupo Experimental: Mano de Obra.
- Grupo de Control: Partidas de instalaciones eléctricas y sanitarias.

3.3. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Hernández (2010), expone que “De acuerdo con nuestro problema de estudio e hipótesis [...], la siguiente etapa consiste en recolectar los datos pertinentes sobre las atribuciones, conceptos o variables de las unidades de análisis o casos”.

3.3.1. Técnicas de Recolección de Datos

En la presente investigación se basara en el enfoque cuantitativo y se utilizará las siguientes técnicas de recolección de datos:

A. Observación Participante.- La observación se realizó de manera participante y selectiva, centrándose en las partidas seleccionadas lo cual permitió medir y evaluar el porcentaje de tiempo que el personal obrero (Mano de obra calificada y no calificada) dedicó a la ejecución de las partidas de instalaciones eléctricas y sanitarias.

B. Análisis de Documentos:

Se realizó la revisión bibliográfica de las Teorías de Gestión de Proyectos basadas en el Lean Construction para el control del rendimiento de la mano de obra para mejorar la productividad de la obra unidad de análisis.

Se revisó también libros, tesis, revistas, artículos técnicos, etc. Así mismo se evaluaron los controles en campo realizados y documentación técnica y financiera de la obra (presupuesto, metrados, análisis de precios unitarios, programación de obra, 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 N° 9: 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 seguido para el procesamiento, análisis e interpretación de datos para la presente investigación.

Tabla N° 10: 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.

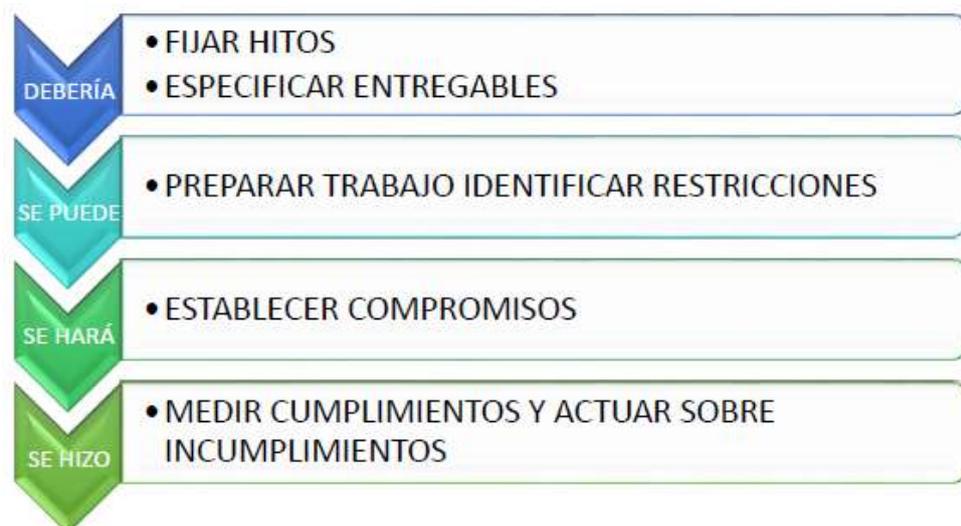
3.5. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA

3.5.1. Last Planner System

Este sistema del último planificador está inspirado en la filosofía de “Lean Production” o simplemente Producción sin pérdidas. Cuyos principios básicos fueron difundidos en el sector industrial con la publicación del libro “Lean Thinking”. Así mismo se fue adaptando al rubro de la construcción, denominándose “Lean Construction”. Koskela en el año 2000 propuso tres objetivos fundamentales como son: reducción de costos, ahorro de tiempo e incremento de valor para el cliente. De esta manera el enfoque “Lean Construction” intenta gestionar y mejorar los procesos constructivos con el mínimo costo y el máximo valor, además sin dejar de lado las necesidades del cliente, de esta manera se busca minimizar las pérdidas de recurso, esfuerzo y tiempo.

La planificación consiste en determinar lo que “debería” hacerse para completar un proyecto y decidir lo que “se hará” en plazo determinado, considerando que debido a ciertas restricciones no todo “puede” hacerse. Esto lleva a que el flujo de los procesos se interrumpa produciéndose retrasos de manera reiterada.

Figura N° 3: Sistema del último planificador



Fuente: La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador, Luis Fernando Alarcón Cárdenas.

3.5.2. Programa Maestro

El programa maestro incorpora la planificación de todas y cada una de las actividades del proyecto, en donde se fijan hitos para que de esta manera se puedan cumplir los plazos establecidos ya sean parciales o totales. Existen factores internos y externos que afectan la programación: permisos, trámites, pagos, etc.

En algunas empresas se usa el diagrama de Gantt el cual describe un cronograma detallado de las actividades que formaran parte desde el inicio hasta el fin del proyecto. Cuesta tener control de la obra control de la obra si usamos estos diagramas (Gantt), ya que todo proyecto de construcción se caracteriza por la variabilidad. Por ello se requiere que el programa maestro tenga menos detalles y comenzar con fechas tentativas de tal manera que pueda cumplirse lo establecido y a su vez darle un seguimiento menos tedioso así mismo del cumplimiento de lo previsto a lo largo del proyecto.

3.5.3. Planificación Lookahead

Es el programa de mediano plazo (cuyo horizonte es de 4 a 6 semanas por lo general), en ella se genera información para la realización de una planificación a corto plazo y ayuda al control de la asignación de trabajo, además las tareas provienen del cronograma general con un mayor nivel de detalle. Las funciones que se deben de cumplir según PhD. Glenn Ballard:

- Moldear la secuencia de flujo de trabajo.
- Emparejar el flujo de trabajo con la capacidad.
- Descomponer la planificación maestra en paquetes de actividades de trabajo y operaciones.
- Mantener un inventario de trabajo listo para realizarse.
- Actualizar y revisar los cronogramas de mayor jerarquía según sea necesario.

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

A. Definición del intervalo de tiempo

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

Para preparar la Planificación Lookahead se definirán las actividades en la planificación maestra y estas actividades se incluyen en un plan de trabajo semanal. Esto 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.

Consiste en generar un listado de recursos en general necesarios para que la asignación quede lista para que se realice. También considerar las fechas límite en el cual se tiene que levantar las restricciones.

En la Tabla N° 11 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 N° 11: Análisis de Restricciones

ACTIVIDAD	DISEÑO	MATERIALES	MANO DE OBRA	EQUIPOS	PRE-REQUISITOS
A	No	Si	Si	Si	Si
B	Si	No	Si	NO	Si
C	Si	Si	No	Si	Si
D	Si	No	No	Si	No
E	No	Si	Si	Si	No
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. Porcentaje de Planificación Completa.- El control dentro de la teoría del Lean Construction se ha definido como la acción de “asegurarse que las cosas sucedan”, lo que implica ejecutar las acciones descritas en las herramientas Last Planner y Look Ahead Planning.

El PPC (plan de planificación completa nos ayuda a controlar la producción, la cual evalúa la planificación y se realiza posterior a la ejecución.

El resultado es expresado en porcentaje. Esta genera un registro de las actividades de campo no culminadas, y se debe colocar los motivos de incumplimiento en conjunto con las acciones correctivas.

El Plan de planificación completa nos ayuda en la identificación de los cuellos de botella, ello contribuye en el mejoramiento continuo de la confiabilidad y desempeño del proyecto.

F. Plan semanal.- Es una herramienta del Lean Construction el cual consta de un listado de tareas sin restricciones que producción se compromete a ejecutar en la semana. Se debe de tener en cuenta la programación dada en el Look Ahead Planning.

Figura N° 4: Rutina de programación



Fuente: Control de Gestión de Proyectos de Graña y Montero: Planeamiento y Programación

- G. Informe semanal de producción.-** Son los informes semanales y se les conoce como ISP (informe semanal de producción). Generalmente los elabora la oficina técnica que es el Planner de obra. El ISP sirve para controlar y programar las metas de producción y rendimientos. Tiene una parte real (histórica) y la proyección (programación). La información de horas hombre recopilada se confronta semanalmente con la cantidad de horas pagadas por la administración en las planillas..
- H. Tren de actividades.-** El tren de actividades es un sistema balanceado de producción constante. Se aplica a proyectos donde la variabilidad es reducida y físicamente el trabajo es divisible en partes iguales donde cada una de las partes se le denomina sector o frente y será el avance diario para cada una de las actividades.

3.5.4. Determinación de Partidas Restrictivas

Uno de los procesos requeridos para el desarrollo de la presente investigación es determinar las principales tareas o actividades que pueden ser restrictivas (instalaciones eléctricas y sanitarias) a las partidas de vaciado de concreto en elementos estructurales, analizar las restricciones originadas y cuales se requieren monitorear para mejorar la performance de las mismas.

A. Instalaciones Eléctricas

El presente estudio considera los materiales y actividades para las instalaciones eléctricas, las mismas que se efectuarán en cumplimiento a lo especificado en el Código Nacional de Electricidad Utilización, Reglamento Nacional de Edificaciones y Normas Internacionales IEC, ASTM.

- Canalización, Conductos o Tuberías para Salidas

Descripción:

En esta partida se ejecuta la colocación de las tuberías exteriores indicados en los planos respectivos para las salidas de alumbrado, tomacorrientes y especiales.

Materiales:

Todas las tuberías serán de plástico pesado PVC-CP (SAP), curvas, cajas, etc., fabricados de acuerdo a las normas elaboradas por el ITINTEC. El diámetro mínimo de las tuberías a usarse será de 20 mm ϕ en PVC-CP (SAP). Tubería de PVC Rígido: Las dimensiones estándares de la Tubería de PVC Rígido deberán de ser las siguientes:

Tabla N° 12: Diametros de Tuberia PVC para Instalaciones Electricas

Díámetro Nominal (mm)	Díámetro Interno (mm)	Díámetro Externo (mm)
15	16.6	21.0
20	21.9	26.5
25	28.2	23.0
35	37.0	42.0
40	43.0	48.0
50	54.4	60.0
65	66.0	73.0
80	80.9	88.5
100	106.0	114.0
150	150.0	165.0

Fuente: Elaboración Propia, 2020. Con información del Expediente Técnico).

Proceso Constructivo:

Se deberá proporcionar una caja de acceso cuando una sección del conducto exceda los 30 m o cuando se requiera por razones técnicas o según lo indicado en el plano.

Los tubos y las cajas deben adaptarse firmemente a las estructuras. No se permitirá que los tubos sean instalados en un lugar que no tenga acceso para la inspección.

Las uniones de tubo a tubo se efectuarán a presión, con pegamento PVC, producto Standard de los fabricantes de tuberías. Las uniones de tuberías a caja se efectuarán con “conexiones a caja” del mismo material que la tubería, siendo producto Standard del fabricante de tubos.

Restricciones:

Las instalaciones eléctricas en techos como las colocadas en muros son restrictivas, ya que hasta no ser colocadas correctamente, no se procede al vaciado.

Siendo estas instalaciones entubadas de PVC, van colocadas embebidas en el concreto y por lo tanto no permiten correcciones ni modificaciones una vez culminado el vaciado de concreto.

Suele presentarse el problema de inadecuada instalación en los elementos estructurales (vigas, columnas, placas, losas, etc) que pueden debilitar sus secciones debido a que esta se ve reducida y provocar fallas a futuro.

Otro problema se presenta cuando el concreto se inserta en estas tuberías, tapando así el conducto por donde deberán pasas el cableado eléctrico. Se recomienda que se levante la restricción con varios días de anticipación al vaciado de concreto.

B. Instalaciones Sanitarias

El presente estudio considera los materiales y actividades para las instalaciones sanitarias, las mismas que se efectuarán en cumplimiento a lo especificado en el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Peruana ITINTEC N° 399,003, así como las Normas Técnicas Peruanas ITINTEC N° 399.002 y 399.004.

- Suministro e Instalación de Tubería PVC

Descripción:

En esta partida se ejecuta la colocación de las tuberías exteriores indicados en los planos respectivos para la instalación de tuberías y accesorios para los sistemas de agua fría, desagüe, drenaje pluvial y de ventilación.

Materiales:

Se utilizarán tuberías y accesorios de PVC tanto para sistema de agua como de desagüe, fabricados de acuerdo a las normas elaboradas por el ITINTEC.

Proceso Constructivo:

El Contratista contratará la mano de obra para realizar esta partida, que consiste en la construcción del punto o salida de agua fría, empleando los materiales accesorios y mano de obra calificada como se indica en los planos de Instalaciones Sanitarias respectivos.

Restricciones:

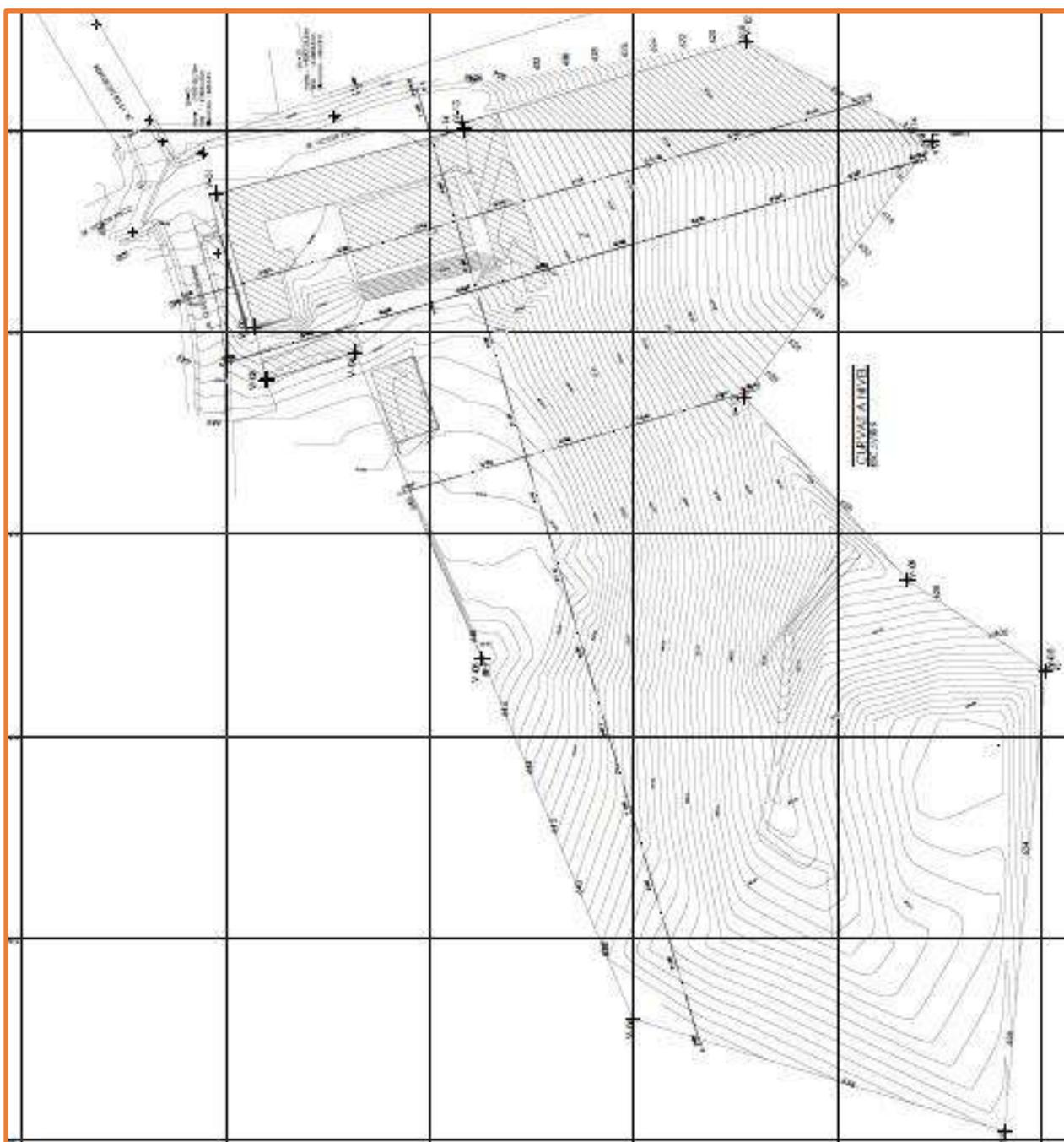
Estas partidas también son restrictivas por ser pre-requisitos a la actividad de vaciado de concreto, aparte de la correcta instalación y uso de los materiales adecuados, se debe verificar la presión de prueba del sistema de agua fría, mediante un protocolo de conformidad (presión del sistema de 100 lb/plg² durante 1 hora) revisado por la supervisión.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

La obra unidad de análisis se denomina “Mejoramiento y sustitución del servicio educativo de la Institución Educativa Arturo Bartra García – Pajarillo – Mariscal Cáceres – San Martín”. La Institución Educativa se ubica en el Jiron Miguel Grau S/N en la zona urbana del distrito de Pajarillo.

Figura N° 5: Croquis del terreno de la Institución Educativa



Fuente: Elaboración propia 2022 con plano topográfico del expediente técnico.

La principal vía de acceso al distrito de Pajarillo, es a través de la carretera asfaltada “Fernando Belaúnde Terry” desde la ciudad de Tarapoto con dirección al sur hacia la ciudad de Juanjui realizando un recorrido de 138 Km, para luego trasladarse a travez de una carretera afirmada hacia el distrito de Pajarillo recorriendo 4.1 km.

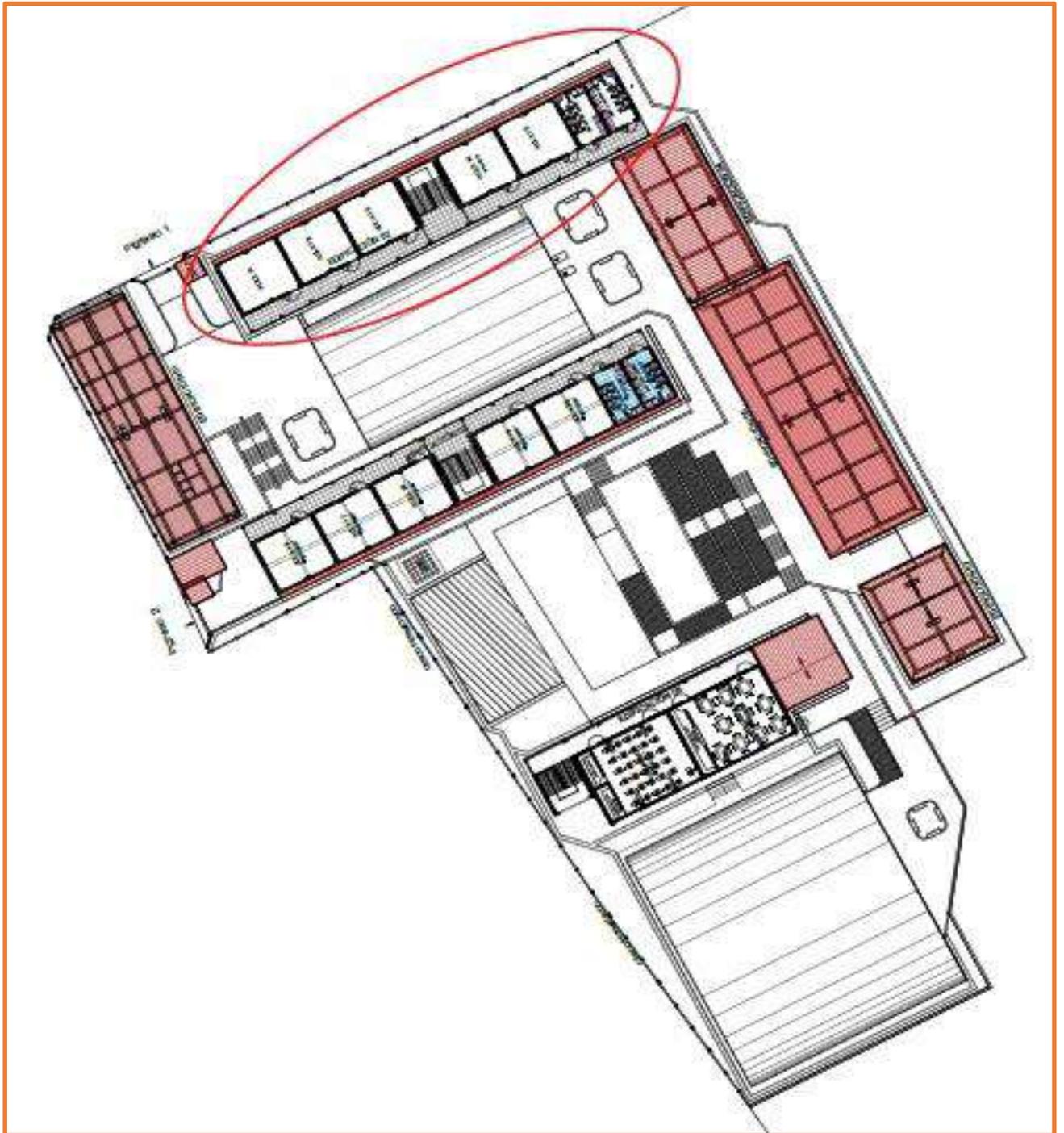
El proyecto beneficiará a un aproximado de 267 estudiantes del nivel secundaria (Fuente: Censo Educativo 2021 – MINEDU). Todas las edificaciones proyectadas fueron planteadas conservando características volumétricas similares, edificaciones de uno y de dos pisos con techo de losa maciza inclinada a dos aguas, permitiendo de esta manera que las visuales del conjunto arquitectónico muestren un perfil horizontal, sencillo y muy práctico, logrando integrar a la Institución Educativa con el perfil del entorno, también se relaciona con el contexto y se consigue brindar un carácter de edificación educativa.

Tabla N° 13: Metas físicas del proyecto

EDIFICACIÓN	AREA M2	
	CONSTRUIDA	TECHADA
Edificación 1 - Administración	325.50	330.50
Edificación 2 - Aulas	1,190.00	605.00
Edificación 3 - Aulas	1,190.00	605.00
Edificación 4 - Comedor	227.75	232.00
Edificación 5 - Talleres	512.50	532.63
Edificación 6 - Laboratorios	540.30	545.10
Edificación 7 - Sala de usos múltiples	172.96	178.47
Losa Deportiva	1,090.00	1,090.00
Patio de Formación	540.40	540.40
TOTAL	5,789.41	4,659.10

Fuente: Elaboración Propia, 2022 (Con información de Expediente Técnico).

Figura N° 6: Diseño Arquitectónico – Primera Planta



Fuente: Elaboración propia 2022, con plano de arquitectura del expediente técnico.

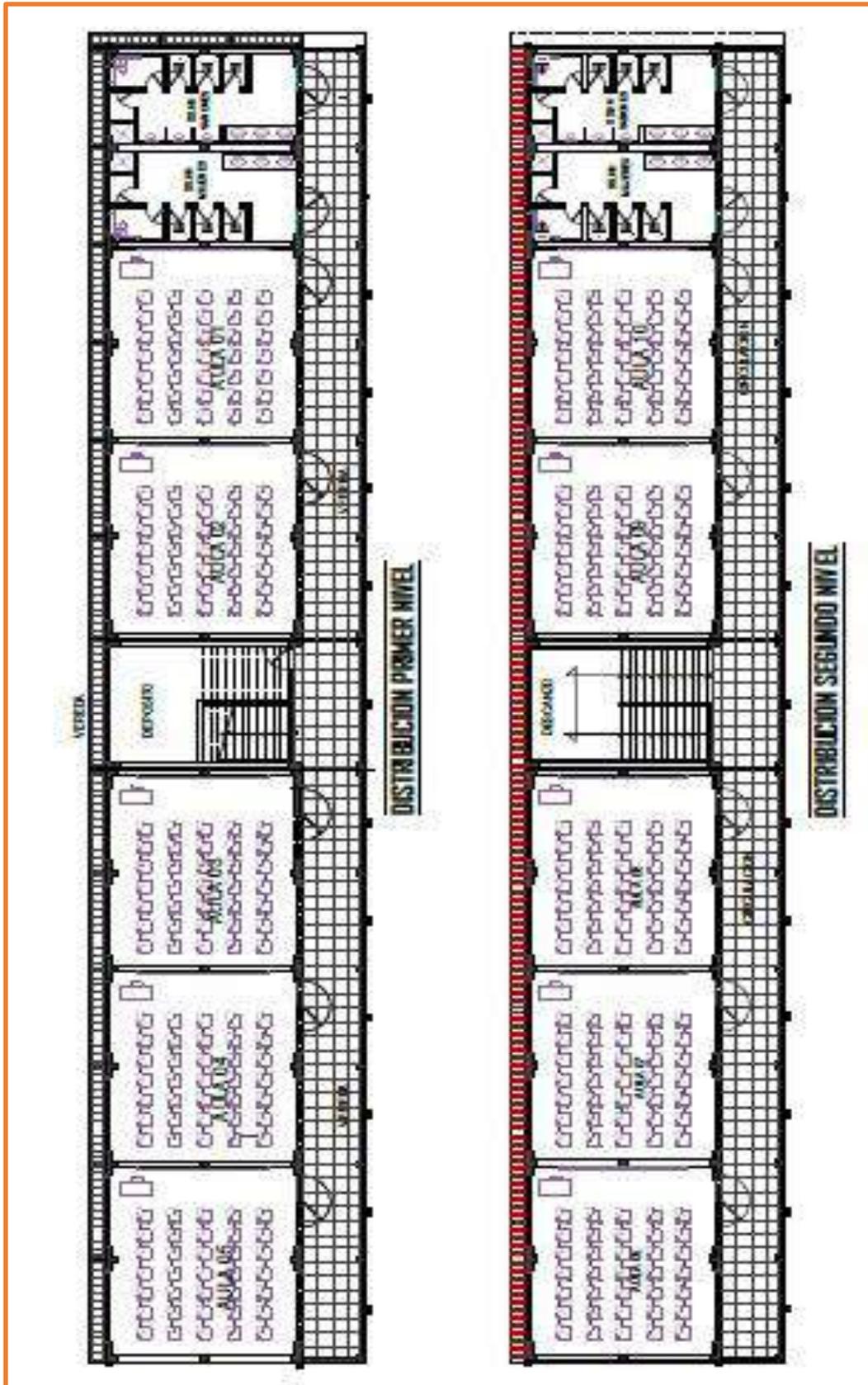
Figura N° 7: Diseño Arquitectónico –Segunda Planta



Fuente: Elaboración propia 2022, con plano de arquitectura del expediente técnico.

La unidad de análisis estudiada es la edificación 2, la misma que se encuentra marcada en las figuras N° 6 y N° 7, presentados anteriormente.

Figura N° 8: Diseño Arquitectónico – distribución en planta



Fuente: Elaboración propia 2022, con plano de arquitectura del expediente técnico.

Figura N° 9: Diseño Arquitectónico - Elevaciones



Fuente: Elaboración propia 2022, con plano de arquitectura del expediente técnico

4.2. APLICACIÓN DEL LEAN CONSTRUCTION

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 N° 14: Partidas Analizadas

ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	COSTO UNITARIO	RENDIMIENTO	COSTO PARCIAL
03	INSTALACIONES SANITARIAS					
03.01	SISTEMA DE DESAGUE					
03.01.02	TUBERIAS					
03.01.02.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PVC SAL 2"	m	255.00	25.22	100 m/día	S/. 6,431.10
03.01.02.02	TUBERIA PVC SAL 4"	m	170.40	36.11	96 m/día	S/. 6,153.14
03.01.02.04	SALIDA DE DESAGUE EN PVC-SAL 2"	pto	55.00	69.29	8 pto/día	S/. 3,810.95
03.01.02.05	SALIDA DE DESAGUE EN PVC-SAL 4"	pto	35.00	108.27	8 pto/día	S/. 3,789.45
03.01.02.06	SALIDA DE VENTILACION T 2"	pto	25.00	69.29	8 pto/día	S/. 1,732.25
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"	m	74.35	17.03	75 m/día	S/. 1,266.18
03.02.01.04	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 3/4" DE AGUA PVC-SAP	m	51.80	17.09	64 m/día	S/. 885.26
03.02.01.05	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 1 " DE AGUA PVC-SAP	m	33.15	18.61	64 m/día	S/. 616.92
03.02.01.06	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 1 1/4" DE AGUA PVC-SAP	m	245.90	26.18	250 m/día	S/. 6,437.66
04	INSTALACIONES ELECTRICAS					
04.03	CANALIZACION, CONDUCTOS O TUBERIAS					
04.03.01	TUBERIA DE PVC SAP 20mm	m	1,553.75	14.11	180 m/día	S/. 21,923.41
PRESUPUESTO TOTAL DE PARTIDAS EVALUADAS						S/. 53,046.33

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

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).

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 N° 15: Actividades Completadas (PAC) – Principales Causas de Incumplimiento

ITEM	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	UND	% COMPLETADO		LOGRADO		ANÁLISIS DE NO CUMPLIMIENTO
				PLANIFICADO	REAL	SI	NO	
03	INSTALACIONES SANITARIAS							
03.01	SISTEMA DE DESAGUE							
03.01.02	TUBERIAS							
03.01.02.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA PVC SAL 2"	QUIROZ	m	255.00	255.00	X		
03.01.02.02	TUBERIA PVC SAL 4"	QUIROZ	m	170.40	170.40	X		
03.01.02.04	SALIDA DE DESAGUE EN PVC-SAL 2"	QUIROZ	pto	55.00	55.00	X		
03.01.02.05	SALIDA DE DESAGUE EN PVC-SAL 4"	QUIROZ	pto	35.00	35.00	X		
03.01.02.06	SALIDA DE VENTILACION T 2"	QUIROZ	pto	25.00	25.00	X		
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"	JULON	m	74.35	74.35	X		
03.02.01.04	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 3/4" DE AGUA PVC-SAP	JULON	m	51.80	51.80	X		
03.02.01.05	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 1 " DE AGUA PVC-SAP	JULON	m	33.15	33.15	X		
03.02.01.06	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 1 1/4" DE AGUA PVC-SAP	JULON	m	245.90	245.90	X		
04	INSTALACIONES ELECTRICAS							
04.03	CANALIZACION, CONDUCTOS O TUBERIAS							
04.03.01	TUBERIA DE PVC SAP 20mm	JULON	m	1553.75	1553.75	X		

Fuente: Elaboración Propia, 2022 .

Con los resultados obtenidos y presentados en la tablas N° 14 podemos calcular el porcentaje de actividades completadas (PAC).

Tabla N° 16: Porcentaje de Actividades Completadas (PAC)

ITEM	ACTIVIDAD	% COMPLETADO		
		PLANIFICADO	REAL	%
03	INSTALACIONES SANITARIAS			
03.01	SISTEMA DE DESAGUE			
03.01.02	TUBERIAS			
03.01.02.01	SUMINISTRO E INSTLACION DE TUBERIA PVC SAL 2"	255.00	255.00	100.00%
03.01.02.02	TUBERIA PVC SAL 4"	170.40	170.40	100.00%
03.01.02.04	SALIDA DE DESAGUE EN PVC-SAL 2"	55.00	55.00	100.00%
03.01.02.05	SALIDA DE DESAGUE EN PVC-SAL 4"	35.00	35.00	100.00%
03.01.02.06	SALIDA DE VENTILACION T 2"	25.00	25.00	100.00%
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"	74.35	74.35	100.00%
03.02.01.04	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 3/4" DE AGUA PVC-SAP	51.80	51.80	100.00%
03.02.01.05	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 1 " DE AGUA PVC-SAP	33.15	33.15	100.00%
03.02.01.06	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 1 1/4" DE AGUA PVC-SAP	245.90	245.90	100.00%
04	INSTALACIONES ELECTRICAS			
04.03	CANALIZACION, CONDUCTOS O TUBERIAS			
04.03.01	TUBERIA DE PVC SAP 20mm	1553.75	1553.75	100.00%

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 N° 17: 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 N° 18: Identificación de las causas de pérdidas - IISS

FICHA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE PERDIDAS						
Partida:		INSTALACIONES SANITARIAS (Suministro e Instalación de tubería para el sistema de agua fría y desague)				
FUENTES / PERDIDAS		MÁS IMPORTANTE			MENOS IMPORTANTE	
		Espera por materiales	Movimiento innecesario de materiales o herramientas	Espera por instrucciones	Trabajo innecesario	Desaprovechar capacidades del personal
ADMINISTRACIÓN	PLANIFICACIÓN	Planificación previa				
		Selección de Recursos				
		Estimación de Recursos				
	CONSTRUCCIÓN Y EJECUCIÓN	Planificación en obra				
		Requerimientos innecesarios				
		Problemas de control				3
		Burocracia	1			
		Coordinación		3		
		Falta de Cancha				
	Seguridad					
	Ausencia de protocolos y procedimientos				1	
RECURSOS	MATERIALES	Cantidad				
		Uso				
		Distribución		3		
		Calidad / Defectos de fábrica				
		Disponibilidad				
		Extravío				
	MANO DE OBRA	Almacenamiento				
		Cantidad de personal				
		Competencias técnicas			5	
		Comportamiento Inseguro				
		Distribución	3			
		Liderazgo				
	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Confianza				1
		Comunicación				3
		Compromiso				
		Cantidad				
		Uso				
		Distribución				
SISTEMAS	TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN	Calidad / Falta de certificación				
		Disponibilidad				
		Mantenimiento				
		Extravío				
		Almacenamiento				
		Innecesaria				
Defectuosa						
Claridad						
Confiabilidad						
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.					

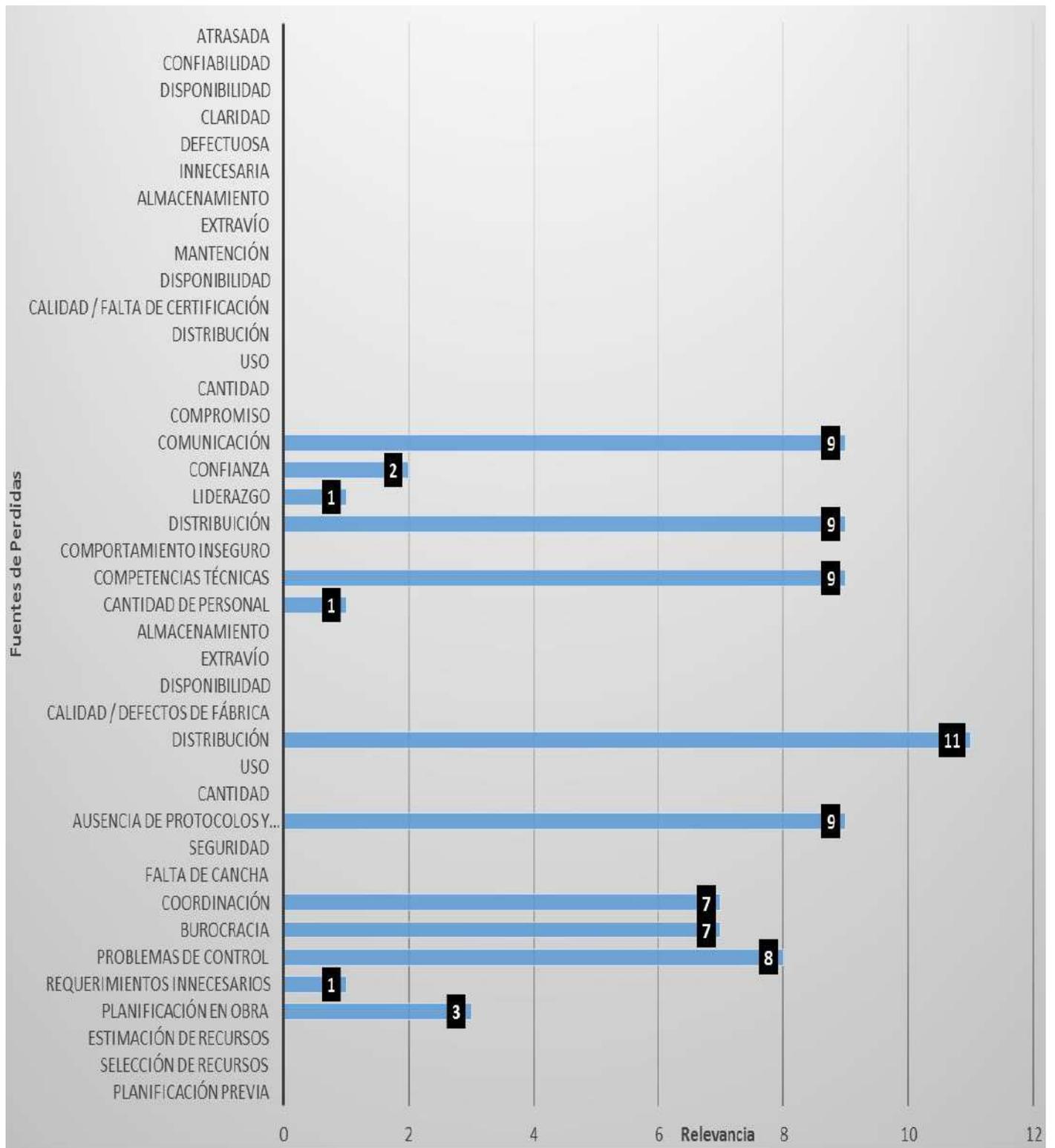
Fuente: Elaboración Propia, 2022

Tabla N° 19: Identificación de las causas de pérdidas - IIEE

FICHA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE PERDIDAS							
Partida:	INSTALACIONES ELECTRICAS (Canalización, conductos o tuberías)						
FUENTES / PERDIDAS	MÁS IMPORTANTE			MENOS IMPORTANTE			
	Espera por materiales	Movimiento innecesario de personas	Espera por instrucciones	Trabajo innecesario	Desaprovechar capacidades del personal		
ADMINISTRACIÓN	PLANIFICACIÓN	Planificación previa					
		Selección de Recursos					
		Estimación de Recursos					
	CONSTRUCCIÓN Y EJECUCIÓN	Planificación en obra		3			
		Requerimientos innecesarios					1
		Problemas de control					
		Burocracia	1				
		Coordinación				1	
		Falta de Cancha					
		Seguridad					
Ausencia de protocolos y procedimientos			3				
RECURSOS	MATERIALES	Cantidad					
		Uso					
		Distribución	3				
		Calidad / Defectos de fábrica					
		Disponibilidad					
		Extravío					
	Almacenamiento						
	MANO DE OBRA	Cantidad de personal		1			
		Competencias técnicas			1		
		Comportamiento Inseguro					
		Distribución	1				
		Liderazgo					
		Confianza					1
	Comunicación				3		
	Compromiso						
	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA	Cantidad					
		Uso					
		Distribución					
		Calidad / Falta de certificación					
		Disponibilidad					
		Mantenimiento					
Extravío							
Almacenamiento							
SISTEMAS DE INFORMACIÓN	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

Figura 10: 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 parámetros 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 N° 20: Análisis de Restricciones

ITEM	ACTIVIDAD	DISEÑO	MATERIALES	MANO DE OBRA	EQUIPOS	PRE REQUISITOS
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	NO	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	SI	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	SI	NO	SI
03.02.01.05	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 1 " DE AGUA PVC-SAP	NO	SI	SI	SI	SI
03.02.01.06	RED DE DISTRIBUCION TUBERIA DE 1 1/4" DE AGUA PVC-SAP	SI	SI	SI	SI	NO
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 válidos.

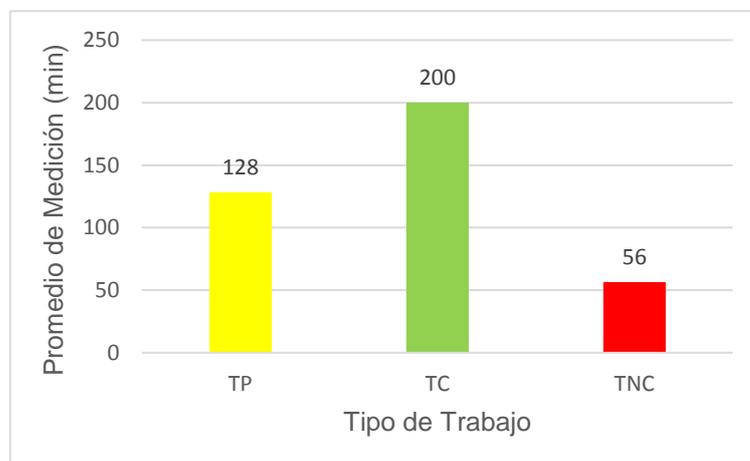
- Suministro e instalación de tubería PVC C-10 P/Agua fría D=1/2", en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 01 operario.
- Red de Distribución Tubería de 3/4" de Agua PVC SAP, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 01 operario.
- Red de Distribución Tubería de 1" de Agua PVC SAP, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 01 operario.
- Red de Distribución Tubería de 1 1/4" de Agua PVC SAP, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 01 operario.

Tabla N° 22: Toma de Tiempo - Nivel de Actividad del Grupo de Partidas de Instalaciones Sanitarias

ITEM	TP	TC	TNC
N°	128	200	56
%	33%	52%	15%

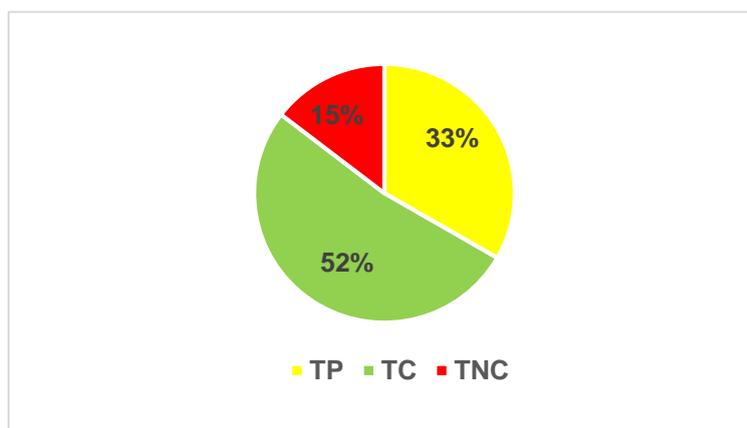
Fuente: Elaboración Propia, 2022

Figura N° 11: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo del Grupo de Partidas de Instalaciones Sanitarias



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Figura N° 12: Productividad de la Mano de Obra en el Grupo de Partidas de Instalaciones Sanitarias



Fuente: Elaboración Propia, 2022

Partidas: Instalaciones Eléctricas

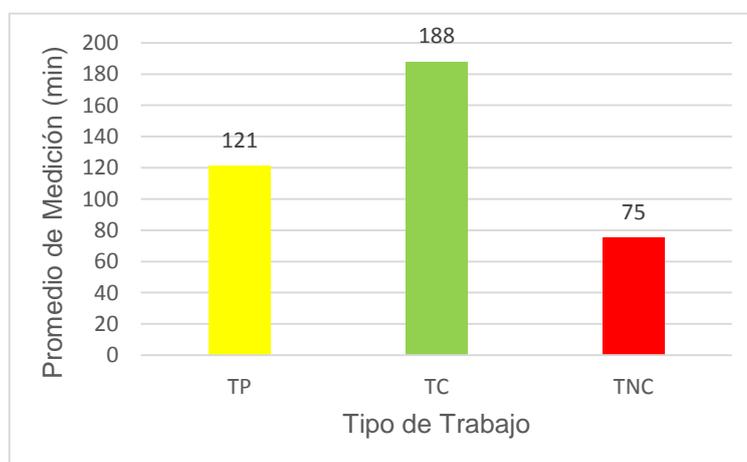
- Tubería de PVC SAP 20mm”, en la cual se observó una cuadrilla compuesta por: 01 operario + 02 peones.

Tabla N° 23: Toma de Tiempo - Nivel de Actividad del Grupo de Partidas de Instalaciones Eléctricas

ITEM	TP	TC	TNC
N°	121	188	75
%	31%	49%	19%

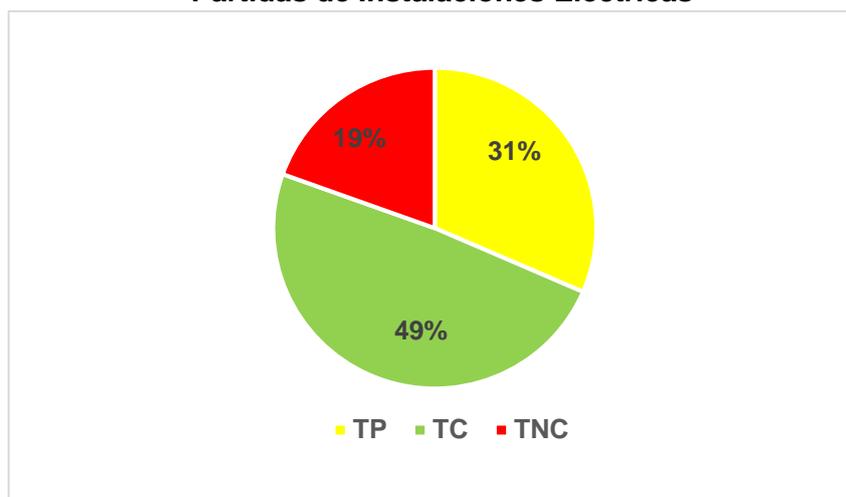
Fuente: Elaboración Propia, 2022

Figura N° 13: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo del Grupo de Partidas de Instalaciones Eléctricas



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Figura N° 14: Productividad de la Mano de Obra en el Grupo de Partidas de Instalaciones Eléctricas



Fuente: Elaboración Propia, 2022

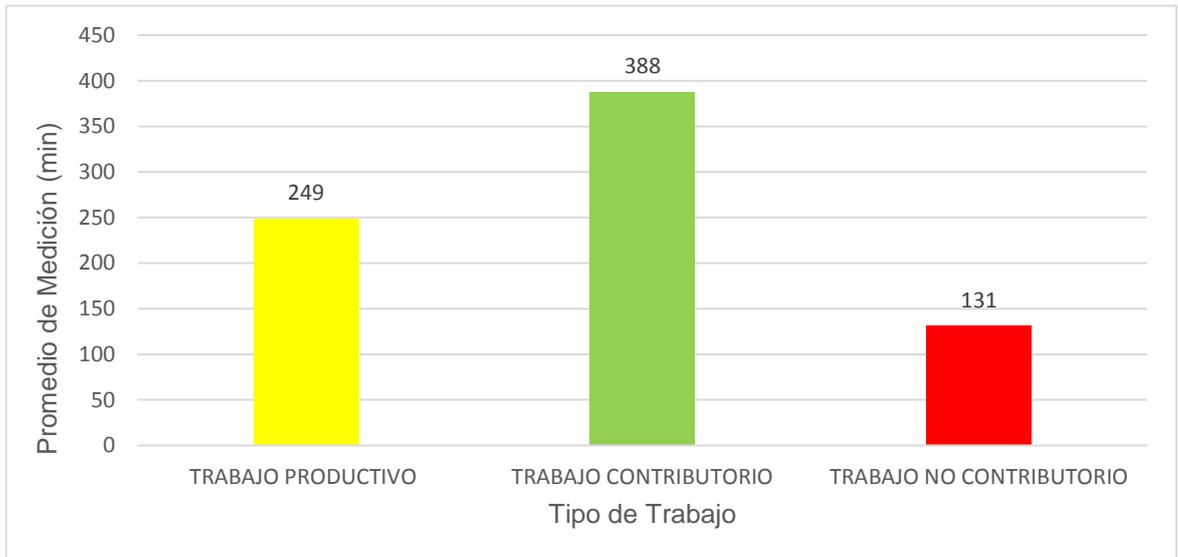
Los formatos detallados de la aplicación del Nivel General de Actividades de cada grupo de partidas seleccionadas o materia de análisis se presentan en la sección de anexos. A continuación se presentan los resultados consolidados de productividad de mano de obra.

Tabla N° 24: Promedio de Productividad

ITEM	GRUPO DE PARTIDAS	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	SUMATORIA TOTAL
1	Instalaciones Sanitarias	128	200	56	384
2	Instalaciones Eléctricas	121	188	75	384
TOTAL (CANTIDAD)		249	388	131	768
TOTAL (PORCENTAJE)		32%	51%	17%	100%

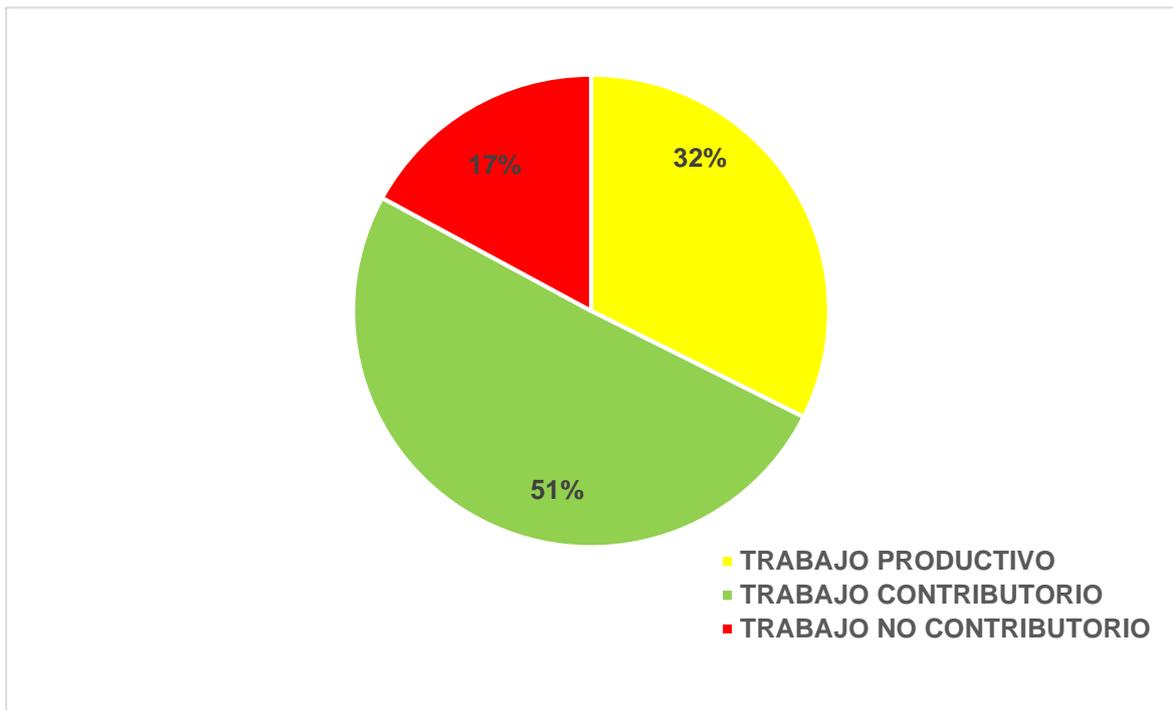
Fuente: Elaboración Propia, 2022

Figura N° 15: Promedio de Medición (min) Vs Tipo de Trabajo Consolidado



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Figura N° 16: Prductividad de la Mano de Obra Consolidado



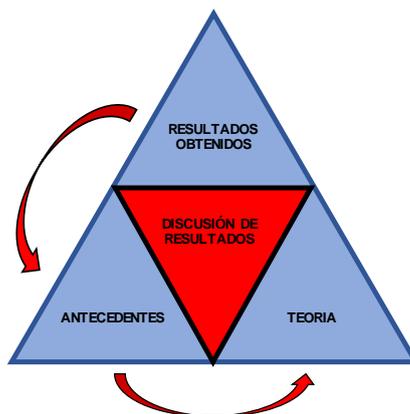
Fuente: Elaboración Propia, 2022 .

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.

Figura N° 17: Elementos de la Discusión de Resultados



Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Asimismo la discusión de resultados se presentan en función a los objetivos de la investigación en el orden de los resultados.

5.1.1. Factibilidad de Implementación

Con el desarrollo del estudio de investigación 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 25: 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/. 28,000.00
Capacitación y Asistencia Técnica	Capacitación del Staff profesional, tecnico y obrero, Directivos y Gerentes de la empresa (Incluye material de estudio).	S/. 12,000.00
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/. 2,000.00
INVERSION REQUERIDA PARA LA IMPLMEENTACIÓN		S/. 45,000.00

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Para tener la incidencia de la inversión requerida versus el presupuesto de proyecto es del 0.35% 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

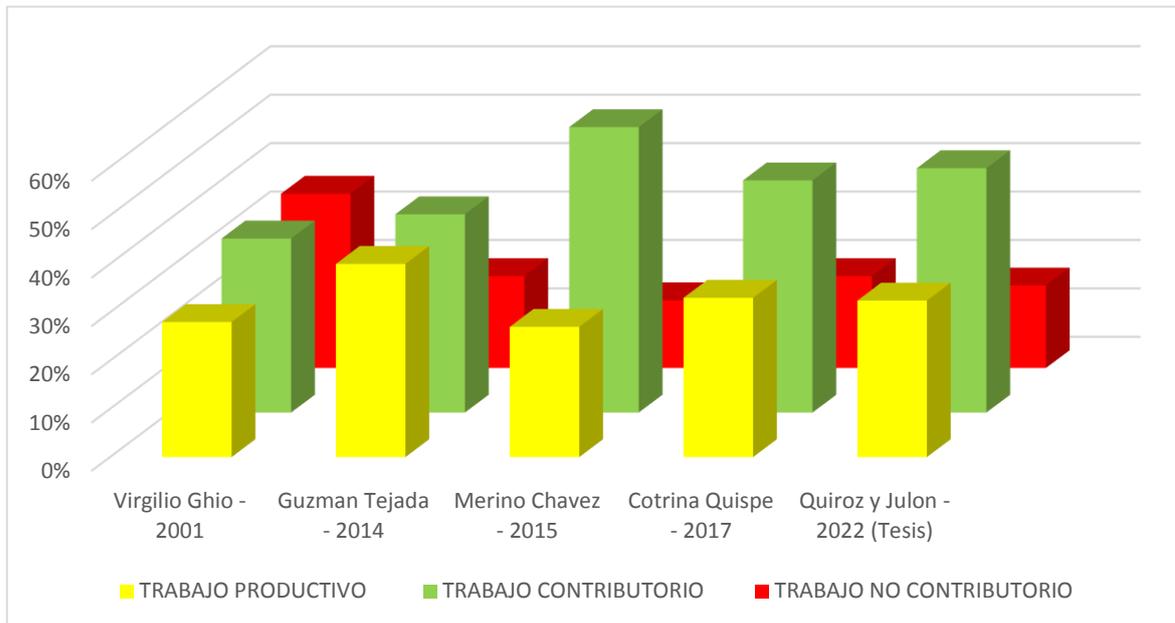
El desarrollo del presente trabajo ha permitido validar la hipótesis general toda vez que se ha demostrado que es posible mejorar la productividad de la mano de obra en un proyecto de construcción mediante el uso la aplicación de la Filosofía Lean Construction, lo cual se evidencia en los resultados 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° 26: Comparativo de Rendimiento de la Mano de Obra

ITEM	ESTUDIO	TRABAJO PRODUCTIVO	TRABAJO CONTRIBUTORIO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO
1	Virgilio Ghio - 2001	28%	36%	36%
2	Guzmán Tejada - 2014	40%	41%	19%
3	Merino Chávez - 2015	27%	59%	14%
4	Cotrína Quispe - 2017	33%	48%	19%
5	Quiroz y Julon - 2022 (Tesis)	32%	51%	17%

Fuente: Elaboración Propia, 2022.

Figura 18: Comparativo de Rendimiento de Mano de Obra



En la tabla y figura presentados se comparan los resultados y 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 27: Principales Perdidas en el Caso de Estudio

ITEM	GRUPO DE ACTIVIDADES SELECCIONADAS	TRABAJO CONTRIBUTORIO						TRABAJO NO CONTRIBUTORIO					
		TRANSPORTE	ABASTECIMIENTO DE CEMENTO	ABASTECIMIENTO DE AGREGADOS	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
4	Instalaciones Sanitarias	42				64	24	64	11	17		16	9
5	Instalaciones Eléctricas	30				66	21	59	13	25		19	12
TOTAL		72	0	0	0	130	45	123	24	42	0	35	21
PORCENTAJE		11%	0%	0%	0%	20%	7%	19%	8%	15%	0%	12%	7%

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

- El desarrollo de la presente estudio de investigación ha permitido demostrar la factibilidad para la aplicación de herramientas de gestión basadas en el Lean Construction y la implantación de un nuevo proceso de control del rendimiento de la mano de obra en edificaciones.
- La industria de la construcción actualmente requiere soportarse en los beneficios de la innovación y formación que brindan las corrientes de gestión de proyecto, promoviendo la construcción industrializada y contribuyendo a mejorar los índices de productividad de los proyectos.
- Las ventajas de la implementación de la filosofía Lean Construction en la etapa de ejecución de los proyectos es que se programan las actividades con anticipación teniendo claras las restricciones que se deben resolver. De esta forma se optimiza el rendimiento de cualquier tipo de proyecto sea grande, pequeño, público o privado.
- La implantación de procesos de gestión de proyectos en nuestro país se debe al compromiso que tienen las universidades, institutos superiores tecnológicos o grupos de investigación que aportan de manera directa o indirecta con empresas que se preocupan por implementar procesos de mejora continua e industrializar el sector construcción.

5.3. RECOMENDACIONES

- Es muy importante contar con un número representativo de mediciones aplicando los procedimientos Lean Construction adecuadamente 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.
- El escenario actual del sector construcción evidencia que para que las empresas constructoras tengan un nivel de competitividad debe haber un cambio cultural, así mismo, este cambio cultural no sólo debe de ser a nivel gerencial, sino también de todo el equipo que esté involucrado al mismo. Es recomendable que se incentive y premie el aplicar de manera correcta las herramientas de la filosofía del Lean Construction por parte de las entidades públicas y privadas.
- Se recomienda realizar la prueba de los cinco minutos, porque su aplicación, nos permite analizar cuáles son las frecuencias de las causas de los tiempos productivos, contributivos y no contributivos, a partir de estas estadísticas tomar decisiones de mejora para reducir las pérdidas del proceso en estudio.
- Se sugiere continuar investigando en este tema y proponer mejoras para obtener procedimiento que permita reducir las pérdidas mejorando la productividad de los proyectos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACERO C., Roberto C. “Sistema de Gestión de Proyectos Basado en Principios del Lean Construction”. Universidad Católica Santa María. Arequipa 2013.
- COSTA DE LOS REYES, Claudia G. “Estudio para determinar la factibilidad de introducción de la filosofía Lean Construction en la etapa de planificación y diseño de proyectos, en empresas públicas y privadas de ciudades intermedias, casos: Cuenca y Loja”. Universidad de Cuenca. Ecuador 2016.
- 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.
- AREVALO VIDAL, Samir Augusto. “Implementación de la metodología lean construction en la productividad de la construcción del Proyecto Casa Club Recrea Las Magnolias-Breña”. Universidad Nacional Federico Villareal. Perú 2018.
- 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., María. “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 Interes 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, Ccolqqe “Planificación y Control para Mejorar el Rendimiento de Actividades Previas al Vaciado de Concreto en Elementos Estructurales”. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú 2013.
- QUISPE MITMA, Raúl Ernesto. “Aplicación de Lean Construction para mejorar la productividad en la ejecución de obras de edificación, Huancavelica, 2017”. Universidad Cesar Vallejo. Perú 2017.
- 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 N° 01 : Toma de Tiempo – Nivel de Actividades Materia de Análisis

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

FORMATO PARA TOMA DE TIEMPO - NIVEL DE ACTIVIDAD

Actividad: INSTALACIONES SANITARIAS
 Responsable: QUIROZ Y JULON

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

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

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

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

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

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

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

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

NOMENCLATURA

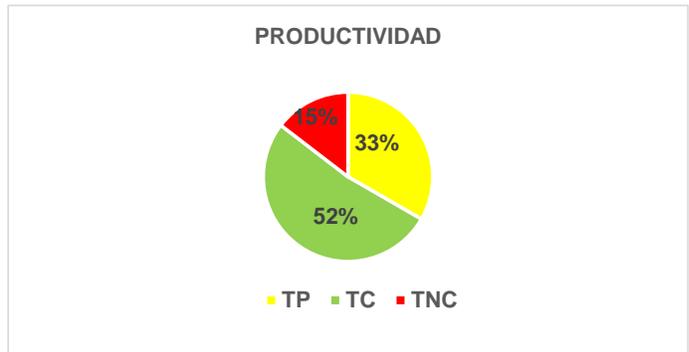
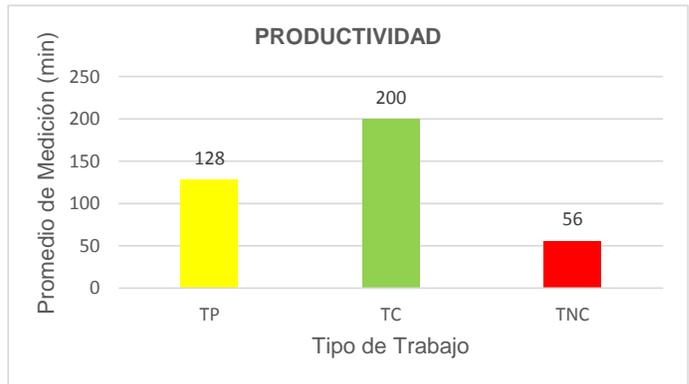
TRABAJO PRODUCTIVO	
IT	Instalación de Tubería

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
M	Medición
T	Transporte de Tubería
CT	Corte de Tuberías
CA	Colocación de Accesorios

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°	128	200	56
%	33%	52%	15%



FORMATO PARA TOMA DE TIEMPO - NIVEL DE ACTIVIDAD

Actividad: INSTALACIONES ELECTRICAS
 Responsable: JULON

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

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

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

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

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

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

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

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

NOMENCLATURA

TRABAJO PRODUCTIVO	
IT	Instalación de Tubería

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
M	Medición
T	Transporte de Tubería
CT	Corte de Tuberías
CA	Colocación de Accesorios

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°	121	188	75
%	31%	49%	19%

