



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS APLICANDO EL SISTEMA LEAN
CONSTRUCTION EN MOVIMIENTO DE TIERRAS DE LA HABILITACIÓN
URBANA TERRAZAS DE LIMA NORTE

Línea de investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Hidalgo Pacheco, Juan Alejandro

Asesor:

Madrid Saldaña, Cesar Karlo
ORCID: 0009-0007-6805-9745

Jurado:

García Urrutia-Olavarría, Roque Jesús Leonardo

Ayquipa Quispe, Evelyn Estefany

Arévalo Vidal, Samir Augusto

Lima - Perú

2024



“OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS APLICANDO EL SISTEMA LEAN CONSTRUCTION EN MOVIMIENTO DE TIERRAS DE LA HABILITACIÓN URBANA TERRAZAS DE LIMA NORTE”

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1%
8	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS APLICANDO EL SISTEMA LEAN CONSTRUCTION EN MOVIMIENTO DE TIERRAS DE LA HABILITACIÓN URBANA TERRAZAS DE LIMA NORTE

Líneas de Investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil

Autor (a)

Hidalgo Pacheco, Juan Alejandro

Asesor (a)

Madrid Saldaña, Cesar Karlo

ORCID: 0009-0007-6805-9745

Jurado

García Urrutia-Olavarría, Roque Jesús Leonardo

Ayquipa Quispe, Evelyn Estefany

Arévalo Vidal, Samir Augusto

Lima- Perú

2024

ÍNDICE

RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Descripción y formulación del problema.....	11
1.1.1. <i>Descripción del problema</i>	11
1.1.2. <i>Formulación del problema</i>	12
1.1.2.1. Problema general	12
1.1.2.2. Problemas específicos	12
1.2. Antecedentes.....	13
1.2.1. <i>Antecedentes Internacionales</i>	13
1.2.2. <i>Antecedentes nacionales</i>	13
1.3. Objetivos.....	15
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	15
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	15
1.4. Justificación	15
II. MARCO TEÓRICO	16
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación	16
2.1.1. <i>Lean Construction</i>	16
2.1.1.1. Concepto de Lean Construction	16
2.1.2. <i>Optimización de recursos</i>	18
2.1.2.1. Definición de recursos.....	18
2.1.2.2. Clasificación de los recursos.....	18

2.1.2.3.	Definición de optimizar	20
III.	MÉTODO	21
3.1.	Tipo de investigación	21
3.2.	Ámbito temporal y espacial.....	21
3.3.	Variables	22
3.3.1.	Variable Independiente	22
3.3.2.	Variable Dependiente	22
3.3.3.	Operacionalización de variables.....	22
3.4.	Población y muestra.....	23
3.4.1.	Población.....	23
3.4.2.	<i>Muestra</i>	23
3.5.	Instrumentos.....	24
3.6.	Procedimientos	25
3.7.	Análisis de datos.....	25
IV.	RESULTADOS.....	26
4.1.	Desarrollo del proyecto.....	26
4.2.	Breve descripción de la empresa	28
4.3.	Organigrama	29
4.4.	Evaluación del uso recursos en movimientos de tierras	30
4.4.1.	<i>Presupuesto de movimiento de tierras</i>	31
4.4.2.	<i>Plazo de ejecución de movimiento de tierras en vías</i>	32
4.4.3.	<i>Rendimiento de los recursos</i>	34
4.4.4.	<i>Oportunidades de optimización</i>	40

4.5.	Plan de optimización de recursos	40
4.5.1.	<i>Proyecto: Habilitación Urbana Terrazas de Lima Norte – VI Etapa</i>	40
4.5.2.	<i>Descripción de las herramientas Lean</i>	43
4.5.2.1.	<i>Análisis de los cuellos botella (TOC)</i>	43
4.5.2.2.	<i>Buffer Tiempo</i>	45
4.5.2.3.	<i>Tableros Kanban (Sistema Pull)</i>	46
4.5.3.	<i>Flujo de plan de optimización de recursos</i>	48
4.5.4.	<i>Planificación Inicial de las Actividades</i>	49
4.5.5.	<i>Análisis de los cuellos de botella</i>	59
4.5.6.	<i>Identificación y reubicación de Buffers de tiempo</i>	61
4.5.7.	<i>Planificación final de las Actividades</i>	63
4.5.8.	<i>Pull Sesión</i>	69
4.5.9.	<i>Análisis de Restricciones</i>	72
4.5.10.	<i>Cálculo del PPC</i>	72
4.5.11.	<i>Actualización del Pull Planning</i>	76
4.5.12.	<i>Documentación de la información</i>	76
4.5.13.	<i>Mejora continua (Kaizen)</i>	79
4.6.	Formatos de Lean Construction	79
4.6.1.	<i>Look Ahead de producción y materiales</i>	79
4.6.2.	<i>Formato de procura de materiales y maquinaria</i>	83
4.6.3.	<i>Formato de programaciones diarias</i>	86
4.6.4.	<i>Formato de control de productividad</i>	88
4.6.5.	<i>Formato de control de seguridad</i>	88
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	90

5.1. Discusión objetivo específico 1	90
5.2. Discusión objetivo específico 2	90
5.3. Discusión objetivo específico 3	91
VI. CONCLUSIONES.....	93
VII. RECOMENDACIONES.....	94
VIII. REFERENCIAS.....	95
IX. ANEXOS	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Operacionalización de Variables.....</i>	22
Tabla 2	<i>Partidas analizadas del proyecto.....</i>	24
Tabla 3	<i>Presupuesto de movimiento de tierras en las terrazas de Lima Norte – III Etapa.</i>	31
Tabla 4	<i>Ratios de HH y HM para Trazo, replanteo y controles topográfico.....</i>	34
Tabla 5	<i>Ratios de HH y HM para Corte a nivel de subrasante en material suelto con maquinaria.....</i>	34
Tabla 6	<i>Ratios de HH y HM de Corte a nivel de subrasante en roca fija con maquinaria.</i>	35
Tabla 7	<i>Ratios de HH y HM de Relleno con material propio.....</i>	35
Tabla 8	<i>Ratios HH y HM de la eliminación de material excedente - material suelto.....</i>	35
Tabla 9	<i>Ratios HH y HM de la eliminación externa de material excedente – material rocoso.....</i>	36
Tabla 10	<i>Gastos administrativos asociados directamente a la partida de movimiento de tierras.....</i>	37
Tabla 11	<i>Áreas del Proyecto.....</i>	41
Tabla 12	<i>Partidas de suministro de materiales.....</i>	42
Tabla 13	<i>Partidas de instalación de materiales.....</i>	42
Tabla 14	<i>Posibles causas de no cumplimiento y abreviatura.....</i>	73
Tabla 15	<i>Porcentaje del plan cumplido semanalmente.....</i>	73
Tabla 16	<i>Formato de producción.....</i>	81
Tabla 17	<i>Formato de producción.....</i>	82
Tabla 18	<i>Formato de procura de materiales y maquinaria.....</i>	85
Tabla 19	<i>Formato de programación diarias.....</i>	87
Tabla 20	<i>Formato de control de productividad.....</i>	88
Tabla 21	<i>Formato de control de seguridad.....</i>	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Tipos de desperdicios y principios de Lean Construction.</i>	16
Figura 2	<i>Herramientas de Lean Construction.</i>	17
Figura 3	<i>Clasificación de los Recursos según Gaitán Y Zamanillo.</i>	18
Figura 4	<i>Clasificación de Recursos según Marchioni.</i>	19
Figura 5	<i>Clasificación de los recursos según Kisnerman.</i>	19
Figura 6	<i>Clasificación de recursos para un proyecto.</i>	20
Figura 7	<i>Diagrama de Flujo de procedimientos de Optimización de Recursos.</i>	25
Figura 8	<i>Mapa ubicación del proyecto.</i>	26
Figura 9	<i>Caracterización geotécnica de la HU Terrazas de Lima Norte.</i>	27
Figura 10	<i>Organigrama del personal técnico de empresa constructora “HERPUCON S.A”</i>	29
Figura 11	<i>Esquema desglosable del trabajo de las actividades de movimiento de tierras en vías</i>	30
Figura 12	<i>Programación Maestra Semanal</i>	33
Figura 13	<i>Análisis de cuello botella</i>	38
Figura 14	<i>Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)</i>	39
Figura 15	<i>Diagrama de Pareto para causas de no cumplimiento.</i>	39
Figura 16	<i>Detalle de pavimento y veredas</i>	41
Figura 17	<i>Identificación de los cuellos de botella en el flujo de trabajo</i>	44
Figura 18	<i>Identificación de los cuellos de botella en la capacidad de trabajo.</i>	45
Figura 19	<i>Flujo de valor en construcción, identificación y reubicación de buffers.</i>	46
Figura 20	<i>Estructura del tablero Kanban</i>	47
Figura 21	<i>Ejemplo de una Pull Session para la ejecución de la actividad.</i>	48
Figura 22	<i>Diagrama de flujo del plan de optimización de recursos</i>	49

Figura 23 <i>Tren de las actividades de movimiento de tierras.....</i>	50
Figura 24 <i>Trazo, replanteo y control topográfico de las actividades</i>	53
Figura 25 <i>Corte con maquinaria a nivel subrasante de material suelto.</i>	54
Figura 26 <i>Corte con maquinaria a nivel subrasante de roca fracturada.....</i>	55
Figura 27 <i>Distribución de las capas de 20cm para el relleno con material propio.</i>	56
Figura 28 <i>Compactación en zona de relleno con maquinaria</i>	57
Figura 29 <i>Humedecimiento de las capas de 20cm para el relleno con material propio.....</i>	57
Figura 30 <i>Eliminación de material excedente.</i>	58
Figura 31 <i>Identificación de los cuellos de botella.....</i>	60
Figura 32 <i>Cronograma de movimiento de tierras.</i>	61
Figura 33 <i>Look ahead semana 1-4</i>	63
Figura 34 <i>Look ahead semana 2-5</i>	64
Figura 35 <i>Look ahead semana 3-6</i>	65
Figura 36 <i>Look ahead semana 4-7</i>	66
Figura 37 <i>Look ahead semana 5-8</i>	67
Figura 38 <i>Look ahead semana 6-9</i>	68
Figura 39 <i>Diagrama de Pareto.....</i>	74
Figura 40 <i>Diagrama de porcentajes del plan cumplido.</i>	75
Figura 41 <i>Causas de no cumplimiento por tipo.....</i>	75
Figura 42 <i>Eficiencia por partidas.....</i>	77
Figura 43 <i>Plan cumplido detallado por semanas.....</i>	78

RESUMEN

La industria de la construcción en el país desempeña un papel crucial en el crecimiento económico, pero enfrenta desafíos como gastos excesivos, plazos incumplidos y recursos mal utilizados debido a la falta de planificación. La filosofía Lean Construction ha surgido como una solución para optimizar recursos y reducir desperdicios. Este informe está centrado en aplicar Lean Construction en el movimiento de tierras de la habilitación urbana Terrazas de Lima Norte - Etapa 6. Los objetivos específicos incluyen evaluar el uso de recursos, diseñar una planificación efectiva y crear formatos para mejorar la productividad y el control de calidad. La implementación de Lean Construction ha demostrado éxito en la optimización de recursos, mejorando la eficiencia en la gestión de proyectos. La evaluación detallada del uso de recursos ha proporcionado información valiosa para mejorar la planificación, el diseño de una planificación efectiva ha sido fundamental para optimizar los recursos utilizados en el movimiento de tierras, y la implementación de formatos diseñados para mejorar la productividad y el control de calidad ha proporcionado una estructura sistemática para monitorear y mejorar diversos aspectos clave de la productividad, lo que resulta en una mayor eficiencia en la gestión de recursos y la ejecución del proyecto.

Palabras clave: construcción, eficiencia, recursos, planificación

ABSTRACT

The construction industry plays a crucial role in the country's economic growth, yet it faces challenges such as excessive spending, missed deadlines, and inefficient resource utilization due to poor planning. Lean Construction philosophy has emerged as a solution to optimize resources and reduce waste. This report focuses on applying Lean Construction to earthmoving in the urban development project Terrazas de Lima Norte - Stage 6. Specific objectives include evaluating resource usage, designing effective planning, and creating formats to enhance productivity and quality control. The implementation of Lean Construction has proven successful in resource optimization, thereby improving project management efficiency. Detailed resource evaluation has provided valuable insights for planning improvement, effective planning design has been essential in optimizing earthmoving resources, and format implementation for productivity and quality control has provided a systematic framework for monitoring and enhancing various productivity aspects, resulting in greater resource management efficiency and project execution.

Keywords: construction, efficiency, resources, planning

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad del país la industria de la construcción es la que más contribuye en el crecimiento económico y ocurre de manera rápida ya que se requiere de mayor uso de mano de obra y materiales que se usan en el proceso constructivo de un proyecto, en este proceso hay una variedad de inconvenientes que se presentan debido a la falta de planificación lo que conlleva a un exceso de gastos, por lo que se debe llevar a cabo nuevas metodologías que puedan reducir los errores.

En los últimos tiempos se ha implementado un nuevo método que es la filosofía Lean Construction que permite eliminar desperdicios y así optimizar recursos, este método ha llegado a nuestro país donde ya se está aplicando y obteniendo buenos resultados, disminuyendo plazos, gastos y riesgos, por lo que un proyecto es más rentable cuando se aplica Lean Construction.

1.1.Descripción y formulación del problema

1.1.1. *Descripción del problema*

En el siglo XXI una de las preocupaciones es ser eficaz y eficiente y así obtener grandes resultados usando pocos recursos, por lo que las empresas deben priorizar los procesos de gestión y evitar que sufran inconvenientes en el proyecto (Astoquilca, 2019).

Por lo que la planificación de proyectos es muy importante ya que es ahí donde se observa las actividades a realizar en el proyecto, la duración, costos y los recursos que se usarán en cada actividad, es por ello por lo que se busca encontrar el cronograma óptimo con recursos limitados y una mejor duración posible, por lo cual, con la reducción de recursos también se estaría reduciendo el impacto ambiental ya que se estaría dando un uso adecuado y planificado a los recursos naturales (Banihashemi y Khalilzadeh, 2020)

En el Perú la industria de la construcción va creciendo con el tiempo debido al crecimiento poblacional y al pésimo estado en que se encuentran las infraestructuras, por lo que, la mayoría de las empresas no cuentan con planificaciones constructivas eficientes, lo que nos limita a crecer y a evolucionar con mayor velocidad.

En la obra de habilitación urbana, Terrazas de Lima Norte, la empresa HERPUCON S.A. estará a cargo de cada recurso que se usará en la ejecución del proyecto mencionado y así poder cumplir con el plazo determinado y presupuesto fijado.

Es por eso por lo que este proyecto busca la optimización de recursos relacionado con la obra en movimiento de tierras de la habilitación urbana, Terrazas de Lima Norte, mediante la aplicación del sistema Lean Construction.

1.1.2. *Formulación del problema*

1.1.2.1. Problema general. ¿Cómo optimizar los recursos utilizando Lean Construction en movimiento de tierras en la habilitación urbana, Terrazas de Lima Norte – Etapa 6?

1.1.2.2. Problemas específicos. ¿Cómo se deberá de evaluar el uso de recursos en una obra de habilitación urbana en movimiento de tierras? ¿Se podrá diseñar una planificación para optimizar los recursos de movimiento de tierras en la obra de habilitación urbana? ¿Cómo se puede realizar formatos para mejorar la productividad, control de calidad, rendimiento y seguridad en base a la aplicación de herramientas Lean Construction en la ejecución de movimiento de tierras de la habilitación urbana?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes Internacionales

Orsi et al. (2021) en artículo científico *Improving Green Building Project Management Processes through the Lean Approach* donde usó un nuevo método llamado Lean con la finalidad de crear un nuevo método para disminuir el efecto negativo que genera la mala gestión principalmente en los recursos de proyecto, teniendo como resultado que identificar los problemas del proyecto puede ayudar a no hacer gastos innecesarios y ni demoras, concluyendo que este método puede ser usado en un conjunto amplio de edificios en este caso puede ser en habilitaciones urbanas.

Sekhar (2021) en su investigación *Design for X: An Iterative Approach for Design Optimization in Pre-engineered and Pre-cast Construction* donde nos dice que la industria de la construcción está en evolución debido que aún hay retrasos y sobrecostos debido a la mala planificación y gestión de proyectos, por lo que este estudio tiene por finalidad optimizar los recursos en la tecnología prediseñada y prefabricada mediante la tecnología Lean, donde se pudo observar que el diseño y la construcción siempre serán complementarias y que la reducción de recursos tienen un gran impacto en el presupuesto del proyecto.

Da Silva et al. (2020) en su artículo *Flexible-lean processes optimization: A case study in stone sector*, cuyo objetivo fue evaluar el impacto económico genera aplicar la metodología Lean, siendo una incorporación innovadora en la gestión de proyectos, donde se mostraron resultados positivos ya que gracias a la metodología Lean la capacidad de inversión es mejor.

1.2.2. Antecedentes nacionales

Banihashemi y Khalilzadeh (2020) en su investigación *Time-cost-quality-environmental impact trade-off resource-constrained project scheduling problem with DEA*

approach que tiene como finalidad evaluar la eficiencia de las actividades de proyecto con respecto al tiempo, costo, calidad e impacto ambiental esta investigación fue aplicada a un proyecto real que trata de la construcción de un abastecimiento de agua para una zona rural donde los resultados obtenidos mostraron que una buena planificación para ejecutar cada actividad conlleva a un compromiso óptimo entre tiempo, costo, calidad e impacto ambiental, concluyendo así que esta investigación puede ayudar a los proyectistas a elegir un modo de ejecución más adecuado para que la ejecución de proyecto sea con el menor tiempo, costo e impacto ambiental y con una óptima calidad.

Calderon (2020) en su proyecto para obtener el grado de máster cuyo título fue Implementación de Lean Construction en Cusco – Perú, donde tuvo la finalidad de implementar la metodología Lean Construction para mejorar la planificación, organización y ejecución de proyectos en el Cusco, teniendo como resultado que este método es más colaborativo y dinámico y finalmente es más eficiente, concluyendo que los métodos convencionales pueden ser eficaces pero no eficiente y es ahí donde la metodología Lean supera a las convencionales.

Ñavincopa, (2019) en su proyecto de investigación Mantenimiento rutinario por administración directa para optimizar la productividad en la red vial nacional región Lima, año 2019 consistió en determinar una mejora en la productividad durante la ejecución de obra de red vial nacional, esto se logró gracias a la metodología Lean Construction, donde los resultados mostraron que la productividad anterior fue de 16.86% y la productividad aplicando la metodología Lean fue de 29.54%, concluyendo que la metodología Lean incrementa en un 12.68% la productividad.

1.3.Objetivos

1.3.1. *Objetivo general*

Optimizar los recursos utilizando Lean Construction en movimiento de tierras de la habilitación urbana Terrazas de Lima Norte – Etapa 6.

1.3.2. *Objetivos específicos*

- Evaluar el uso de recursos en una obra de habilitación urbana en movimiento de tierras.
- Diseñar una planificación para optimizar los recursos de movimiento de tierras en la obra de habilitación urbana.
- Realizar formatos para mejorar la productividad, control de calidad, rendimiento y seguridad en base a la aplicación de herramientas Lean Construction en ejecución de las partidas de movimiento de tierras de la habilitación urbana.

1.4.Justificación

En nuestro país la construcción es muy importante para la economía, pero la productividad no se encuentra muy desarrollada como en otros países, por lo cual, debido a los desperdicios las obras resultan tener un costo muy elevado y no son terminados en el plazo establecido.

Es así que se debe evitar las pérdidas y desperdicios que se genera en la etapa de ejecución de un proyecto, es por ello que Lean Construction tiene la finalidad de identificar estas pérdidas y desperdicios por el mal uso de los recursos con un panorama claro para optar por buenas acciones, una mejor planificación y así obtener beneficios económicos y una mejor rentabilidad, así mismo será más eficiente y con mejor productividad ya que se trabajará de manera ordenada, con inteligencia y también será menos dificultoso para la mano de obra.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

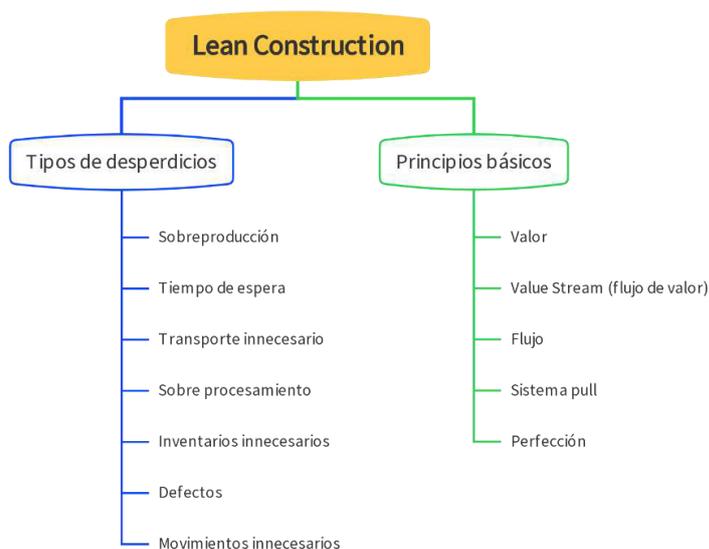
2.1.1. *Lean Construction*

2.1.1.1. Concepto de Lean Construction. Este modelo surgió hace 20 años de manera académica, sin embargo se empezó aplicar en Estados Unidos a partir de 2007, donde presentó excelentes resultados en cuanto a la reducción de costos, aumento en la productividad, cumplimiento de plazos, mayor calidad, aumento en la seguridad, mejor gestión de riesgo y mayor grado de satisfacción del cliente debido al buen rendimiento ya que este modelo impulsa el trabajo en equipo, identifica errores, resuelve de manera rápida los problemas y tiene mayor autogestión, por lo que, Lean Construction está basada en la gestión integral que consiste en la planificación del proyecto desde el diseño, ejecución y entrega final (Calderon, 2020).

A. Tipos de desperdicios. En la figura mostramos el tipo de desperdicios que se busca reducir y también presentamos los principios para eliminar desperdicios y obtener una mejor productividad.

Figura 1

Tipos de desperdicios y principios de Lean Construction.

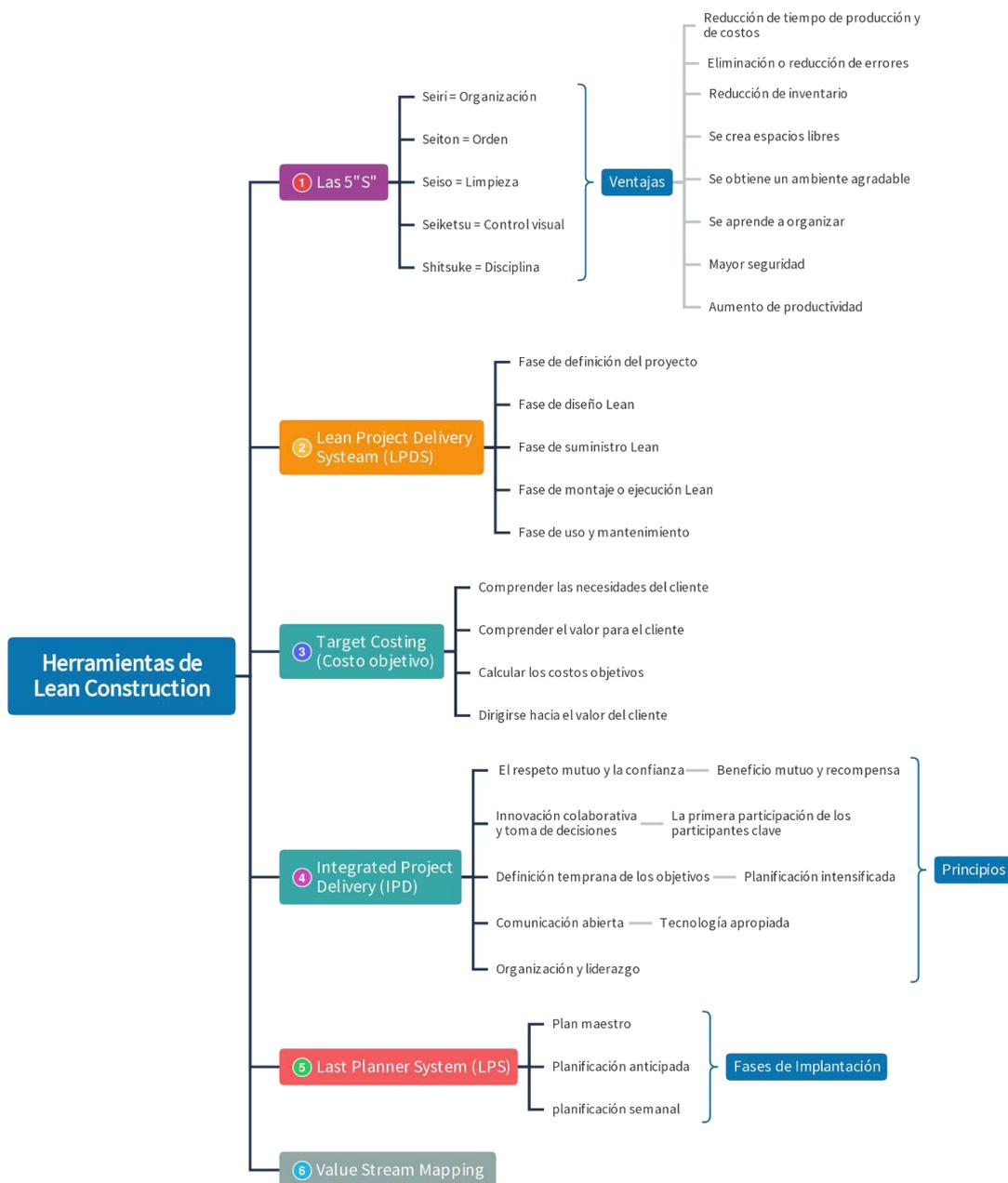


Nota. Adaptado de *Implementación de Lean Construction en Cusco – Perú*, por Calderon, 2020, Repositorio institucional UPV.

B. Herramientas Lean. Lean Construction tiene una variedad de herramientas y vamos a mostrar en la figura 2.

Figura 2

Herramientas de Lean Construction.



Nota. Adaptado de *Implementación de Lean Construction en Cusco – Perú*, por Calderon, 2020, Repositorio institucional UPV.

2.1.2. Optimización de recursos

2.1.2.1. Definición de recursos. Es el grupo de personas, bienes materiales, financieros y técnicos que requiere una empresa para realizar su proyecto y lograr los objetivos planteados y así tener como resultados bienes y servicios de alta calidad, los recursos solo se basan en los insumos necesarios para su ejecución por lo que en la actualidad las empresas buscan usar de manera racional los recursos (Astoquilca , 2019).

2.1.2.2. Clasificación de los recursos. Según el punto de vista social, existen tres clases de recursos como se observa en la figura 3.

Figura 3

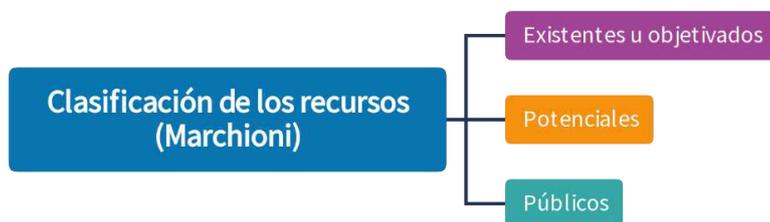
Clasificación de los Recursos según Gaitán Y Zamanillo.



Nota. La figura muestra las tres clases de recursos según el punto de vista social. Adaptado de *La Optimización de Recursos y su Influencia en la Gestión Administrativa del Gobierno Regional de Tacna, Año 2017*, por Astoquilca, 2020, Repositorio institucional UPT.

Figura 4

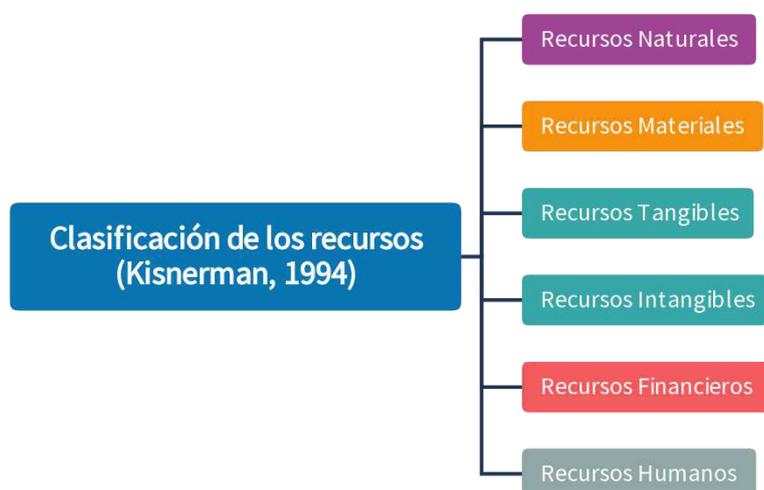
Clasificación de Recursos según Marchioni.



Nota. La figura muestra las tres clases de recursos según el punto de vista social. Adaptado de *La Optimización de Recursos y su Influencia en la Gestión Administrativa del Gobierno Regional de Tacna, Año 2017*, por Astoquilca, 2020, Repositorio institucional UPT.

Figura 5

Clasificación de los recursos según Kisnerman.



Nota. La figura muestra las tres clases de recursos según el punto de vista social. Adaptado de *La Optimización de Recursos y su Influencia en la Gestión Administrativa del Gobierno Regional de Tacna, Año 2017*, por Astoquilca, 2020, Repositorio institucional UPT.

Los recursos para un proyecto son todos los elementos que necesita una empresa para lograr su objetivo, y se clasifica según la figura 6.

Figura 6

Clasificación de recursos para un proyecto.



Nota. La figura muestra los recursos que necesita una empresa para ejecutar un proyecto. Adaptado de *La Optimización de Recursos y su Influencia en la Gestión Administrativa del Gobierno Regional de Tacna, Año 2017*, por Astoquilca, 2020, Repositorio institucional UPT.

2.1.2.3. Definición de optimizar. Es buscar la mejor manera de hacer algo, modificando la manera usual de hacer alguna cosa y obtener mejores resultados que lo usual, por ello optimizar es gestionar mejor acorde al objetivo que queremos lograr (Astoquilca , 2019)

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación será aplicada ya que se aplicará de manera directa a los problemas que existen en un proyecto de habilitación urbana, Terrazas de Lima Norte – Etapa 6, que ejecutará la empresa HERPUCON S.A., además, según Ñaupas et al. (2018) este tipo de investigación se basa en los resultados de una investigación básica, pura o fundamental de las ciencias naturales y sociales dónde se formulan problemas e hipótesis.

El nivel será explicativo, ya que se verificará que el proyecto cumpla con lo requerido tanto en el plazo como económicamente, bien además se dice que es explicativo debido a que el objetivo principal es la verificación de la hipótesis explicativa, que explican las relaciones de causas de las propiedades o dimensiones de los hechos, trabajan con hipótesis causales debido a que explican las causas de los hechos (Ñaupas et al., 2018).

El diseño será Preexperimental ya que la mano de obra de la empresa HERPUCON S.A. estará bajo observación para evidenciar los desperdicios y la optimización que se realizará. El diseño preexperimental no reúne los requisitos de los experimentos puros, por lo que no tienen validez interna realizando un control mínimo (Ñaupas et al., 2018).

3.2. Ámbito temporal y espacial

El estudio se desarrollará en la habilitación urbana, Terrazas de Lima Norte – Etapa 6, ubicada en la ciudad de Lima, entre febrero y setiembre.

3.3. Variables

3.3.1. Variable Independiente

La variable independiente es la que influye a la variable dependiente y no depende de otra variable (Ñaupas et al., 2018), por lo que la variable independiente de este proyecto es la Aplicación del Sistema Lean Construction.

3.3.2. Variable Dependiente

La variable dependiente es aquella que dentro de una hipótesis representa la consecuencia, efecto o fenómeno que se va a estudiar (Ñaupas et al., 2018), es así como se determinó que la variable dependiente de esta investigación es la optimización de recursos en movimiento de tierras de la H.U las Terrazas de Lima Norte.

3.3.3. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de Variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Índice/ítems	Escala
VI Aplicación del sistema Lean Construction	Desperdicios	Sobreproducción	Seg.	Razón
		Tiempo de espera	Seg.	
		Transporte innecesario	Seg.	
		Sobre procesamiento	Seg.	
		Inventarios innecesarios	Seg.	
		Defectos	Seg.	
		Movimientos innecesarios	Seg.	
		Valor	%	Razón

		Flujo de valor	%		
	Principios básicos	Flujo	%		
		Sistema pull	%		
		Perfección	%		
VD	Optimización de recursos en movimiento de tierras	Recursos Humanos	Mano de obra	%	Razón
		Recursos Materiales	Materia prima	%	
		Recursos Financieros	Gastos administrativos	%	
		Recursos Tecnológicos	Maquinaria	%	

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población es definida como el total de las unidades de estudio, que contiene las características requeridas para ser consideradas como tales (Ñaupas et al., 2018), por ello la población para este estudio estará constituida por la obra de Habilitación Urbana, Terrazas de Lima Norte - HERPUCON S.A.

3.4.2. Muestra

Es la porción de la población que por lo tanto tiene las características necesarias para la investigación, es suficientemente clara para que no haya confusión (Ñaupas et al., 2018), es así como la muestra está constituida por los recursos de movimientos de tierras de la obra de la Etapa 6 de la Habilitación Urbana, Terrazas de Lima Norte – Etapa 6 de la empresa HERPUCON S.A.

Las partidas que se analizan en el actual proyecto tienen un periodo de tiempo de 10 semanas según la Tabla 2.

Tabla 2*Partidas analizadas del proyecto*

01.00.00	OBRAS PRELIMINARES
01.01.00	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS
01.02.00	CASETA DE OBRA, CONSTRUC. PROV. Y GUARDIANÍA
01.03.00	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS
02.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS
02.01.00	CORTE Y RELLENO DE MATERIAL
02.01.01	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA
02.01.02	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN ROCA FRACTURADA CON MAQUINARIA
02.01.03	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN ROCA FIJA C/MAQUINARIA
02.01.04	RELLENO CON MATERIAL PROPIO.
02.02.00	ACARREO Y ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE
02.02.01	TRASLADO INTERNO DE MATERIAL SUELTO
02.02.02	ELIMINACIÓN EXTERNA DE MATERIAL EXCEDENTE - MATERIAL SUELTO
02.02.03	ELIMINACIÓN EXTERNA DE MATERIAL EXCEDENTE – ROCA

3.5.Instrumentos

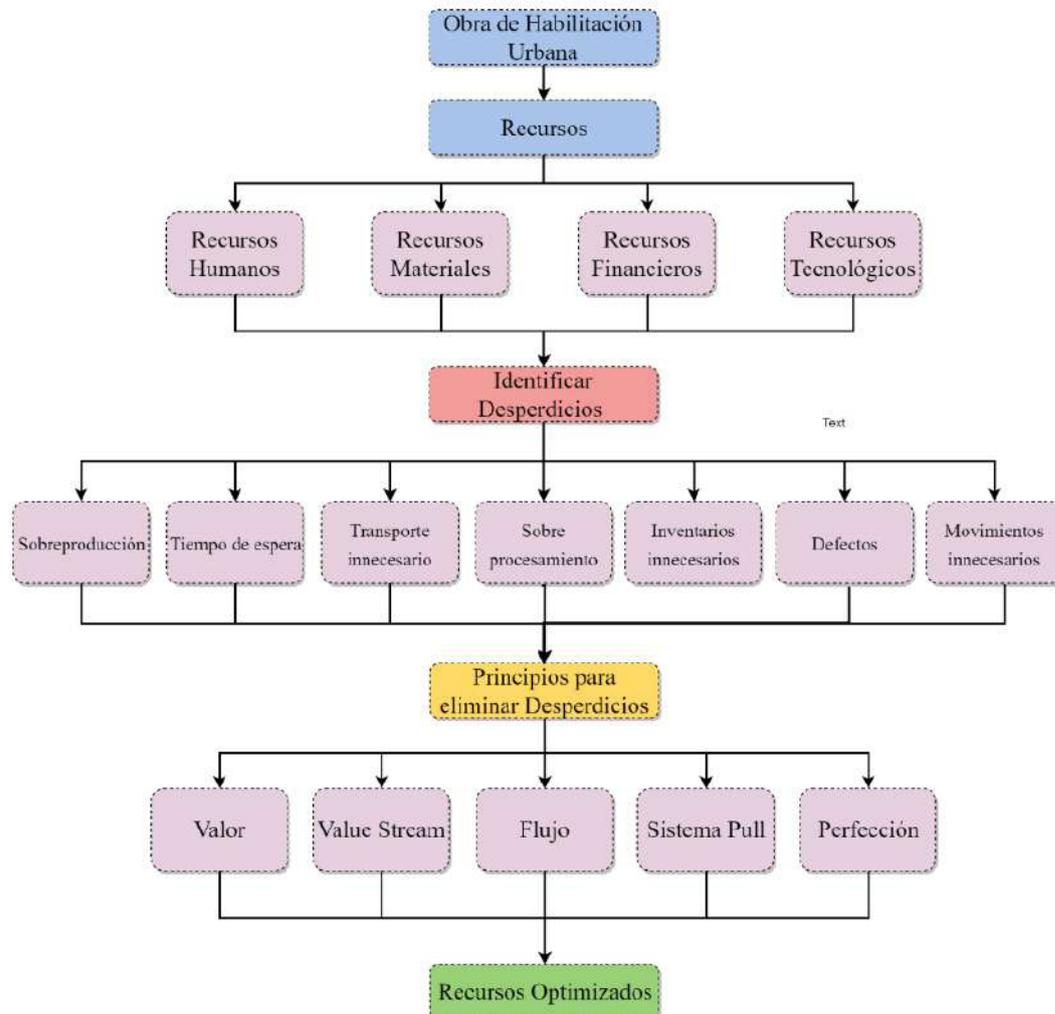
Las técnicas serán las adecuadas para verificar las hipótesis empíricas planteadas mediante instrumentos para cada técnica (Ñaupas et al., 2018).

- ❖ Guía de observación: Se utilizará una libreta de apuntes para registrar los equipos, materiales que ingresan y salen, así mismo el tiempo de ingreso y de salida de la mano de obra.
- ❖ Guía de análisis de documentos: se utilizará una guía de Lean Construction para identificar los desperdicios que hay en cada recurso.

3.6.Procedimientos

Figura 7

Diagrama de Flujo de procedimientos de Optimización de Recursos.



3.7.Análisis de datos

Se usará la estadística descriptiva, ya que es un método para organizar, resumir y presentar los datos de manera informativa y tiene como finalidad presentar de manera apropiada las características de los datos que pertenecen al conjunto (Ñaupas et al., 2018).

IV. RESULTADOS

4.1.Desarrollo del proyecto

El proyecto de habilitación urbana Las Terrazas de Lima Norte, ubicada en el distrito de Santa Rosa, perteneciente a la provincia de Lima Norte, departamento de Lima.

Figura 8

Mapa ubicación del proyecto.



Nota. El proyecto se encuentra ubicado 2.7 km de la municipalidad de Santa rosa

Se puede llegar al Balneario a través de la Av. Panamericana Norte y la Av. Alejandro Bertello, ambas vías se encuentran pavimentadas y en buen estado.

Considerando que el proyecto se encuentra ubicado en la ciudad de lima cuyo clima es basta peculiar pues pese a estar ubicada en una zona tropical presenta un

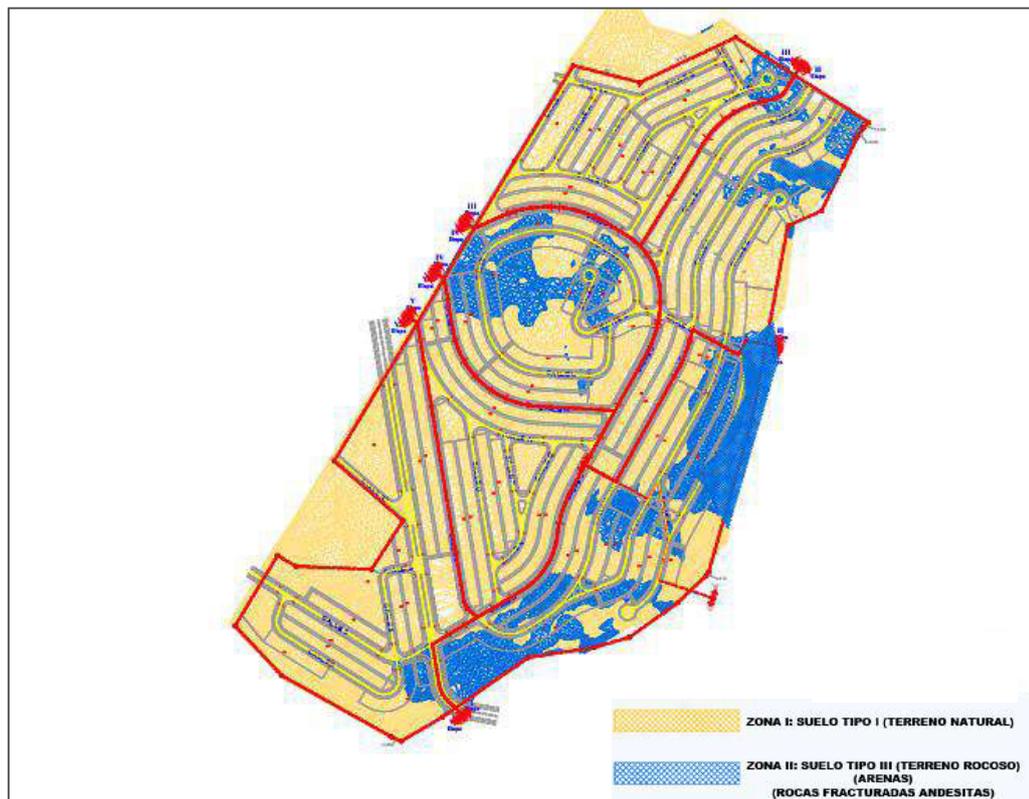
microclima afectado por la corriente de Humboldt, dándole un clima subtropical, desértico y húmedo a la vez.

Con una humedad relativa alta (hasta 100%), produciendo neblina persistente de junio a diciembre hasta la entrada de verano cuyas nubes son menores.

El estudio geológico caracterizó la zona del proyecto en dos tipos de suelos: Tipo I (Terreno natural) y Tipo III (Terreno rocoso, fracturadas andesitas y arenas). A continuación se muestra un gráfico:

Figura 9

Caracterización geotécnica de la HU Terrazas de Lima Norte.



Nota. El proyecto se encuentra sectorizado en seis etapas, y en la figura se las muestra delimitadas por líneas rojas.

4.2. Breve descripción de la empresa

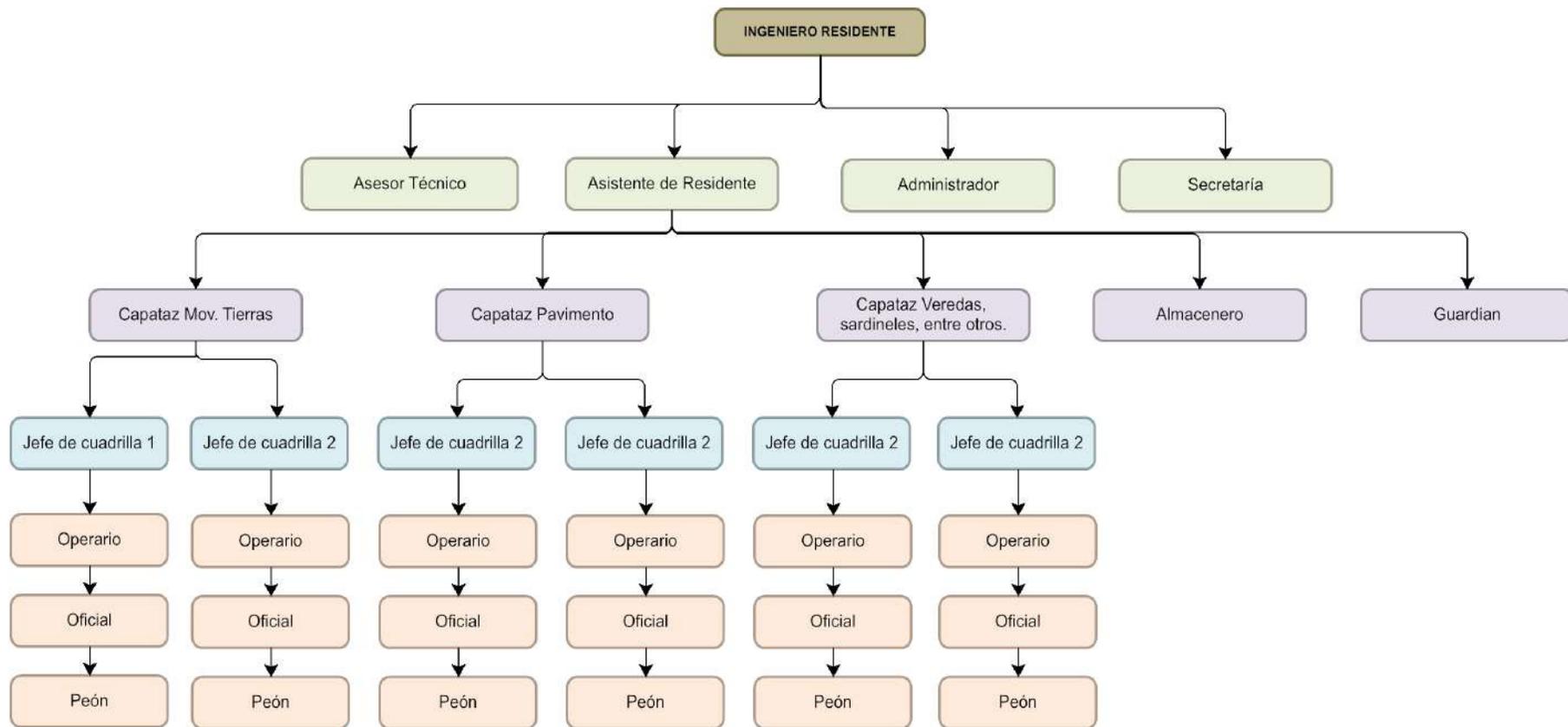
Hermanos Puchuri Constructora S.A. (HERPUCON S.A.) es una empresa constructora peruana que diversifica sus áreas de trabajos en distintos aspectos ingenieriles, que desarrolla proyectos constructivos fomentando el avance del país, y cumpliendo con las necesidades del cliente. Cuenta con un grupo de profesionales especializados en distintas ramas de ingeniería.

La empresa se fundó en 1997, en el distrito de San Isidro, provincia de Lima, departamento de Lima; contando con más de 25 años de experiencia en el rubro, generando un crecimiento notable a través de ejecuciones de obra de primera calidad en todo el país.

4.3. Organigrama

Figura 10

Organigrama del personal técnico de empresa constructora "HERPUCON S.A"



4.4. Evaluación del uso recursos en movimientos de tierras

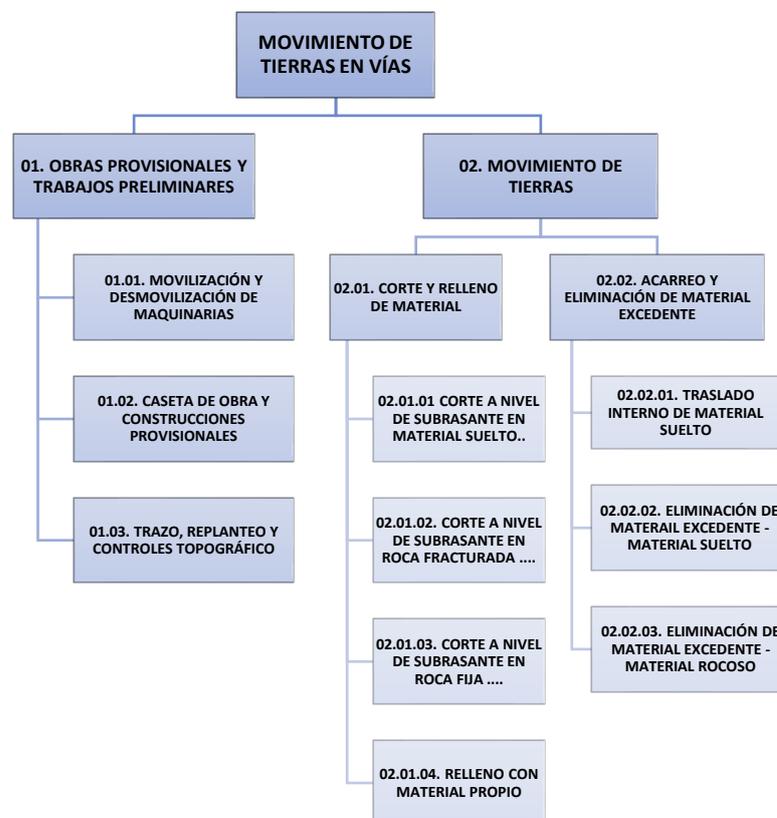
Se analizaron las tareas de movimiento de tierras correspondientes a la tercera fase del proyecto, que abarca un área de 51 220.66 m². *Ver Anexo 2*

Se examinó la utilización empleando como métricas el Porcentaje del Plan Cumplido (PPC) y la eficiencia semanal de la mano de obra, maquinaria y materiales. También se vinculó el desempeño de los gastos administrativos con el presupuesto y la duración de las tareas.

Para entender el contexto bajo el que se desarrollan las actividades se elaboró un esquema desglosable del trabajo (EDT) de las actividades.

Figura 11

Esquema desglosable del trabajo de las actividades de movimiento de tierras en vías



4.4.1. Presupuesto de movimiento de tierras

El proyecto tuvo un costo directo total para las partidas de estudio, de 2,023,062.50 soles. Al inicio, el proyecto se aprobó con el siguiente presupuesto, el cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.

Presupuesto de movimiento de tierras en las terrazas de Lima Norte – III Etapa

HABILITACION URBANA LAS TERRAZAS DE LIMA NORTE - III ETAPA					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	P. UNITARIO S/.	PARCIAL S/.
MOVIMIENTO DE TIERRAS EN VÍAS					
01.00	OBRAS PRELIMINARES				
01.01	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS	GLB	0.50	S/.10,000.00	S/.5,000.00
01.02	CASETA DE OBRA, CONSTRUC. PROV. Y GUARDIANÍA	GLB	0.50	S/.18,500.00	S/. 9,250.00
01.03	TRAZO, REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	M2	19,068.15	S/. 1.53	S/.29,174.27
02.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
02.01	CORTE Y RELLENO DE MATERIAL				
02.01.01	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	M3	31,021.62	S/. 6.17	S/.191,403.40
02.01.02	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN ROCA FRACTURADA C/ MAQUINARIA	M3	41,001.62	S/. 20.94	S/.85,8573.92
02.01.03	CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE MATERIAL ROCA FIJA C/MAQUINARIA	M2	2,584.45	S/. 76.44	S/.197,555.36
02.01.04	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	M2	1,012.77	S/. 21.53	S/. 21,804.94

02.02	ACARREO Y ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE				
02.02.01	TRASLADO INTERNO DE MATERIAL EXCEDENTE – MATERIAL SUELTO	M3	28,197.69	S/. 13.00	S/.366,569.96
02.02.02	ELIMINACIÓN EXTERNA DE MATERIAL EXCEDENTE - MATERIAL SUELTO	M3	6,312.49	S/. 20.00	S/.126,249.76
02.02.03	ELIMINACIÓN EXTERNA DE MATERIAL EXCEDENTE – MATERIAL ROCOSO	M3	9,691.66	S/. 22.44	S/.217,480.87

COSTO DIRECTO	S/. 2,023,062.50
----------------------	-------------------------

4.4.2. *Plazo de ejecución de movimiento de tierras en vías*

El plazo de ejecución para finiquitar las partidas antes mencionadas para el presente estudio fue de 10 semanas, a partir de la fecha que se efectuara la entrega del terreno donde se pretende desarrollar el proyecto.

4.4.3. Rendimiento de los recursos

Se cuantificaron por tanto las ratios de horas hombre por partidas tomando en cuenta el rendimiento por partidas.

Tabla 4

Ratios de HH y HM para Trazo, replanteo y controles topográfico.

TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS					
Partida					
Rendimiento	1,500.0000	M2/DIA		Metrado	19
				total:	068.15
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Ratios	
CAPATAZ	HH	0.1000	0.0005	10.17	
TOPOGRAFO-OPERARIO	HH	1.0000	0.0053	101.70	
PEON	HH	2.0000	0.0107	203.39	

Tabla 5

Ratios de HH y HM para Corte a nivel de subrasante en material suelto con maquinaria

CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA					
Partida					
Rendimiento	550.0000	M3/DIA		Metrado:	31,021.62
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Ratios	
		a			
Mano de Obra					
CAPATAZ	HH	0.2000	0.0029	90.24	
OFICIAL	HH	1.0000	0.0145	451.22	
PEON	HH	1.0000	0.0145	451.22	
Maquinaria					
EXCAVADORA ORUGA	HM	1.0000	0.0145	451.22	

Nota. Los rendimientos son los mismos para la partida de corte en roca fracturada.

Tabla 6

Ratios de HH y HM de Corte a nivel de subrasante en roca fija con maquinaria.

CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN ROCA FIJA					
C/MAQUINARIA					
Partida					
Rendimiento	200.0000	M3/DIA		Metrado: 2,584.45	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Ratios	
Mano de Obra					
CAPATAZ	HH	0.2000	0.0080	20.68	
OFICIAL	HH	1.0000	0.0400	103.38	
PEON	HH	1.0000	0.0400	103.38	
Maquinaria					
EXCAVADORA ORUGA	HM	1.0000	0.0400	103.38	

Tabla 7

Ratios de HH y HM de Relleno con material propio.

RELLENO CON MATERIAL PROPIO					
Partida					
Rendimiento	400.0000	M3/DIA		Metrado: 1,012.77	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Ratios	
Mano de Obra					
CAPATAZ	HH	0.2000	0.0040	4.05	
OFICIAL	HH	0.5000	0.0100	10.13	
PEON	HH	2.0000	0.0400	40.51	
Maquinaria					
RETROEXCAVADORA	HM	1.0000	0.0200	22.25	
RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135	HM	0.7000	0.0140	14.18	

Tabla 8

Ratios HH y HM de la eliminación de material excedente - material suelto

Partida	ELIMINACIÓN EXTERNA DE MATERIAL EXCEDENTE – MATERIAL SUELTO				
Rendimiento	510.0000	M3/DIA		Metrado:	6,312.49
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Ratios	
Mano de Obra					
CAPATAZ	HH	0.2000	0.0031	19.80	
OFICIAL	HH	1.0000	0.0157	99.02	
PEON	HH	1.0000	0.0157	99.02	
Maquinaria					
EXCAVADORA ORUGA	HM	1.0000	0.0157	87.50	
CAMION VOLQUETE 15M3	HM	5.0000	0.0784	436.96	

Tabla 9

Ratios HH y HM de la eliminación externa de material excedente – material rocoso

Partida	ELIMINACIÓN EXTERNA DE MATERIAL EXCEDENTE – MATERIAL ROCOSO				
Rendimiento	510.0000	M3/DIA		Metrado	9,691.66
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Ratios	
Mano de Obra					
CAPATAZ	HH	0.2000	0.0031	30.40	
OFICIAL	HH	1.0000	0.0157	152.03	
PEON	HH	1.0000	0.0157	152.03	
Maquinaria					
EXCAVADORA ORUGA	HM	1.0000	0.0157	152.03	
CAMION VOLQUETE 15M3	HM	5.0000	0.0842	760.13	

Nota. Se emplea por m³: 0.0031 HH de Capataz, 0.0157 HH de Oficial, 0.0157 HH de Peón, 0.0157 HM de Excavadora Oruga Y 0.0784 HM de Camión Volquete.

Los gastos administrativos en la ejecución de un proyecto generalmente incluyen todos los costos asociados con la gestión y administración del proyecto. Esto puede abarcar salarios y honorarios del personal administrativo y de gestión, costos de oficina, suministros de oficina, comunicaciones, viajes y viáticos, seguros, servicios públicos, alquiler de equipo de oficina, gastos legales y contables, entre otros.

Estos gastos son necesarios para garantizar una adecuada coordinación, supervisión y seguimiento del proyecto a lo largo de su ejecución. Se detallan a

continuación los gastos administrativos. Se considerarán los gastos administrativos que influyen en la partida de movimiento de tierras.

Tabla 10

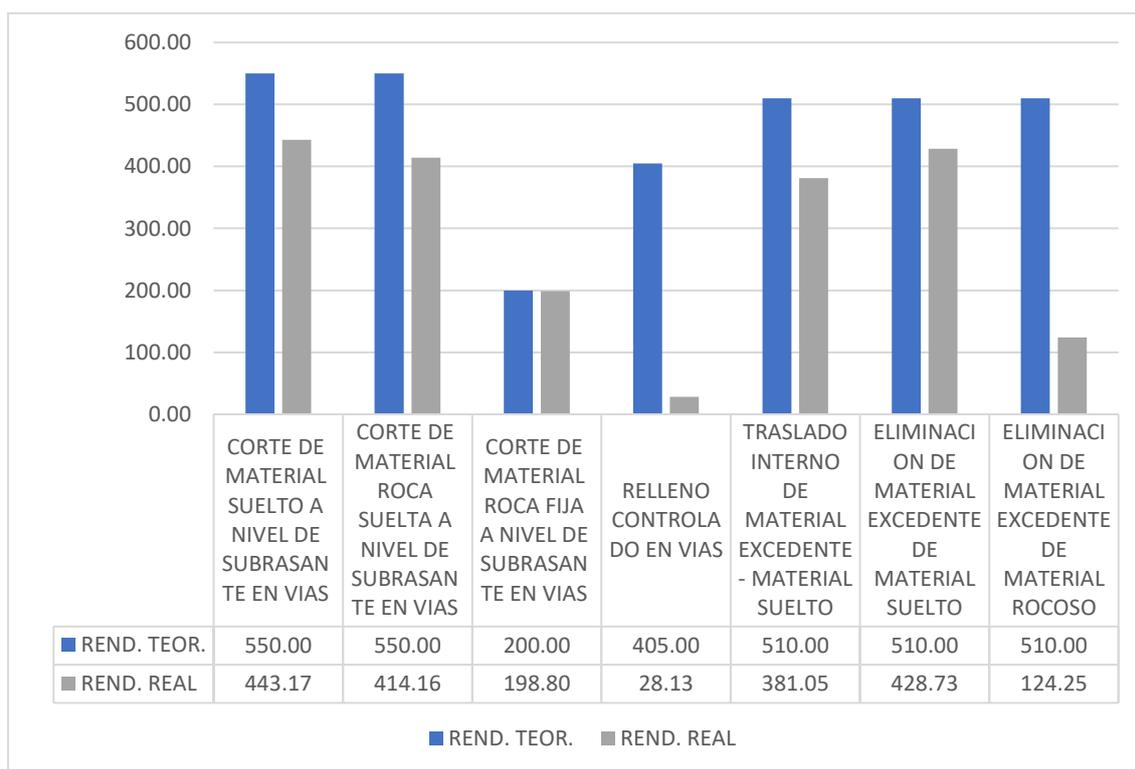
Gastos administrativos asociados directamente a la partida de movimiento de tierras.

CONCEPTO	UND	PRECIO		% TIEMPO DESTINADO	PARCIAL
		CANT	UNITARIO		
OFICINA PRINCIPAL	MES	2.17	40,000.00	20.00%	17,333.33
PERSONAL					
ING RESIDENTE - ING. CIVIL	MES	2.17	8,000.00	100.00%	17,333.33
ING ASISTENTE - ING. CIVIL	MES	2.17	3,500.00	100.00%	7,583.33
MAESTRO DE OBRA	MES	2.17	4,500.00	100.00%	9,750.00
ADMINISTRADOR DE OBRA	MES	2.17	3,500.00	100.00%	7,583.33
CHOFER	MES	2.17	2,500.00	100.00%	5,416.67
PREVENIONISTA DE OBRA	MES	2.17	3,200.00	100.00%	6,933.33
OTROS					
AGUA PARA PERSONAL	MES	2.17	2,000.00	100.00%	4,333.33
COMUNICACIONES	MES	3.00	400.00	100.00%	1,200.00
COMBUSTIBLE - CAMIONETA	MES	2.17	1,000.00	100.00%	2,166.67
PRUEBAS DE LABORATORIO	UND	225.00	45.00	100.00%	10,125.00
VIATICOS Y PASAJES DEL	MES	3.00	1,200.00	100.00%	3,600.00
ALQUILER DE OFICINA	MES	3.00	2,500.00	100.00%	7,500.00

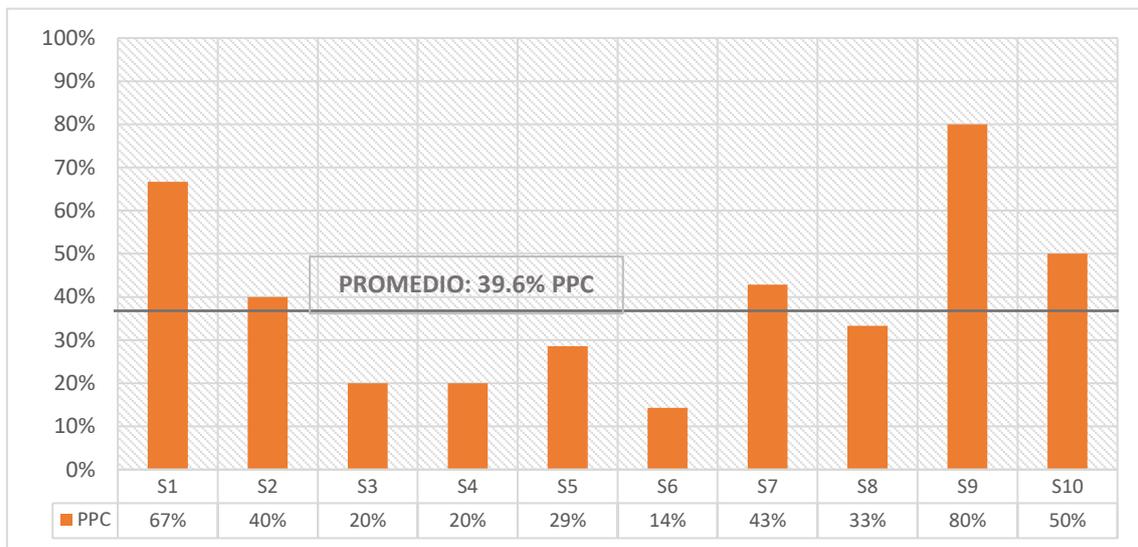
UTILIES PARA OFICINA -	MES	2.17	700.00	100.00%	1,516.67
EQUIPOS					
CAMIONETA (ALQUILER)	MES	2.17	3,500.00	100.00%	7,583.33
SEGURIDAD					
COVID	GLB	1.00	6,000.00	100.00%	7,000.00
EPP Y OTROS DE SEGURIDAD	MES	2.17	6,000.00	100.00%	13,000.00
TOTAL GENERAL					S/ 112,625.00

Figura 13

Análisis de cuello botella

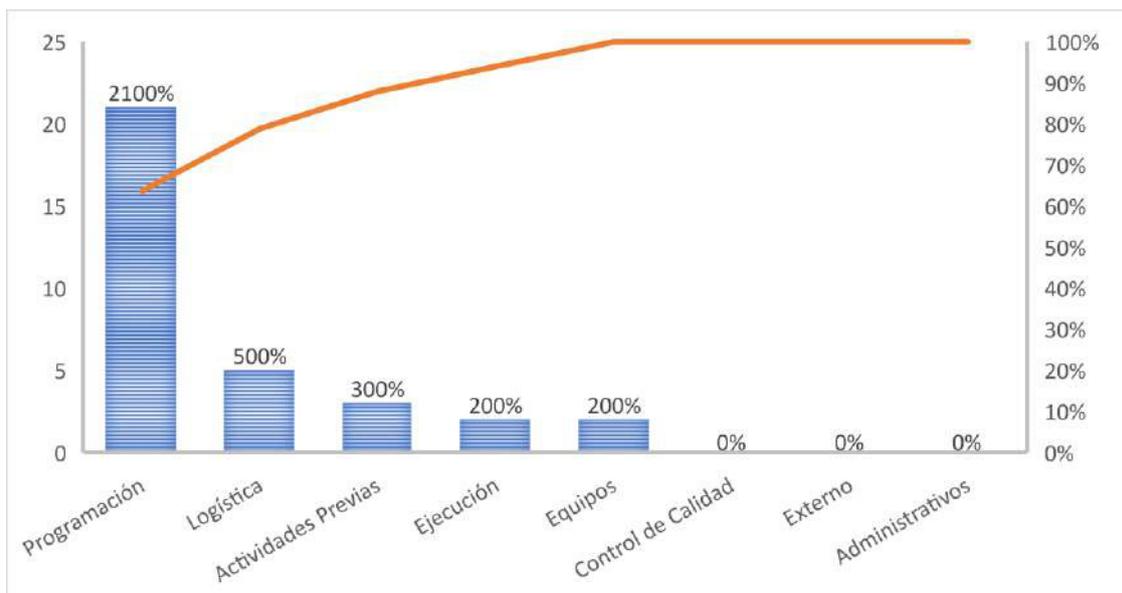


Además, se llevó a cabo un análisis de las causas del incumplimiento de las actividades, siendo la falta de reprogramación la principal causa de una planificación deficiente.

Figura 14*Porcentaje de Plan Cumplido (PPC)*

Nota. El PPC en promedio fue del 39.6% con tendencia positiva.

Finalmente, mediante la revisión documentaria de los informes semanales se verificó el porcentaje del plan cumplido según el cronograma.

Figura 15*Diagrama de Pareto para causas de no cumplimiento*

4.4.4. Oportunidades de optimización

Tras analizar el aprovechamiento de los recursos, se ha identificado que la principal razón del incumplimiento de actividades, alcanzando un 64%, es la deficiente planificación. Para abordar este problema, se propone diseñar un plan de mejora que reemplace el sistema de programación convencional hacia uno más flexible, basado en el concepto de "Sistema Pull".

Se puede optimizar el flujo de trabajo reorganizando las actividades de manera más eficiente y eliminando cuellos de botella. Esto puede implicar la reorganización de tareas, la reubicación de recursos o la implementación de sistemas de trabajo en equipo más colaborativos que permitan mejorar la productividad y eficiencia en general.

Se puede promover una comunicación clara y abierta entre todos los miembros del equipo para identificar y resolver problemas de manera colaborativa. puede ayudar a prevenir retrasos y asegurar que todos estén alineados con los objetivos del proyecto.

Se puede implementar prácticas que maximicen la productividad de la mano de obra, como asignar tareas de manera equitativa, proporcionar capacitación adecuada y utilizar equipos especializados cuando sea necesario.

4.5. Plan de optimización de recursos

4.5.1. Proyecto: *Habilitación Urbana Terrazas de Lima Norte – VI Etapa*

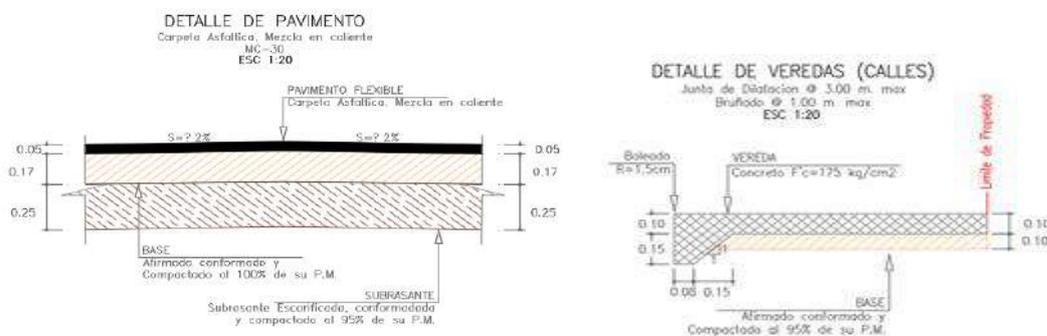
El presente proyecto es gestionado por Los Portales S.A, a través de la gerencia de operaciones la cual tiene planeado la ejecución del proyecto “Habilitación Urbana Terrazas de Lima Norte – VI Etapa”. La ejecución del proyecto la construcción de pistas y veredas, así como todos los componentes necesarios para el diseño de Lotización y manzaneo cuyas áreas se muestran a continuación.

Tabla 11*Áreas del Proyecto*

Área de Vías locales (m ²)	Área de Veredas y Bermas	Área de Recreación (m ²)	Área de Lotes (m ²)	Área Total (m ²)
11240.86	4993.25	3115.71	28327.85	74067.95

El criterio general ha sido tomar el ancho de vía mínimo para urbanizaciones de 5.40 y 6.60 en cuanto a las pistas. Para las veredas se tiene un ancho reglamentario de 1.20 en calles como mínimo y de 2.40 en avenidas. Así mismo comprende Bermas de terreno natural y confinado con sardineles de 0.15 m.

Para el proyecto se presentó un diseño de pavimento flexible básico que presenta una subrasante escarificada y compactada al 95% de su máxima densidad seca en un espesor de 0.25 m y una base granular con un espesor de 0.175m compactado al 100%. Mientras que para veredas empleó únicamente una base de material granular con un espesor de 0,10 m.

Figura 16*Detalle de pavimento y veredas*

Los metrados se han generado utilizando los planos actuales (ver Anexo N°02), derivados del levantamiento topográfico, que incluyen la planta, perfiles longitudinales y

secciones transversales de las calles y pasajes. Para calcular los volúmenes de tierra removida, se aplicó el método del diagrama de masa, obteniéndose un total de 10,264.71 m³ en volumen de corte y 32,241.77 m³ en volumen de relleno.

Mientras que las partidas se consideraron en dos grupos, partidas de suministro y de instalación de materiales.

Tabla 12

Partidas de suministro de materiales.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND
1.00.00	OBRAS PRELIMINARES	
1.01.00	Movilización y desmovilización de equipo	Glb
1.02.00	Caseta para almacén y construcciones provisionales, guardianía	Glb
2.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS	
2.01.00	Suministro de base granular (afirmado) para calles (e=0.175m)	m ³
2.02.00	Suministro de base granular (afirmado) para veredas, martillos y rampas (e=0.10m)	m ³

Tabla 13

Partidas de instalación de materiales

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND
1.00.00	OBRAS PRELIMINARES	
1.03.00	Trazo replanteo y controles topográficos	m ²
2.00.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS	
2.03.00	CORTE DE MATERIAL	
2.03.01	Corte a nivel de subrasante en material suelto con maquinaria	m ³
2.03.02	Corte a nivel de subrasante en roca fracturada con maquinaria	m ³
2.03.03	Relleno con material propio, conformación y compactación	m ³

2.03.04	Conformación, escarificado e=0.25m y compactación de subrasante (calles)	m2
2.03.05	Preparación de subrasante para veredas y pasajes	m2
2.04.00	ELIMINACION DE MATERIAL	
2.04.01	Eliminación externa de material excedente	m3
2.05.00	COLOCACION DE MATERIAL	
2.05.01	Conformación de base granular (afirmado) en calles e= 17.5 cm compactado al 100%PM	m2
2.05.02	Conformación de base granular (afirmado) en veredas y pasajes e=10cm compactado con equipo liviano	m2

4.5.2. Descripción de las herramientas Lean

A partir de la evaluación de la situación actual, se recomienda adoptar un plan de mejora que utilice metodologías Lean, como el análisis de puntos críticos, ajustes en los tiempos de espera y la introducción de sistemas visuales de seguimiento y control.

Además, se propone la integración de la mejora continua como principio fundamental, permitiendo que los datos recopilados sirvan como retroalimentación valiosa para proyectos futuros. Por tanto, se propone la siguiente estructura en fin de optimizar los recursos en las actividades de movimientos de tierras.

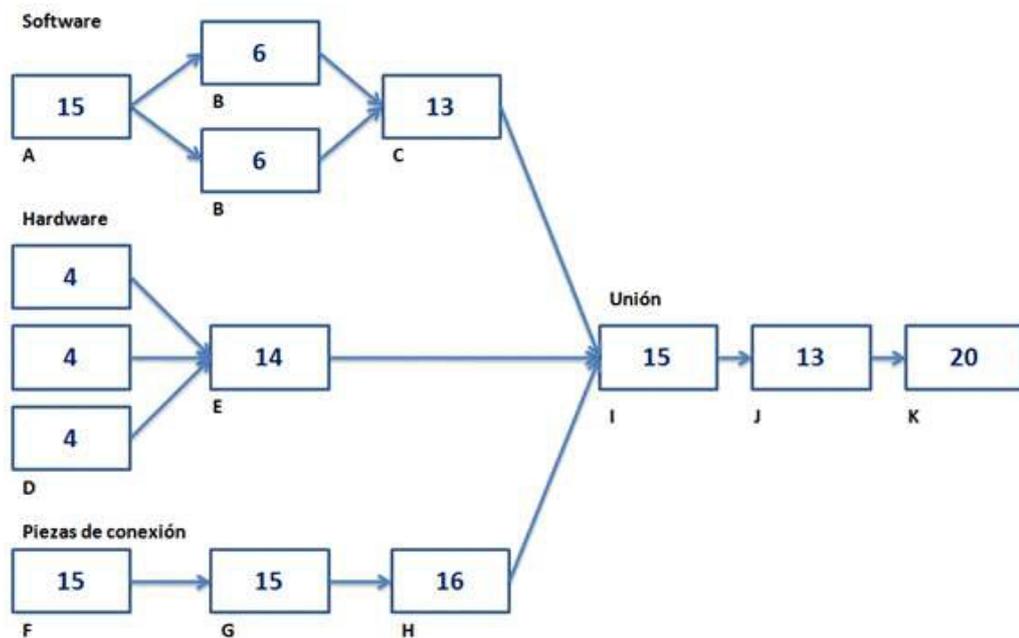
4.5.2.1. Análisis de los cuellos botella (TOC). Se planea evaluar cada actividad e identificar cual de todas determina el ritmo de producción. Este análisis implica el mapeo detallado del proceso a recopilación de datos sobre tiempos de ejecución y capacidades de recursos, la identificación de cuellos de botella y la evaluación de soluciones para mitigar o eliminar estos puntos críticos.

Este análisis se utiliza también en contextos empresariales o industriales para mejorar la eficiencia y la productividad. Puesto que identificar los cuellos de botella es crucial para optimizar el rendimiento general del sistema y garantizar que los recursos se

utilicen de manera eficiente. Al abordar los cuellos de botella de manera efectiva, las organizaciones pueden mejorar la eficiencia operativa y reducir los tiempos de espera de los productos o servicios entregados.

Figura 17

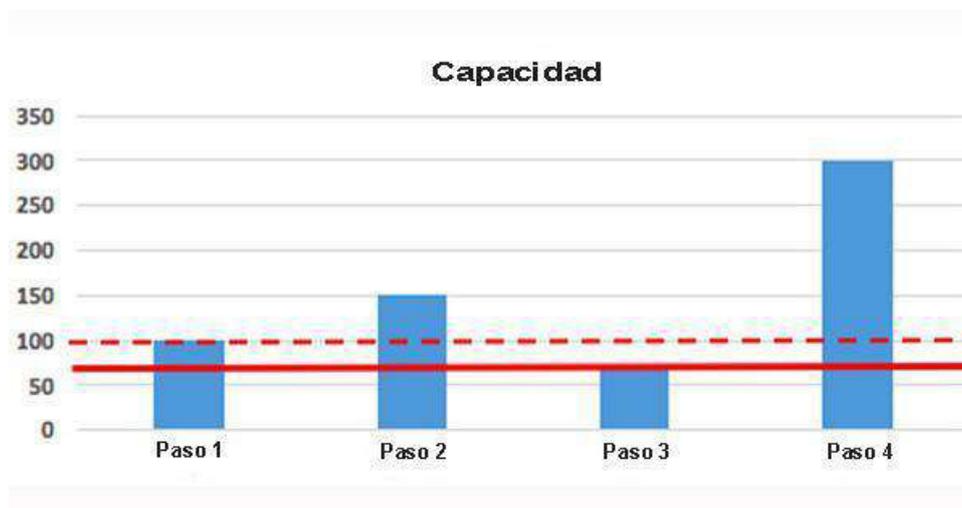
Identificación de los cuellos de botella en el flujo de trabajo



Los cuellos de botella también se pueden hallar en la capacidad que tiene la empresa ya sea por maquinaria, mano de obra, etc. Pudiendo de esta forma variar el rendimiento de alguna actividad en alguna de las actividades de trabajo.

Figura 18

Identificación de los cuellos de botella en la capacidad de trabajo.



Nota. Adaptada de *Lean Construction y la planificación colaborativa*, por Pons y Rubio, 2019, Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.

4.5.2.2. Buffer Tiempo. El plan de optimización contempla el uso de un único buffer de tiempo puesto que así lo amerita la planificación proyectada en el Pull Planning, Para esto primero En primer, se busca identificar los puntos críticos del proceso, donde se acumula tiempo innecesario o se generan esperas. Esto implica un análisis detallado de cada fase del flujo de trabajo para detectar posibles cuellos de botella o áreas de subutilización de recursos.

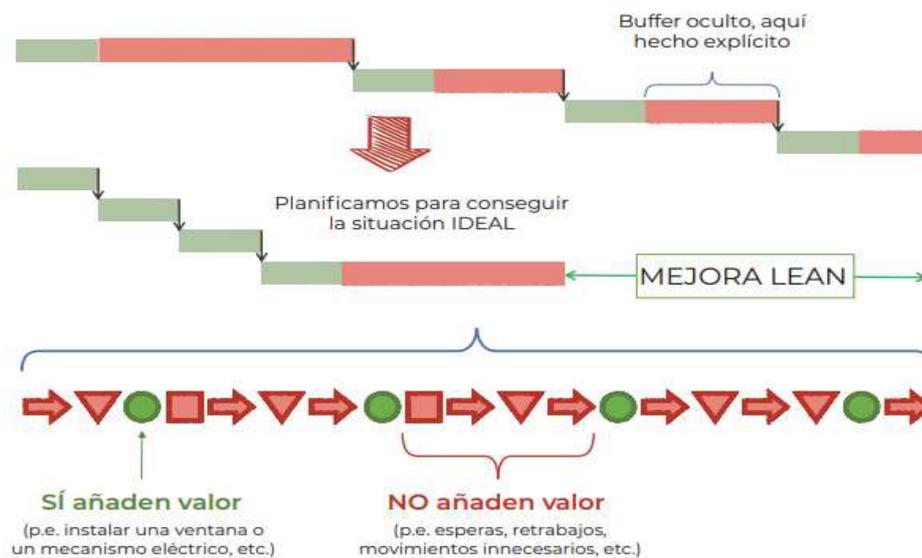
Una vez identificados estos puntos, se procede a reubicar estratégicamente los buffers de tiempo. Esto implica redistribuir los recursos y ajustar los tiempos de espera de manera inteligente, con el objetivo de minimizar los tiempos muertos y optimizar el flujo del proceso.

En este contexto, se pueden implementar tácticas bajo el contexto de la identificación y reubicación de los buffers de tiempo, lo que permite la sincronización de

tareas, la asignación eficiente de personal y la revisión de los tiempos de ciclo para asegurar una utilización óptima de los recursos disponibles.

Figura 19

Flujo de valor en construcción, identificación y reubicación de buffers.

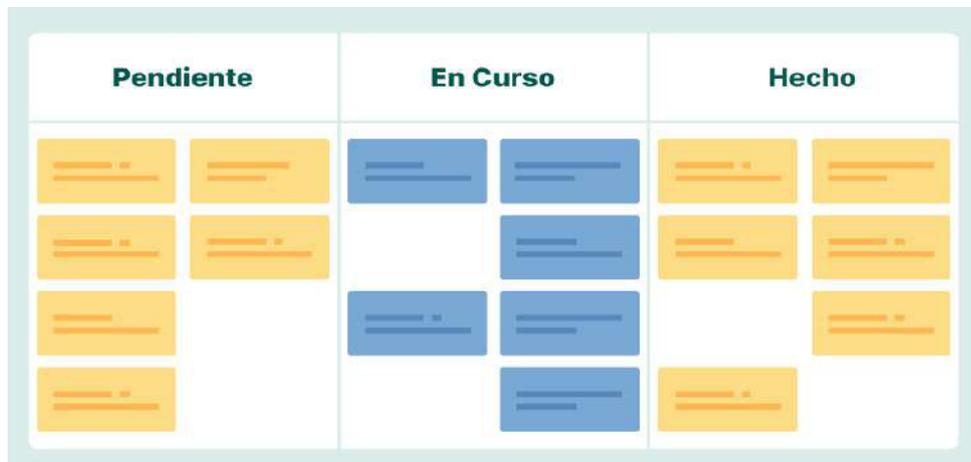


Nota. Adaptada de *El análisis de la construcción sin pérdidas (Lean Construction) y su relación con el Project & Construction Management: propuesta de regulación en España y su inclusión en la ley de la ordenación de la edificación*, por Brioso, 2016, Repositorio de la Universidad Politécnica de Valencia.

4.5.2.3. Tableros Kanban (Sistema Pull). El plan de optimización de recursos contempla la implementación de tableros Kanban dentro de la gestión Lean, esta se llevó a cabo mediante la representación de los tableros mediante el uso de tarjetas que representan unidades de trabajo, las cuales se desplazarán a través de columnas que reflejan diferentes estados o etapas del proceso, desde la planificación hasta la finalización.

Figura 20

Estructura del tablero Kanban



Las tarjetas además deberán clasificarse según su importancia o valor, permitiendo a los equipos centrarse en las tareas más cruciales antes de abordar las de menor prioridad. La colaboración y la transparencia son fomentadas, ya que el tablero proporciona una visión clara del trabajo en curso para todos los miembros del equipo, facilitando la participación en la resolución de problemas y la toma de decisiones.

Estas nos permitirán monitorear el estado de las actividades y tomar decisiones en base a estas, sobre todo cuando las actividades presentan restricciones. Al seguir el movimiento de las tarjetas a través del tablero, los equipos pueden identificar cuellos de botella y áreas de mejora en el proceso, lo que contribuye a la optimización continua del flujo de trabajo para maximizar la eficiencia.

Figura 21

Ejemplo de una Pull Session para la ejecución de la actividad.



Nota. Adaptada de *Lean Construction y la planificación colaborativa*, por Pons y Rubio, 2019, Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.

En conjunto, la implementación de tableros Kanban se traduce en una gestión eficiente de recursos y procesos, contribuyendo a una entrega más efectiva de productos o servicios.

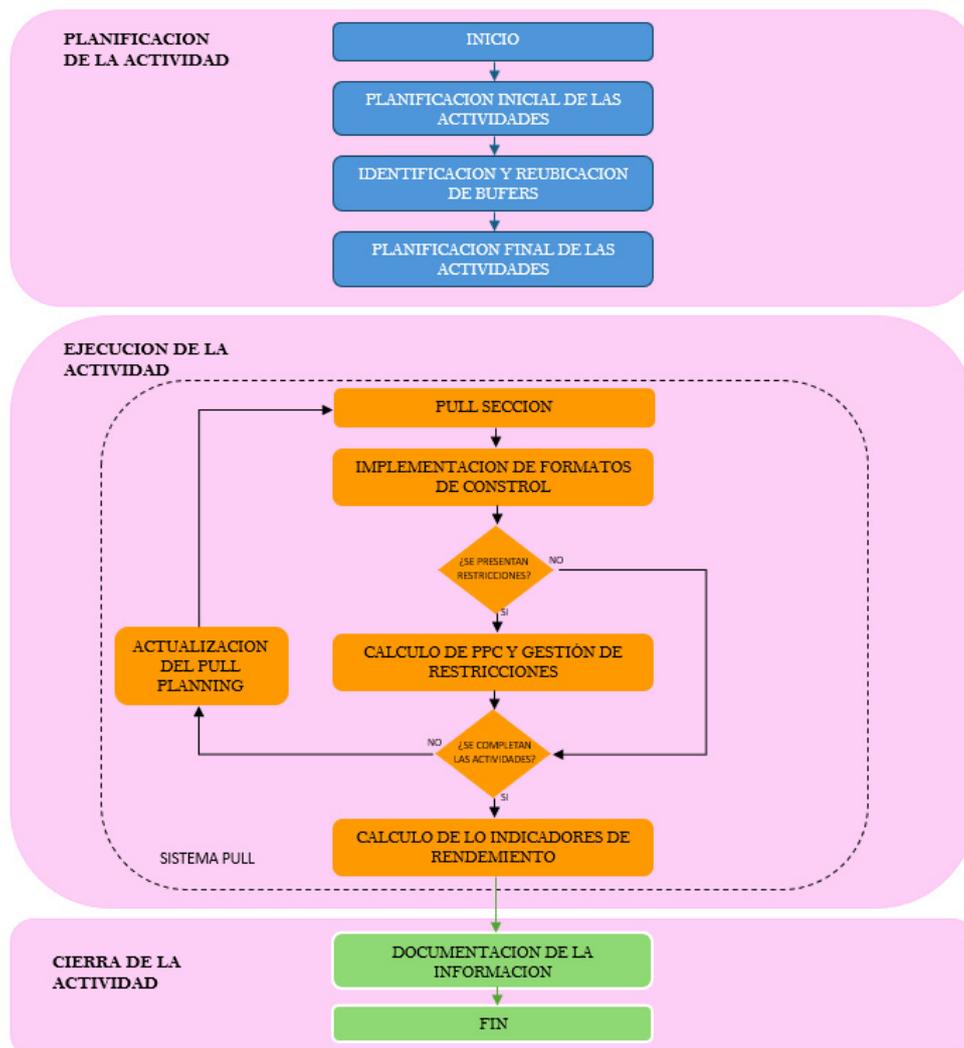
La tecnología desempeña un papel importante en la mejora continua al facilitar la automatización de procesos, el análisis de datos en tiempo real y la identificación rápida de áreas problemáticas. Herramientas como los tableros Kanban, software de gestión de proyectos y sistemas de análisis predictivo pueden mejorar significativamente la capacidad de un equipo para optimizar recursos de manera continua.

4.5.3. Flujo de plan de optimización de recursos

Además, fomentar una cultura de aprendizaje continuo y desarrollo profesional contribuye a la mejora constante de las habilidades del equipo, lo que, a su vez, impacta positivamente en la eficiencia de la utilización de recursos. La capacitación regular y la actualización en nuevas tecnologías y mejores prácticas son esenciales.

Figura 22

Diagrama de flujo del plan de optimización de recursos



Nota. Adaptada de *Lean Construction y la planificación colaborativa*, por Pons y Rubio, 2019, Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.

A continuación, se detallarán cada uno de los componentes del plan de optimización de recursos.

4.5.4. Planificación Inicial de las Actividades

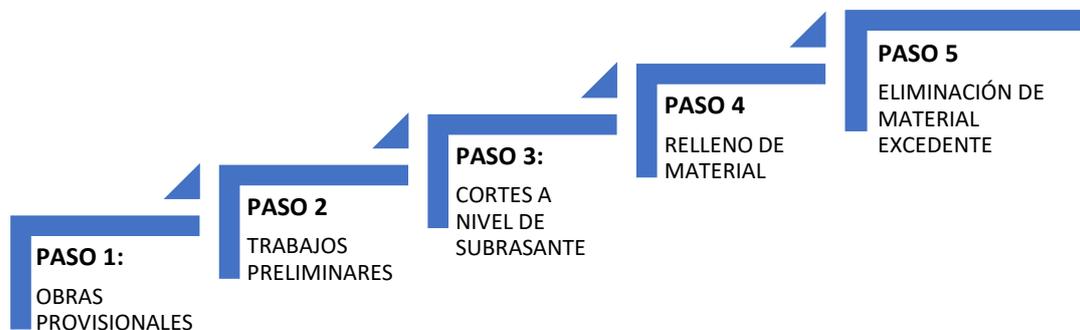
En un inicio se pretende plantear el desarrollo de las actividades en función de la capacidad de la constructora en vez de diseñar una planificación basado en el rendimiento

teórico de las actividades. Para esto se tendrá en cuenta primero el número de operarios, el número de maquinaria disponible, los materiales de los que se dispone y demás.

Es así que, siguiendo los principios Lean es propicio comenzar con la planificación considerándola como una serie de pasos (flujo) y no como un conjunto de actividades inconexa. Es así que se pretende elaborar un flujo de las actividades donde se pueda visualizar el orden de las actividades siguiendo un orden secuencial y lógico.

Figura 23

Tren de las actividades de movimiento de tierras



Tras esto se disgregan los pasos a realizar la actividad en desagregados, para esto se puede aplicar la sectorización del trabajo y elaborar un plan maestro que posteriormente deberá ser revisado por el área responsable de la gestión, así como por el área de logística y producción.

PASO 1: OBRAS PROVISIONALES

Construcción de almacén, Obras Provisionales y Caseta De Guardianía

Se llevarán a cabo construcciones temporales utilizando materiales como madera y triplay para los muros, así como planchas onduladas metálicas zincadas para

la cobertura. Estos espacios se destinarán a funciones de Caseta de Guardianía y Almacén.

Mano de Obra. El desarrollo de esta actividad requiere 1 Operario y 01 Peón por cuadrilla.

Materiales. La construcción incluirá columnas, vigas y correas de madera de eucalipto, planchas galvanizadas zincadas (calamina) de dimensiones 0.83m x 1.83m x 25mm, triplay y clavos para madera

Método de ejecución. La edificación de la oficina y el almacén consistirá en la utilización de parantes y vigas de madera en los muros, mientras que los techos estarán compuestos por planchas galvanizadas zincadas (calamina) de 0.83m x 1.83m x 25mm, con correas de madera actuando como soporte.

Las columnas, de madera con una sección de 3" x 3", estarán espaciadas cada 2.40m y se fijarán al suelo con piedras para asegurar su verticalidad.

Se dispondrán cuartones de madera de 1 ½" x 3" en la base, el medio y en el encuentro con la viga perimetral, así como correas transversales a las vigas para permitir la fijación de las planchas de triplay que conformarán los muros. Las vigas perimetrales e intermedias, de 2" x 6", estarán espaciadas cada 1.10m, coincidiendo con el encuentro de las planchas.

El techo contará con una pendiente adecuada para facilitar el drenaje de agua pluvial, con un alero frontal de 0.80m. Las planchas metálicas se asegurarán con clavos a las columnas, cuartones transversales de los muros y vigas del techo.

PASO 2: TRABAJOS PRELIMINARES

Movilización y desmovilización de Maquinarias: Esta actividad contempla el transporte de equipo, herramientas, y maquinaria a utilizar en obra, considerándose el trayecto desde la ubicación de los depósitos del Contratista hasta el lugar donde se ejecutará la obra.

Trazo, Replanteo y Controles Topográficos: Esta actividad contempla los trabajos necesarios para la colocación de B.M. auxiliares de referencia y otras, para el trazo de los trabajos a ejecutar.

Mano de Obra. El desarrollo de esta actividad requiere 01 operario y 01 peón.

Materiales. Se requiere el uso de varillas acero corrugado con dimensiones apropiadas para ser fácilmente reconocidas durante las operaciones de movimiento de tierras. Además, se emplearán clavos para madera, sacos de yeso, pintura esmaltada y cordel.

Equipos. Se requiere el uso de una estación total y un nivel topográfico.

Método de ejecución. El topógrafo marcará los ejes con ayuda del equipo topográfico, y posteriormente con la asistencia de un peón identificará en el terreno natural los Bench Mark (BM) para referencial la altura y la profundidad de la cimentación. Además, trazará las líneas del ancho de las vías y plataformas según lo indiquen los planos.

Figura 24

Trazo, replanteo y control topográfico de las actividades



Nota. Estos ejes deberán ser aprobados por el Ingeniero Residente, antes que se inicie con las excavaciones.

PASO 3: CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE

Esta actividad se refiere al corte y la extracción del material existente a lo ancho de la vía, de acuerdo a lo establecido según los planos y detalles respectivos. La explanación del terreno será realizada por el residente. Según su trabajabilidad se subdivide por tipo de material.

Mano de Obra. El desarrollo de esta actividad requiere 01 Operario y 01 Peón por cuadrilla.

Material. La realización de esta actividad requiere el uso de petróleo.

Maquinaria. Se requiere el uso de 01 tractor o cargador frontal, 01 retroexcavadora.

Método de ejecución. El corte se efectuará hasta el nivel de la subrasante. Durante el desarrollo de la actividad se debe velar por tener un especial cuidado en no mover los puntos de control (BM) durante la actividad, los cuales deben ser aprobados por el Ingeniero Residente.

Figura 25

Corte con maquinaria a nivel subrasante de material suelto.



Los materiales provenientes de la excavación serán seleccionados pues se pretende su uso como material de relleno según especificaciones de los planos. Esta selección debe ser supervisada por el residente.

Figura 26

Corte con maquinaria a nivel subrasante de roca fracturada



Los residuos y excedentes de los que no se prevé su uso serán eliminados según las disposiciones y serán colocados en los depósitos de desechos del proyecto autorizados. Además, hay que tener en cuenta que para material suelto únicamente se emplea el tractor y para el perfilado de taludes para material rocoso se emplea la retroexcavadora.

PASO 4: RELLENO CON MATERIAL SUELTO

Esta actividad comprende la ejecución de todos los trabajos relacionados con el la colocación, nivelación y compactación del material propio proveniente de los mismos cortes del proyecto. Estas deben se llevar a cabo con según las indicaciones de los planos y detalle.

Mano de Obra. El desarrollo de esta actividad requiere 01 Operario y 08 Peones por cuadrilla.

Material. La realización de esta actividad requiere agua de riego.

Maquinaria. Se requiere el uso de 01 rodillo tándem 1.1 T, un tanque cisternas y una retroexcavadora 80-100 HP.

Método de ejecución. Antes de iniciar con la colocación del material de relleno, el residente debe verificar que el terreno que encuentre libre de bloques, desperdicios, fragmentos sueltos y demás tipos de residuos. Posteriormente se deben colocar los rellenos de material granular previamente seleccionados y según lo indiquen los planos. Estos deberán ser distribuidos en capas horizontales a todo el ancho de la sección y en capas de 20 cm.

Figura 27

Distribución de las capas de 20cm para el relleno con material propio.



Cada capa del terraplén debe ser humedecido y secada al contenido de humedad requerida según las indicaciones en los planos para asegurar la compactación máxima.

Figura 28

Compactación en zona de relleno con maquinaria



Cuando sea requerido se realizará el mezclado del material mediante disco de arado. Si la superficie de alguna capa de relleno queda demasiado lisa, dicha superficie deberá aflojarse escarificándola antes de colocar sobre ella la capa siguiente.

Figura 29

Humedecimiento de las capas de 20cm para el relleno con material propio.



Cualquier material de relleno que resulte objetable o inadecuado debe ser removido bajo responsabilidad del residente. Además, en todo momento el residente debe velar por la protección de los rellenos, manteniéndolos en condiciones satisfactorias para el desarrollo del proyecto.

PASO 5: ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE

Estas actividades se refieren al traslado del material suelto después de haber efectuado las actividades de corte y relleno. A su vez podemos descomponer esta actividad por su trabajabilidad según el tipo de material:

Mano de Obra. El desarrollo de esta actividad requiere 01 Operario y 02 Peones por cuadrilla.

Maquinaria. Se requiere el uso de 01 camión volquete de 15 m³.

Método de ejecución. La actividad comprende el cargado y el vaciado de los volquetes al sitio de depósito.

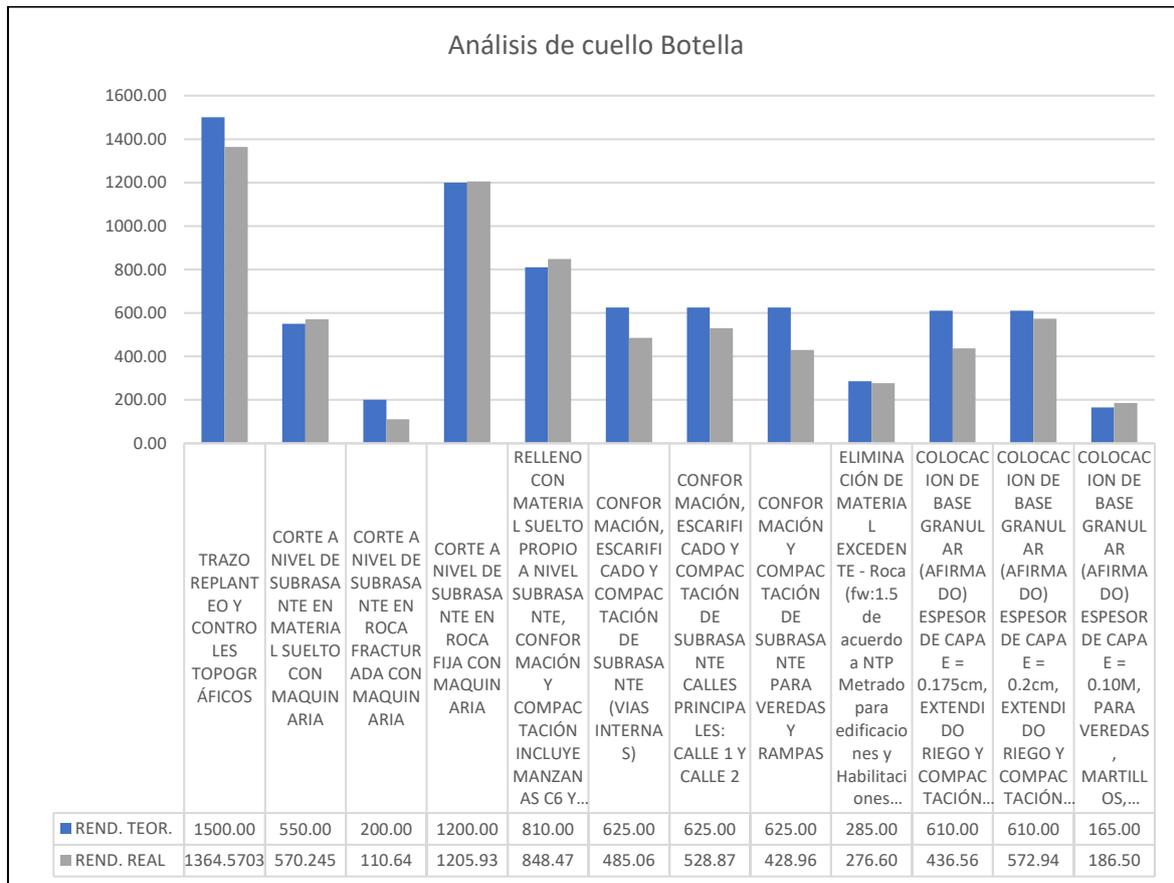
Figura 30

Eliminación de material excedente.



4.5.5. *Análisis de los cuellos de botella*

En el análisis de los cuellos de botella en rendimientos, se llevó a cabo una evaluación exhaustiva de los factores que limitan el rendimiento óptimo en un sistema dado. Mediante el examen detallado de los procesos, recursos y actividades implicadas en la producción o ejecución de un servicio, se identificaron áreas críticas donde se producían demoras, congestiones o ineficiencias significativas. Estos cuellos de botella fueron analizados en términos de su impacto en el rendimiento general del sistema, considerando aspectos como la productividad, la calidad, los tiempos de entrega y los costos asociados. Se priorizaron los cuellos de botella en función de su impacto y se desarrollaron estrategias específicas para abordar cada uno de ellos, con el objetivo de maximizar el rendimiento global del sistema. Este análisis también incluyó un seguimiento continuo para detectar nuevos cuellos de botella a medida que surgieran y ajustar las estrategias en consecuencia, garantizando así una mejora continua en los rendimientos.

Figura 31*Identificación de los cuellos de botella.*

4.5.6. Identificación y reubicación de Buffers de tiempo

Figura 32

Cronograma de movimiento de tierras.

Total de días			CRONOGRAMA - MOVIMIENTO DE TIERRAS TERRAZAS ETAPA VI																																													
52			SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9																																					
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE VIAS Y VEREDAS			14/08-17/08	18/08 - 24/08	25/08 - 31/08	01/09 - 07/09	08/09 - 14/09	15/09 - 21/09	22/09 - 28/09	29/09 - 05/10	06/10 - 12/10																																					
FASES DEL PROYECTO	UND.	METRADO	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J
OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES			[Yellow bar]																																													
TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	M2	42301.68	[Yellow bar]																																													
MOVIMIENTO DE TIERRAS																																																
CORTE Y RELLENO DEL MATERIAL																																																
CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	M3	10264.41	[Yellow bar]																																													
CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN ROCA FRACTURADA CON MAQUINARIA	M3	442.56	[Yellow bar]																																													
CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN ROCA FIJA CON MAQUINARIA	M3	41001.62	[Yellow bar]																																													
RELLENO CON MATERIAL SUELTO PROPIO A NIVEL SUBRASANTE, CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN INCLUIVE MANZANAS C6 Y D6	M3	32241.77	[Yellow bar]																																													
CONFORMACIÓN, ESCARIFICADO Y COMPACTACIÓN																																																
CONFORMACIÓN, ESCARIFICADO Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE (VIAS INTERNAS)	M2	4365.56	[Yellow bar]																																													
CONFORMACIÓN, ESCARIFICADO Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE CALLES PRINCIPALES: CALLE 1 Y	M2	6875.30	[Yellow bar]																																													
CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE PARA VEREDAS Y RAMPAS	M2	4289.55000	[Yellow bar]																																													
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE																																																
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE - Roca (fw:1.5 de acuerdo a NTP Metrado para	M3	1106.4000	[Yellow bar]																																													
COLOCACIÓN DE MATERIAL																																																
COLOCACION DE BASE GRANULAR (AFIRMADO) ESPESOR DE CAPA E = 0.175cm, EXTENDIDO RIEGO Y COMPACTACIÓN (VIAS INTERNAS)	M2	4365.5600	[Yellow bar]																																													
COLOCACION DE BASE GRANULAR (AFIRMADO) ESPESOR DE CAPA E = 0.2cm, EXTENDIDO RIEGO Y COMPACTACIÓN CALLES PRINCIPALES: CALLE 1 Y	M2	6875.3000	[Yellow bar]																																													
COLOCACION DE BASE GRANULAR (AFIRMADO) ESPESOR DE CAPA E = 0.10M, PARA VEREDAS,	M2	4289.5500	[Yellow bar]																																													

Se ha realizado el análisis meticuloso del cronograma del proyecto para identificar áreas donde se puedan agregar o reajustar los buffers de tiempo, es decir, períodos adicionales destinados a manejar posibles retrasos o imprevistos. La reubicación de estos buffers implica ajustar su ubicación dentro del cronograma para garantizar una distribución óptima del tiempo disponible para cada tarea. Este proceso es fundamental para mejorar la capacidad del proyecto para hacer frente a posibles desafíos y mantener la integridad de su calendario.

4.5.7. Planificación final de las Actividades

Los resultados obtenidos se enmarcan dentro de un contexto teórico que analiza las implicaciones de las actividades planificadas en relación con los objetivos del estudio. Estos resultados se han recopilado y analizado a través de métodos cuantitativos y cualitativos, lo que permite una comprensión más completa y holística del problema en cuestión. Además, la aplicación de un enfoque teórico riguroso ha garantizado la validez y fiabilidad de los hallazgos, lo que aumenta su credibilidad y utilidad para los responsables de la toma de decisiones y otros actores interesados.

Figura 33

Look ahead semana 1-4

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE VIAS y VEREDAS			LOOK AHEAD SEMANA 1-4																							
			SEMANA 1				SEMANA 2				SEMANA 3				SEMANA 4											
FASES DEL PROYECTO	UND.	METRADO	14/08-17/08				18/08 - 24/08				25/08 - 31/08				01/09 - 07/09											
OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES			L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J		
TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	M2	42301.68	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7		
MOVIMIENTO DE TIERRAS																										
CORTE Y RELLENO DEL MATERIAL																										
CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	M3	10264.41					540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23		
CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN ROCA FRACTURADA CON MAQUINARIA	M3	442.56					147.52	147.52	147.52																	
CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN ROCA FIJA CON MAQUINARIA	M3	41001.62					1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00		
RELLENO CON MATERIAL SUELTO PROPIO A NIVEL SUBRASANTE, CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN INCLUIVE MANZANAS C6 Y D6	M3	32241.77					810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00		
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE - Roca (fvc:1.5 de acuerdo a NTP Metrado para edificaciones y	M3	#####										276.60	276.60	276.60	276.60											
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE																										
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE - Roca (fvc:1.5 de acuerdo a NTP Metrado para edificaciones y Habilitaciones Urbanas)	M3	#####										276.60	276.60	276.60	276.60											

Figura 34

Look ahead semana 2-5

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE VIAS y VEREDAS			LOOK AHEAD SEMANA 2-5																							
			SEMANA 2						SEMANA 3						SEMANA 4						SEMANA 5					
FASES DEL PROYECTO	UND.	METRADO	18/08 - 24/08						25/08 - 31/08						01/09 - 07/09						08/09 - 14/09					
OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES			V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J
TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	M2	4230168	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7	1458.7
MOVIMIENTO DE TIERRAS																										
CORTE Y RELLENO DEL MATERIAL																										
CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	M3	10264.41	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23						
CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN ROCA FRACTURADA CON MAQUINARIA	M3	442.56	147.52	147.52	147.52																					
CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN ROCA FIJA CON MAQUINARIA	M3	4100162	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	
RELLENO CON MATERIAL SUELTO PROPIO A NIVEL SUBRASANTE, CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN INCLUIVE MANZANAS C6 Y D6	M3	32241.77	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	
CONFORMACIÓN, ESCARIFICADO Y COMPACTACIÓN																										
CONFORMACIÓN, ESCARIFICADO Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE (VIAS INTERNAS)	M2	4365.56																						623.65	623.65	623.65
CONFORMACION, ESCARIFICADO Y COMPACTACION DE SUBRASANTE CALLES PRINCIPALES CALLE 1 Y CALLE 2	M2	6875.30																						572.94	572.94	572.94
CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE PARA VEREDAS Y RAMPAS	M2	4289.55000																						536.19	536.19	536.19
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE																										
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE - Roca (fv:1.5 de acuerdo a NTP Metrado para edificaciones y Habilitaciones Urbanas)	M3	1106.4000						276.60	276.60	276.60	276.60															
COLOCACIÓN DE MATERIAL																										
COLOCACION DE BASE GRANULAR (AFIRMADO) ESPESOR DE CAPA E = 0.175cm, EXTENDIDO RIEGO Y COMPACTACIÓN (VIAS INTERNAS)	M2	4365.5600																						610.00	610.00	610.00
COLOCACION DE BASE GRANULAR (AFIRMADO) ESPESOR DE CAPA E = 0.2cm, EXTENDIDO RIEGO Y COMPACTACIÓN CALLES PRINCIPALES CALLE 1 Y CALLE 2	M2	6875.3000																						610.00	610.00	610.00
COLOCACION DE BASE GRANULAR (AFIRMADO) ESPESOR DE CAPA E = 0.10M, PARA VEREDAS, MARTILLOS, RAMPAS Y PASAJES	M2	4289.5500																						165.00	165.00	165.00

Figura 36

Look ahead semana 4-7

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE VIAS y VEREDAS			<u>LOOK AHEAD SEMANA 4-7</u>																											
			SEMANA 4							SEMANA 5							SEMANA 6							SEMANA 7						
FASES DEL PROYECTO	UND.	METRADO	25/08 - 31/08							01/09 - 07/09							08/09 - 14/09							15/09 - 21/09						
			V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J				
TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	M2	42301.68	458.7	458.7	458.7	458.7	458.7	458.7	458.7	458.7	458.7	458.7	458.7	458.7																
MOVIMIENTO DE TIERRAS																														
CORTE Y RELLENO DEL MATERIAL																														
CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	M3	10264.41	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23	540.23																						
CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN ROCA FLUA CON MAQUINARIA	M3	41001.62	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	20162					
RELLENO CON MATERIAL SUELTO PROPIO A NIVEL SUBRASANTE, CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN INCLUYE MANZANAS C6 Y D6	M3	32241.77	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00				
CONFORMACIÓN, ESCARIFICADO Y COMPACTACIÓN																														
CONFORMACIÓN, ESCARIFICADO Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE (VIAS INTERNAS)	M2	4365.56										623.65	623.65	623.65	623.65	623.65	623.65	623.65												
CONFORMACIÓN, ESCARIFICADO Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE CALLES PRINCIPALES CALLE 1 Y	M2	6875.30										572.94	572.94	572.94	572.94	572.94	572.94	572.94	572.94	572.94	572.94	572.94	572.94	572.94						
CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE PARA VEREDAS Y RAMPAS	M2	4289.55										536.19	536.19	536.19	536.19	536.19	536.19	536.19												
COLOCACIÓN DE MATERIAL																														
COLOCACION DE BASE GRANULAR (AFIRMADO) ESPESOR DE CAPA E = 0.175cm, EXTENDIDO RIEGO Y COMPACTACIÓN (VIAS INTERNAS)	M2	#####										610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	95.56											
COLOCACION DE BASE GRANULAR (AFIRMADO) ESPESOR DE CAPA E = 0.2cm, EXTENDIDO RIEGO Y COMPACTACIÓN CALLES PRINCIPALES CALLE 1 Y	M2	#####										610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	165.30							
COLOCACION DE BASE GRANULAR (AFIRMADO) ESPESOR DE CAPA E = 0.10M. PARA VEREDAS.	M2	#####										165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00				

Figura 37

Look ahead semana 5-8

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE VIAS y VEREDAS			LOOK AHEAD SEMANA 5-8																							
			SEMANA 5						SEMANA 6						SEMANA 7						SEMANA 8					
FASES DEL PROYECTO	UND.	METRADO	25/08 - 31/08						01/09 - 07/09						08/09 - 14/09						15/09 - 21/09					
OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES			V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J	V	S	L	M	MI	J
TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	M2	42301.68	458.7	458.7	458.7	458.7	458.7	458.7	458.7																	
MOVIMIENTO DE TIERRAS																										
CORTE Y RELLENO DEL MATERIAL																										
CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	M3	10264.41	540.23																							
CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN ROCA FIJA CON MAQUINARIA	M3	41001.62	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	1200.00	20162							
RELLENO CON MATERIAL SUELTO PROPIO A NIVEL SUBRASANTE, CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN INCLUYE MANZANAS C6 Y D6	M3	32241.77	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	810.00	65177		
CONFORMACIÓN, ESCARIFICADO Y COMPACTACIÓN																										
CONFORMACIÓN, ESCARIFICADO Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE (VIAS INTERNAS)	M2	4365.56				623.65	623.65	623.65	623.65	623.65	623.65	623.65														
CONFORMACIÓN, ESCARIFICADO Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE CALLES PRINCIPALES: CALLE 1 Y	M2	6875.30				572.94	572.94	572.94	572.94	572.94	572.94	572.94	572.94	572.94	572.94	572.94	572.94									
CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE PARA VEREDAS Y RAMPAS	M2	4289.55000				536.19	536.19	536.19	536.19	536.19	536.19	536.19														
COLOCACIÓN DE MATERIAL																										
COLOCACION DE BASE GRANULAR (AFIRMADO) ESPESOR DE CAPA E = 0.175cm, EXTENDIDO RIEGO Y COMPACTACIÓN (VIAS INTERNAS)	M2	4365.5600				610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	95.56														
COLOCACION DE BASE GRANULAR (AFIRMADO) ESPESOR DE CAPA E = 0.2cm, EXTENDIDO RIEGO Y COMPACTACIÓN CALLES PRINCIPALES: CALLE 1 Y	M2	6875.3000				610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	610.00	65.30									
COLOCACION DE BASE GRANULAR (AFIRMADO) ESPESOR DE CAPA E = 0.10M, PARA VEREDAS.	M2	4289.5500				165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	165.00	

4.5.8. *Pull Sesión*

- Selección de tareas: Durante la sesión, cada miembro del equipo puede seleccionar las tareas que desea abordar en el próximo período de tiempo, como un sprint. Esto puede implicar revisar una lista de tareas pendientes y tomar decisiones sobre cuáles son las más importantes o urgentes. Entre las principales actividades, se encuentran:

- ✓ Trazo replanteo y controles topográficos
- ✓ Corte a nivel de subrasante en material suelto con maquinaria.
- ✓ Corte a nivel de subrasante en roca fracturada con maquinaria.
- ✓ Corte a nivel de subrasante en roca fija con maquinaria.
- ✓ Relleno con material suelto propio a nivel subrasante, conformación y compactación incluye manzanas C6 y D6.
- ✓ Conformación, escarificado y compactación de subrasante (vías internas).
- ✓ Conformación, escarificado y compactación de subrasante calles principales: calle 1 y calle 2.
- ✓ Conformación y compactación de subrasante para veredas y rampas.
- ✓ Eliminación de material excedente - roca (fw:1.5 de acuerdo a NTP metrado para edificaciones y habilitaciones urbanas).
- ✓ Colocación de base granular (afirmado) espesor de capa $e = 0.175\text{cm}$, extendido riego y compactación (vías internas).
- ✓ Colocación de base granular (afirmado) espesor de capa $e = 0.2\text{cm}$, extendido riego y compactación calles principales: calle 1 y calle 2.

- ✓ Colocación de base granular (afirmado) espesor de capa $e = 0.10\text{m}$, para veredas, martillos, rampas y pasajes.
- Asignación de responsabilidades: Los miembros del equipo asignarán responsabilidades entre sí durante la sesión pull, determinando quién será responsable de qué tarea. Esto puede ayudar a garantizar que todas las tareas estén cubiertas y que cada miembro del equipo tenga un papel claro en el trabajo que se realizará.
- Establecimiento de prioridades: La discusión durante la sesión pull puede ayudar al equipo a establecer prioridades claras para el próximo período de trabajo. Esto puede implicar identificar las tareas más importantes o estratégicas y asegurarse de que se aborden de manera adecuada. Se detalla a continuación el orden de prioridades:
 - ✓ **Trazo replanteo y controles topográficos:** Esta tarea es fundamental para el correcto desarrollo de todas las demás actividades. Debe considerarse como prioritaria para garantizar la precisión y la exactitud en la ejecución del proyecto.
 - ✓ **Eliminación de material excedente - roca:** Dado que la eliminación de material excedente puede requerir tiempo y recursos significativos, es importante abordar esta tarea temprano en el proceso para evitar retrasos posteriores en la ejecución del proyecto.
 - ✓ **Conformación, escarificado y compactación de subrasante (vías internas):** Estas tareas son esenciales para preparar el terreno y garantizar una base sólida para la construcción de las vías internas. Deben abordarse con prioridad para avanzar en el desarrollo del proyecto de manera eficiente.

- ✓ **Conformación, escarificado y compactación de subrasante calles principales: calle 1 y calle 2:** Si las calles principales son importantes para el acceso al sitio de construcción o para el tránsito de vehículos pesados, estas tareas deben recibir atención prioritaria para garantizar su pronta finalización.
- ✓ **Colocación de base granular (afirmado) en vías internas:** Una vez preparada la subrasante, la colocación de la base granular es crucial para proporcionar una superficie estable y resistente. Esta tarea debe abordarse con prioridad para permitir el avance en la construcción de las vías internas.
- ✓ **Colocación de base granular (afirmado) en calles principales: calle 1 y calle 2:** Similar a la colocación en vías internas, esta tarea es importante para garantizar la estabilidad de las calles principales y debe priorizarse en consecuencia.
- ✓ **Colocación de base granular (afirmado) para veredas, martillos, rampas y pasajes:** Aunque estas áreas son importantes para la accesibilidad y la funcionalidad del proyecto, pueden abordarse con menos urgencia en comparación con las tareas anteriores.
- ✓ **Corte a nivel de subrasante en roca fracturada con maquinaria y Corte a nivel de subrasante en roca fija con maquinaria:** Estas tareas pueden requerir más tiempo y recursos debido a la naturaleza del terreno. Se pueden abordar después de las tareas prioritarias para minimizar los retrasos en el cronograma.
- ✓ **Relleno con material suelto propio a nivel subrasante, conformación y compactación:** Aunque es importante para la estabilidad

del terreno, esta tarea puede abordarse una vez completadas las tareas más críticas.

4.5.9. *Análisis de Restricciones*

La gestión semanal de las restricciones implica identificar, analizar y abordar los obstáculos que pueden afectar el avance de un proyecto o proceso durante una semana determinada. Esto incluye actividades como revisar las restricciones actuales, evaluar su impacto en los objetivos del proyecto y desarrollar estrategias para mitigarlas o eliminarlas. Durante esta gestión, se pueden realizar reuniones de seguimiento para discutir el estado de las restricciones y tomar decisiones sobre cómo manejarlas de manera efectiva. Además, se pueden asignar responsabilidades específicas para resolver cada restricción identificada y se puede monitorear continuamente el progreso para asegurarse de que se estén implementando las soluciones de manera oportuna y eficiente.

4.5.10. *Cálculo del PPC*

El PPC es una métrica fundamental en la gestión de proyectos que proporciona una medida cuantitativa del progreso alcanzado en relación con los objetivos y actividades planificadas. Por otro lado, las causas de no cumplimiento se refieren a los factores o circunstancias que impiden que se alcancen los objetivos o se ejecuten las actividades planificadas en el tiempo y la forma prevista. Estas causas han sido identificadas en el presente proyecto, dentro de las distintas y posibles causas de no cumplimiento se detallan las siguientes:

Tabla 14

Posibles causas de no cumplimiento y abreviatura.

Causa de no Cumplimiento	
Abrev.	Causa de No Cumplimiento
PROG	Programación
LOG	Logística
QA/Ac	Control de Calidad
EXT	Externo
ACT.PREV	Actividades Previas
EJEC	Ejecución
EQ	Equipos
ADM	Administrativos

El análisis de las causas de no cumplimiento se realizó durante las 9 semanas, obteniendo un resultado semanal del PPC comparado entre el planificado y ejecutado.

Tabla 15

Porcentaje del plan cumplido semanalmente.

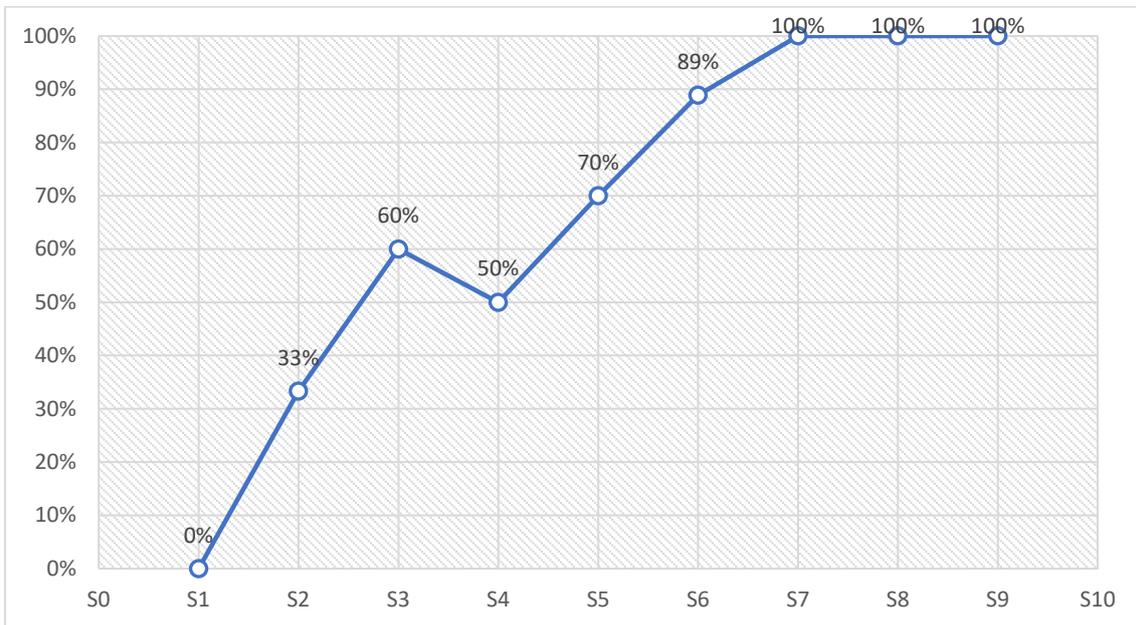
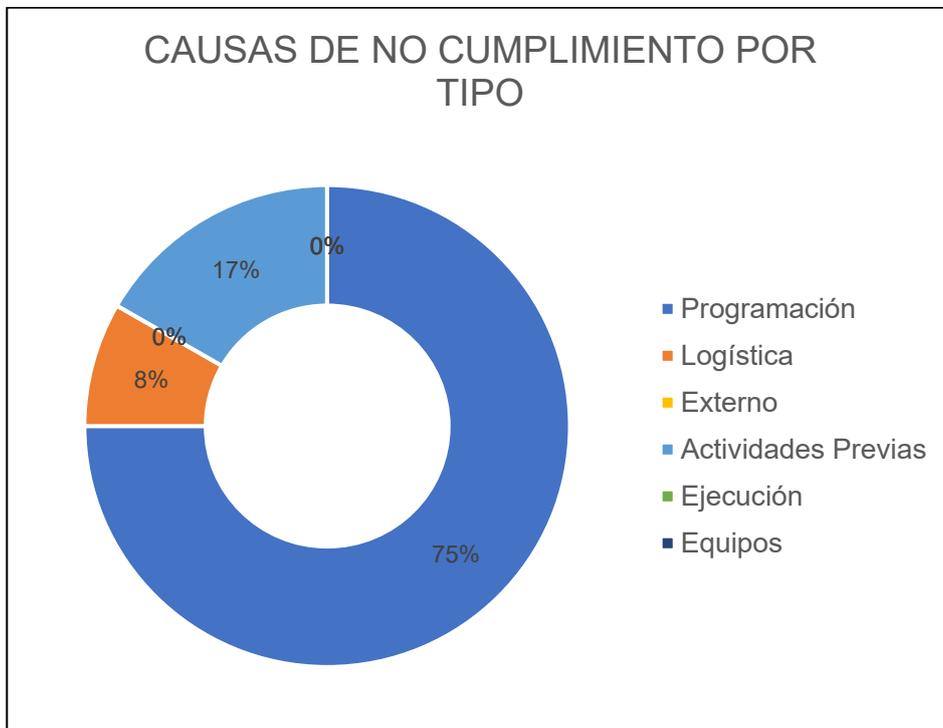
Nº	Semana	PPC	PLAN	EJEC
S1	Semana 1	0%	1	0
S2	Semana 2	33%	6	2
S3	Semana 3	60%	5	3
S4	Semana 4	50%	4	2
S5	Semana 5	70%	10	7
S6	Semana 6	89%	9	8
S7	Semana 7	100%	7	7
S8	Semana 8	100%	2	2
S9	Semana 9	100%	1	1

Se realizó además el **diagrama de Pareto** que es una herramienta de análisis que muestra la frecuencia de diferentes eventos o problemas en un conjunto de datos, ordenados de mayor a menor relevancia. Se basa en el principio de que un pequeño número de causas (o problemas) suele ser responsable de la mayoría de los efectos (o resultados). Por lo tanto, identifica las causas principales que deben abordarse para lograr mejoras significativas en un proceso o situación. La idea es priorizar los esfuerzos de mejora enfocándose en resolver los problemas que tienen el mayor impacto.

Figura 39

Diagrama de Pareto.



Figura 40*Diagrama de porcentajes del plan cumplido.***Figura 41***Causas de no cumplimiento por tipo.*

4.5.11. Actualización del Pull Planning

La reprogramación de actividades es un proceso mediante el cual se ajusta el cronograma de un proyecto para adaptarse a cambios imprevistos, retrasos o nuevas prioridades. Se ha logrado revisar y modificar las fechas de inicio y finalización de las tareas, así como las dependencias entre ellas, con el fin de optimizar el uso de los recursos disponibles y garantizar el cumplimiento de los objetivos del proyecto dentro del nuevo contexto. Las reprogramaciones se han especificado en cada look ahead, el cual detalla una reprogramación de metrados a 4 semanas.

4.5.12. Documentación de la información

Estos indicadores proporcionan información objetiva y medible sobre diferentes aspectos del proyecto, como el cumplimiento de objetivos, la eficiencia en el uso de recursos, la calidad del trabajo realizado y la satisfacción del cliente o usuario final. Como indicadores de rendimiento se ha realizado un análisis del porcentaje del plan cumplido que se detalla en ítems anteriores, además se ha hecho un balance general de la eficiencia por partidas realizadas obteniéndose el siguiente resultado:

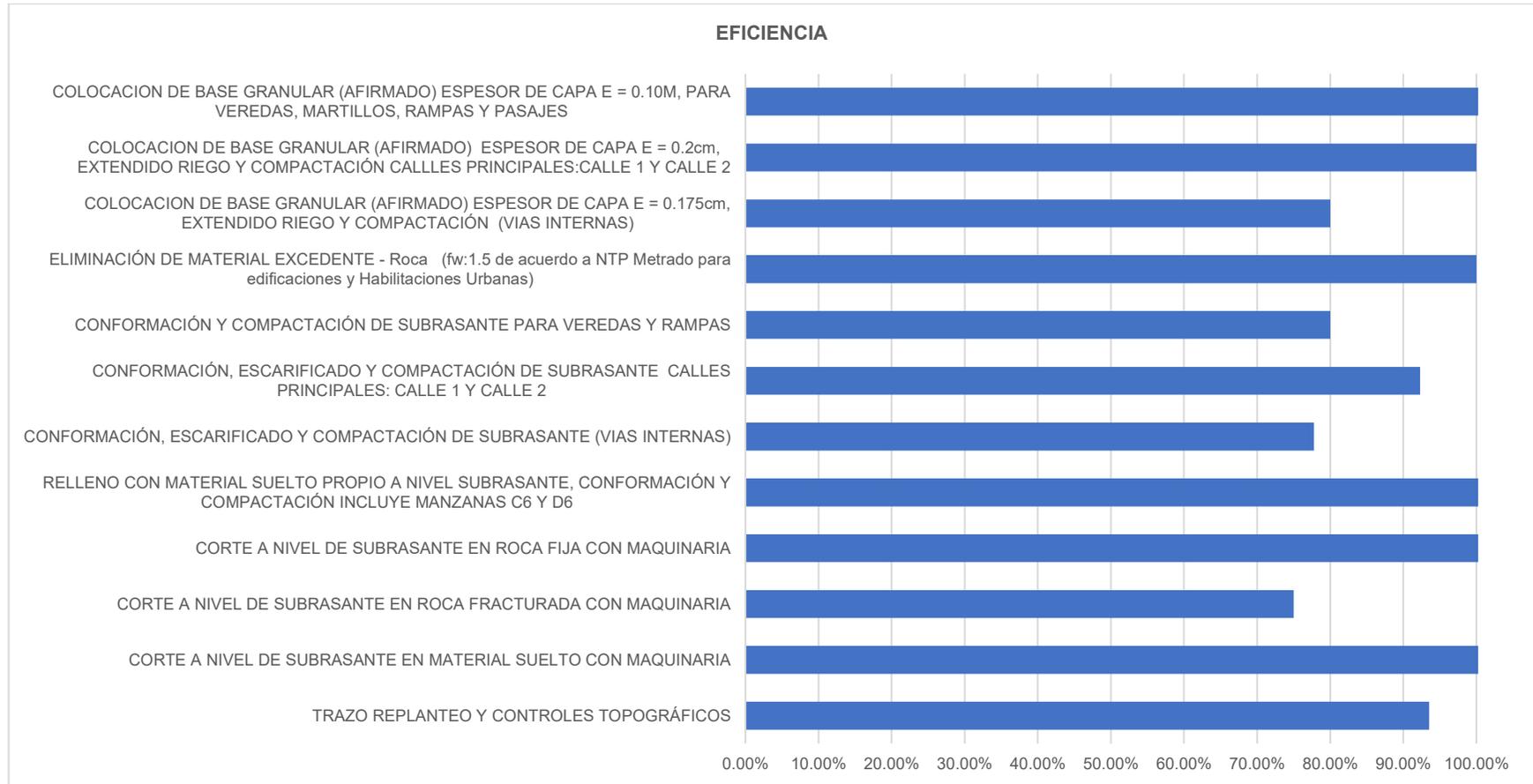
Figura 42*Eficiencia por partidas.*

Figura 43*Plan cumplido detallado por semanas.*

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	EFICIENCIA	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
TRAZO REPLANTEO Y CONTROLES TOPOGRÁFICOS	93.55%	97.02%	98.95%	98.99%	99.36%	99.30%	100.00%				
CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN MATERIAL SUELTO CON MAQUINARIA	105.56%		47.73%	79.47%	91.00%	100.00%					
CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN ROCA FRACTURADA CON MAQUINARIA	75.00%		100.00%								
CORTE A NIVEL DE SUBRASANTE EN ROCA FUA CON MAQUINARIA	102.94%		62.25%	99.32%	87.11%	90.55%	102.03%	112.12%			
RELLENO CON MATERIAL SUELTO PROPIO A NIVEL SUBRASANTE, CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN INCLUYE MANZANAS C6 Y D6	105.26%		78.09%	99.32%	100.13%	101.10%	100.59%	101.16%	100.00%		
CONFORMACIÓN, ESCARIFICADO Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE (VIAS INTERNAS)	77.78%					76.38%	100.00%				
CONFORMACIÓN, ESCARIFICADO Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE CALLES PRINCIPALES: CALLE 1Y CALLE 2	92.31%					101.64%	101.19%	100.00%			
CONFORMACIÓN Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE PARA VEREDAS Y RAMPAS	80.00%					83.86%	94.63%	100.00%			
ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE - Roca (fw:15 de acuerdo a NTP Metrado para edificaciones y Habilitaciones Urbanas)	100.00%		0.00%	100.00%							
COLOCACION DE BASE GRANULAR (AFIRMADO) ESPESOR DE CAPA E = 0.175cm, EXTENDIDO RIEGO Y COMPACTACIÓN (VIAS INTERNAS)	80.00%					103.01%	99.64%	100.00%	113.25%	99.64%	
COLOCACION DE BASE GRANULAR (AFIRMADO) ESPESOR DE CAPA E = 0.2cm, EXTENDIDO RIEGO Y COMPACTACIÓN CALLES PRINCIPALES: CALLE 1Y CALLE 2	100.00%					102.46%	101.44%	100.00%			
COLOCACION DE BASE GRANULAR (AFIRMADO) ESPESOR DE CAPA E = 0.10M, PARA VEREDAS, MARTILLOS, RAMPAS Y PASAJES	117.39%					119.19%	116.57%	118.10%			

4.5.13. Mejora continua (Kaizen)

La implementación de la mejora continua en las actividades del sector construcción es un proceso clave para optimizar recursos de manera sostenible. En primer lugar, es esencial establecer un enfoque cultural que promueva la adaptabilidad y la búsqueda constante de eficiencia. Los equipos deben estar comprometidos con la identificación y corrección de áreas de oportunidad, fomentando una mentalidad proactiva hacia la mejora continua.

La recopilación de datos y la evaluación constante del rendimiento son fundamentales. Esto implica el seguimiento de indicadores clave de rendimiento (KPI) relacionados con la utilización de recursos, como eficiencia en el tiempo de trabajo, productividad y calidad del trabajo. La retroalimentación de los miembros del equipo y de las partes interesadas también juega un papel crucial, ya que proporciona información valiosa sobre posibles áreas de mejora.

La metodología PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) es un enfoque efectivo para la mejora continua. En la fase de Planificación, se identifican y planifican mejoras potenciales. En la fase de Hacer, se implementan esas mejoras de manera controlada. Luego, en la fase de Verificar, se evalúa el impacto de las mejoras mediante la recopilación y análisis de datos. Finalmente, en la fase de Actuar, se ajustan y perfeccionan las mejoras continuas en función de los resultados.

4.6. Formatos de Lean Construction

4.6.1. *Look Ahead de producción y materiales*

Proporciona una visión anticipada de las tareas planificadas, la duración estimada de cada una y los recursos asignados. Esta técnica permite anticipar posibles obstáculos

y optimizar la utilización de recursos para garantizar la eficiencia en la ejecución del proyecto.

4.6.2. *Formato de procura de materiales y maquinaria*

El formato de procura de materiales varía según las necesidades específicas de cada proyecto y las políticas de la empresa. Dicho formato debe contener: tipo de partida y los materiales requeridos por partida. Este formato permitirá mejorar el control y rendimiento de las partidas.

- Información del proyecto
- Nombre del proyecto.
- Ítems.
- Fecha.
- Estado
- Proveedores
- Observaciones.
- Lista de materiales.

La división estará colocada de tal manera que se pueda organizar por sectores, bloques o frentes de trabajo, sus respectivos requerimientos y las fechas requeridas, así como sus especificaciones técnicas y metrados.

Este documento facilita la planificación y seguimiento de las actividades de adquisición, asegurando que los materiales y equipos necesarios estén disponibles en el momento adecuado y en las cantidades requeridas para el desarrollo del proyecto. Al garantizar que los materiales y equipos necesarios estén disponibles en el momento adecuado y en las cantidades requeridas, este formato ayuda a evitar retrasos en la ejecución del proyecto. Además, al tener un registro claro de los proveedores y precios unitarios, se puede optimizar el proceso de adquisición, buscando las mejores ofertas y

condiciones de compra. Esto contribuye a reducir costos y maximizar la rentabilidad del proyecto.

Tabla 18*Formato de procura de materiales y maquinaria*

FORMATO DE PROCURA DE MATERIALES Y MAQUINARIA						
RESPONSABLE						
ITEMS	UND	CANT.	FECHA DE INGRESO A OBRA	ESTADO	PROVEEDOR	OBSERVACIONES
SUMINISTROS						
EQUIPOS O MAQUINARIAS						
Excavadora oruga						
Retroexcavadora						
Motoniveladora						
Rodillo 1TN						
Plancha compact.						

4.6.3. *Formato de programaciones diarias*

El formato de programaciones diarias es una herramienta utilizada en la gestión de proyectos para planificar y organizar las actividades que se llevarán a cabo en un día específico. Este formato proporciona una estructura clara que incluye detalles como las tareas a realizar, en ese sentido, las partidas y cualquier otra información relevante para el seguimiento y control del progreso de los mismos. A través de este formato, se busca optimizar la utilización del tiempo, coordinar eficientemente las actividades y mantener a todas las partes interesadas informadas sobre el avance del trabajo en el día.

Tabla 19
Formato de programación diarias

FORMATO DE PROGRAMACIONES DIARIAS						
PROYECTO						
FECHA						
CONSECUTIVO						
CORTE		<input type="text"/>	RELLENO	<input type="text"/>	ELIMINACIÓN	<input type="text"/>
HORAS LABORADAS	AVANCE ANTERIOR		AVANCE HOY		AVANCE ACUMULADO	
Hora inicio:	Hora fin:	LONG.	ANCHO	PROF.	SECTOR/ZONA	OBSERVACIONES
CORTE, RELLENO Y ELIMINACION						
CORTE DE MATERIAL SUELTO A NIVEL DE SUBRASANTE EN VIAS						
TRASLADO INTERNO DE MATERIAL EXCEDENTE - MATERIAL SUELTO						
CORTE DE MATERIAL ROCA SUELTA A NIVEL DE SUBRASANTE						
CORTE DE MATERIAL ROCA FIJA A NIVEL DE SUBRASANTE						
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE MATERIAL ROCOSO						
RELLENO CONTROLADO EN VIAS						
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE MATERIAL SUELTO						
CORTE DE MATERIAL SUELTO A NIVEL DE SUBRASANTE						
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DE MATERIAL SUELTO						

4.6.4. *Formato de control de productividad*

El formato de control de productividad es utilizado para monitorear y registrar el rendimiento y la eficiencia en la ejecución de actividades dentro las partidas. Este formato proporciona un espacio para registrar datos como hh diario, avance diario, avance acumulado y productividad. Al recopilar esta información, el formato de control de productividad permite evaluar el desempeño del equipo, identificar áreas de mejora y tomar decisiones informadas para optimizar la eficiencia operativa. Además, facilita la comparación entre los resultados planificados y reales.

Tabla 20

Formato de control de productividad

FORMATO DE CONTROL DE PRODUCTIVIDAD							
PROYECTO							
	SUBPARTIDA						
	1	2	3	4	5	6	7
CORTE, RELLENO Y ELIMINACION							
HH DIARIO							
AVANCE DIARIO							
HH ACUMULADO							
AVANCE ACUMULADO							
PRODUCTIVIDAD DIARIA							
PRODUCTIVIDAD ESTÁNDAR							
PRODUCTIVIDAD ACUMULADA							

4.6.5. *Formato de control de seguridad*

Dentro del contexto de Lean Construction, el formato de control de seguridad adquiere un enfoque específico en la optimización de los procesos de seguridad para eliminar desperdicios y mejorar la eficiencia. Este formato se centra en garantizar un

entorno de trabajo seguro y saludable. Esto implica la implementación de prácticas de seguridad proactivas, la estandarización de procedimientos y la colaboración entre todos los miembros del equipo para identificar y resolver posibles riesgos de seguridad de manera oportuna. El objetivo es integrar la seguridad como parte integral de la filosofía Lean, buscando mejorar continuamente los procesos y minimizar los riesgos para los trabajadores y el proyecto en general.

Tabla 21

Formato de control de seguridad

FORMATO DE CONTROL SEGURIDAD			
PROYECTO			
FECHA			
HORA DE INSPECCIÓN			
AREA DE TRABAJO			
	CORTE	RELLENO	ELIMINACION
DOCUMENTACIÓN LEGAL MAQUINARIA			
LICENCIA CHOFERES			
CAPACITACIÓN OPERADORES DE MAQUINARIA			
SEÑAL+ETICA PARA CIRCULACIÓN SEGURA DE MAQUINARIA			
ÁREA DE TRABAJO CORRECTAMENTE SEÑALADA			
PROTECCIÓN Y SEÑALIZACIÓN DE EXCAVACIONES			
TALUDES REALIZADOS CONFORME AL TIPO DE SUELO, EXCAVACIÓN Y ESPECIFICACIÓN DE TRAZO			
ACOPIO DE MATERIAL A 2m COMO MÍNIMO DEL BORDE DE EXCAVACIÓN			
ESPACIO CORRECTO PARA LA CIRCULACIÓN DE MAQUINARIAS			
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS DEL TERRENO A EXCAVAR			
ENTIBADO DE ZANJAS			
ILUMINACIÓN ADECUADA			

V.DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión objetivo específico 1

Los resultados obtenidos del control de avance semanal, el PPC, los ratios de mano de obra, el subtotal de materia prima, el parcial de gastos administrativos y los ratios de maquinaria asociados a la partida de movimiento de tierras revelan una gestión de recursos eficiente en la obra de habilitación urbana. Estos datos coinciden con los hallazgos de Banihashemi y Khalilzadeh (2020), quienes evaluaron la eficiencia de actividades en términos de costo, tiempo, calidad e impacto ambiental, encontrando resultados óptimos en la gestión. Además, Calderon (2020) enfatizó la importancia de una planificación efectiva para lograr compromisos óptimos en la organización y ejecución aplicando metodología Lean, resultados similares a los obtenidos en esta investigación, demostrando eficiencia. Asimismo, el estudio de Ñavincopa (2019) resalta que la implementación de la metodología Lean Construction ha mejorado significativamente la productividad en proyectos similares. En este sentido, se sugiere que la aplicación de la metodología Lean en la obra de habilitación urbana podría generar resultados aún más eficientes y beneficiosos para la gestión de recursos. Sin embargo, es importante discutir que cada proyecto y contexto pueden presentar desafíos y oportunidades únicas, por lo que es fundamental adaptar y ajustar las estrategias de gestión de recursos según las necesidades específicas de cada situación.

5.2. Discusión objetivo específico 2

Los autores examinados presentan una variedad de enfoques y puntos de vista sobre cómo gestionar eficazmente los recursos en proyectos de construcción. Por ejemplo, Orsi et al. (2021) resaltan la relevancia de detectar y abordar tempranamente los problemas para evitar desviaciones presupuestarias y retrasos, lo cual subraya la

necesidad de una planificación minuciosa y una gestión proactiva de los recursos. En consonancia con esto, Sekhar y Uma (2021) ponen énfasis en el impacto directo que tiene la optimización de los recursos en el presupuesto del proyecto, lo que destaca la importancia de estrategias como Lean Construction para mejorar la eficiencia en la gestión de recursos. Sin embargo, es más destacable la importancia de una planificación adecuada, aspecto que se reflejó en la presente investigación, donde una planificación coherente y precisa condujo a resultados significativamente mejores. Además, Da Silva et al. (2020) indican cómo la metodología Lean puede reducir costos y mejorar la asignación de recursos, respaldando la idea de que enfoques innovadores en la gestión de proyectos pueden beneficiar la eficiencia en el uso de recursos. Estas perspectivas coinciden con los hallazgos de este estudio, que resaltan la relevancia de una planificación efectiva y la aplicación de Lean Construction para optimizar la gestión de recursos en proyectos de construcción urbana.

5.3. Discusión objetivo específico 3

La investigación revela un descubrimiento significativo en relación con la eficiencia en la gestión de recursos en obras de habilitación urbana, especialmente en el ámbito del movimiento de tierras. Estos resultados están en línea con investigaciones previas que enfatizan la importancia de una planificación efectiva, como indican Banihashemi y Khalilzadeh (2020), quienes destacan la necesidad de equilibrar factores como el tiempo, el costo, la calidad y el impacto ambiental en los proyectos. En este sentido, se observa que la ejecución de cada actividad requiere el uso de formatos específicos para lograr el control de estos aspectos mencionados. Aunque estos formatos pueden variar en su forma dependiendo de las necesidades del proyecto, mantienen la esencia del objetivo deseado: hacer más eficiente la gestión. Asimismo, el proyecto de Calderon (2020) destaca la eficiencia de métodos colaborativos como Lean Construction,

lo cual se alinea con los formatos de control desarrollados en esta investigación. Es importante señalar que estos formatos son personalizados de acuerdo al tipo de obra, siendo contruidos sobre preguntas fundamentales como "¿Qué y cómo se va a hacer?". Estas interrogantes sirvieron como base para la creación de los formatos, y se observa una coincidencia a nivel general con las preguntas utilizadas en esta investigación para los formatos de procura y planificación semanal. En resumen, estos hallazgos sugieren que la adopción de enfoques innovadores, como los formatos de control desarrollados en esta investigación, puede ser fundamental para mejorar la gestión de recursos y la ejecución de proyectos de construcción urbana.

VI. CONCLUSIONES

- La aplicación de Lean Construction en la obra de habilitación urbana Terrazas de Lima Norte - Etapa 6 ha resultado exitosa para mejorar la optimización de recursos, reflejando los resultados esperados para el proyecto.
- La evaluación del uso de recursos en las partidas de movimiento de tierras en una obra de habilitación urbana ha proporcionado información valiosa sobre la eficiencia en la gestión de recursos, contribuyendo así a la mejora de la planificación.
- Se ha logrado diseñar una planificación efectiva que permite optimizar los recursos utilizados en el movimiento de tierras durante la obra de habilitación urbana. Este enfoque estratégico se ha demostrado fundamental para mejorar la eficiencia en la gestión de recursos.
- La implementación de formatos diseñados para mejorar la productividad, control de calidad, rendimiento y seguridad proporcionan una estructura sistemática para monitorear y mejorar diversos aspectos clave de la productividad, lo que resulta en una mayor eficiencia, calidad y seguridad en la ejecución de las obras de infraestructura urbana.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir implementando la metodología Lean Construction en futuros proyectos de construcción urbana para mejorar la optimización de recursos y garantizar el éxito en la gestión del proyecto.
- Es recomendable realizar evaluaciones periódicas del uso de recursos en obras de habilitación urbana para identificar oportunidades de mejora y optimización en la gestión de proyectos similares en el futuro.
- Se sugiere emplear planificaciones efectivas en el movimiento de tierras durante proyectos de habilitación urbana, utilizando enfoques estratégicos como el diseñado en esta investigación, para mejorar la eficiencia y lograr resultados óptimos en la gestión de recursos
- Se recomienda adoptar y aplicar de manera continua los formatos diseñados para mejorar la productividad, control de calidad, rendimiento y seguridad en la ejecución de obras de infraestructura urbana. Estos formatos proporcionan una estructura sistemática que facilita el monitoreo y la mejora de diversos aspectos clave de la productividad, lo que conlleva a una mayor eficiencia en la gestión de recursos y una ejecución más efectiva de los proyectos.

VIII. REFERENCIAS

- Astoquilca Chávez, A. Y. (2019). La Optimización de Recursos y su Influencia en la Gestión Administrativa del Gobierno Regional de Tacna, Año 2017. [Tesis de pregrado, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio institucional UPT. <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/969>
- Banihashemi, S., y Khalilzadeh, M. (2020). Time-cost-quality-environmental impact trade-off resource-constrained project scheduling problem with DEA approach. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(7), 1979 - 2004. <https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2020-0350>
- Calderon Rivera, M. (2020). Implementación de Lean Construction en Cusco - Perú. [Tesis de maestría, Universitat Politècnica de Valencia]. Repositorio institucional UPV. <https://riunet.upv.es/handle/10251/152827>
- Da Silva, A., Dionisio, A., y Coelho, L. (2020). Flexible-lean processes optimization: A case study in stone sector. *Results in Engineering*, 6, 100129. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2020.100129>
- Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M., Palacios Vilela, J., y Romero Delgado, H. (2018). Metodología de la investigación. Cuantitativa – Cualitativa y redacción de la tesis (5a ed.). Ediciones de la U. <https://edicionesdelau.com>
- Ñavincopa Carhuamaca, R. (2019). Mantenimiento rutinario por administración directa para optimizar la productividad en la red vial nacional región Lima, año 2019. [Tesis de maestría, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio institucional URP. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2508>

Orsi, A., Abdelhamid, T., Pellicer, E., y Guillén-Guillamón, I. (2021). Improving Green Building Project Management Processes through the Lean Approach. *Lean Construction Journal*, 2021, 156 - 179. www.scopus.com

Sekhar, A., y Uma Maheswari, J. (2021). Design for X: An Iterative Approach for Design Optimization in Pre-engineered and Pre-cast Construction. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 223, 215 - 225. https://doi.org/10.1007/978-981-16-0084-5_17

IX. ANEXOS

Anexo A
Matriz de consistencia.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS	VARIABLES	POBLACIÓN Y MUESTRA	TIPO / NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	TÉCNICA / INSTRUMENTO
<p>Problema General:</p> <p>¿Cómo optimizar los recursos utilizando Lean Construction en movimiento de tierras en la habilitación urbana, Terrazas de Lima Norte – Etapa 6?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <p>- Cómo se deberá de evaluar el uso de recursos en una obra de habilitación urbana en movimiento de tierras?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Optimizar los recursos utilizando Lean Construction en movimiento de tierras de la habilitación urbana Terrazas de Lima Norte – Etapa 6.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <p>- Evaluar el uso de recursos en una obra de habilitación urbana en las partidas de movimiento de tierras.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>Lean Construction optimizará los recursos de la obra de habilitación urbana Terrazas de Lima Norte – Etapa 6.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>- Se evaluará el uso de recursos de movimiento de tierras en una obra de</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Aplicación del sistema Lean Construction</p> <p>Variable dependiente:</p> <p>Optimización de recursos</p>	<p>Unidad de Análisis:</p> <p>Habilitación Urbana</p> <p>Población:</p> <p>Proyecto de habilitación Urbana Terrazas del Norte.</p> <p>Muestra:</p> <p>Recursos para el proyecto de habilitación</p>	<p>Tipo: Aplicada</p> <p>Nivel: Explicativa</p> <p>Diseño: Preexperimental</p>	<p>Técnica:</p> <p>Observación directa y análisis documental</p> <p>Instrumento:</p> <p>Guía de observación y guía de análisis documental</p>

<p>- ¿Se podrá diseñar una planificación para optimizar los recursos de las partidas de movimiento de tierras en la obra de habilitación urbana?</p>	<p>- Diseñar una planificación para optimizar los recursos de movimiento de tierras en la obra de habilitación urbana Terrazas.</p>	<p>habilitación urbana.</p> <p>- Se realizará el diseño de una planificación para optimizar recursos de la obra de habilitación urbana.</p>	<p>urbana en la Etapa 6.</p>
<p>- ¿Cómo se puede realizar formatos para mejorar la productividad, control de calidad, rendimiento y seguridad en base a la aplicación de herramientas Lean Construction en ejecución de movimiento de tierras de la habilitación urbana?</p>	<p>- Realizar formatos para mejorar la productividad, control de calidad, rendimiento y seguridad en base a la aplicación de herramientas Lean Construction en ejecución de movimiento de tierras de la habilitación urbana.</p>	<p>- Con el diseño de formatos para mejorar la productividad, control de calidad, rendimiento y seguridad en base a la aplicación de herramientas Lean Construction en ejecución de movimiento de tierras de la habilitación urbana.</p>	

Anexo B

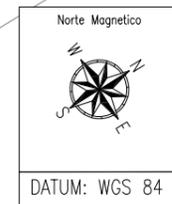
Planos del Proyecto

METRADO DE MANZANAS			
Descripción	Bermas (m2)	Veredas	
		Area (m2)	Uñas (ml)
A3	265.331	233.269	179.872
B3	292.206	215.680	178.139
C3	189.190	157.049	123.094
D3	209.308	225.341	170.890
PARQUE 4	194.671	188.213	257.978
E3	301.752	313.445	257.042
F3	478.054	429.118	341.556
G3	353.371	329.301	247.458
H3	352.317	385.670	310.418
I3	401.465	399.925	325.421
J3	717.774	685.754	455.140
TOTAL	3755.4390	3562.765	2847.008

METRADO DE CALLES Y PASAJES			
Descripción	Pavimento Flexible (m2)	Sardineles (m2)	
		Sumergido	Peraltado
CALLE 3	755.173	167.077	0.000
CALLE E	1725.408	473.196	0.000
CALLE F	1095.511	312.939	0.000
CALLE G	1421.717	420.756	0.000
CALLE G1	395.839	84.355	0.000
CALLE H	770.652	204.366	0.000
CALLE I	1562.176	124.860	250.886
CALLE J	583.559	76.265	0.000
CALLE K	1169.753	166.787	0.000
EMPALME 1	95.555	0.000	48.390
TOTAL	9575.3430	2030.6010	299.276

METRADO DE AREAS					
Etapa	Area de Vias locales (m2)	Area de Veredas y Bermas	Area de Recreacion (m2)	Area de Lotes (m2)	Area Total (m2)
Etapa III	9575.34	9125.72	1273.45	29739.25	51536.55
TOTAL	9575.34	9125.72	1273.45	29739.25	51536.55

LEYENDA	
DESCRIPCION	SIMB.
Limite de Etapa	—
Sardinil Sumergido 0.15 x 0.30 m	—
Sardinil Peraltado 0.15 x 0.45 m	—
Muro de Contencion	—
Via/Berma con pavimento flexible e=5cm y/o e=6cm	—
Area de Afirmado-Parque 04 e=10cm	—
Corte a nivel de Sub Rasante media via-etapa IV(adelanto)	—
Berma conformada de Terreno Natural	—
Veredas de Concreto e=10cm	—
Uñas de Veredas 0.10 x 0.10 m	—
Lotes Vendibles	—
Lote de Servicio	—
Parques	—
Areas Verdes o Jardin	—



PLANTA III ETAPA
ESC 1:500

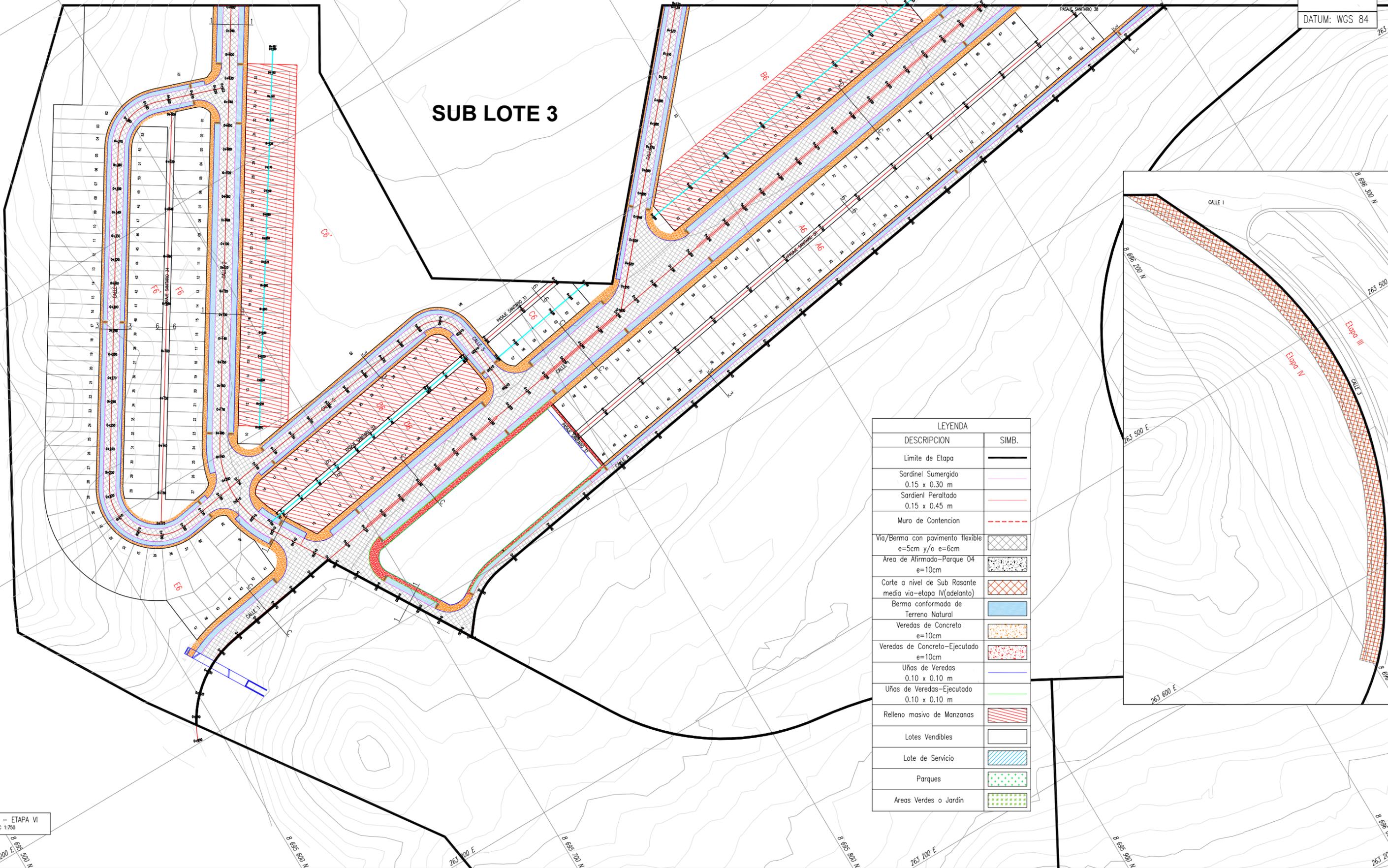
Nº.	REVISIONES	DIBUJADO POR:	REVISADO POR (ING):	APROBADO POR:	FECHA	CLIENTE:
1	Emission para el revision por el Proveedor	RRR	07/22			Los Portales
2	Emission para el revision por el Proveedor	RRA	09/22	ING. CGP	ING. GZA	
3	Emission para el revision por el Proveedor	RRA	09/22	ING. CGP	ING. GZA	

PROCEDIMIENTO DE APROBACION INTERNA				CONSULTOR:	
RESPONSABLE	POR	CHECK	FECHA	RAE CONSULTORIA TECNICA	
TOPOGRAFIA		<input type="checkbox"/>		SUPERINTENDENCIA DE INGENIERIA DE PLANTA	
DIBUJO	RODOLFO RAHUINILLA	<input checked="" type="checkbox"/>	SET 2022	CENTRAL INGENIERIA DE PLANTA	
CALIDAD/COORD.	ING. CARLOS ARCE M.	<input checked="" type="checkbox"/>	JUL 2022	APROB. PARA ENTREGA R.AÑAMACO	
APROBACION	ROGELIO AÑAMACO E.	<input checked="" type="checkbox"/>	SET 2022	FECHA	SET 2022

SANTA ROSA - LIMA - LIMA
HABILITACION URBANA RESIDENCIAL TIPO 4 (D.S N. 12-2019-VIVIENDA)
LAS TERRAZAS DE LIMA NORTE - III ETAPA
PLANO DE METRADOS

ADVERTENCIA	ESC: INDICADA
SI ESTA BARRA NO MIDE 0.025m NO ESTA A ESCALA.	Nº PROYECTO: 81/2022 RAE
PLANO N°:	PV-01

SUB LOTE 3



LEYENDA	
DESCRIPCION	SIMB.
Limite de Etapa	—
Sardinell Sumergido 0.15 x 0.30 m	—
Sardinell Peraltado 0.15 x 0.45 m	—
Muro de Contencion	- - -
Via/Berma con pavimento flexible e=5cm y/o e=6cm	▨
Area de Afirmando-Parque 04 e=10cm	▨
Corte a nivel de Sub Rasante media via-etapa IV(adelanto)	▨
Berma conformada de Terreno Natural	▨
Veredas de Concreto e=10cm	▨
Veredas de Concreto-Ejecutado e=10cm	▨
Uñas de Veredas 0.10 x 0.10 m	—
Uñas de Veredas-Ejecutado 0.10 x 0.10 m	—
Relleno masivo de Manzanas	▨
Lotes Vendibles	▨
Lote de Servicio	▨
Parques	▨
Areas Verdes o Jardin	▨

PLANTA - ETAPA VI
ESC 1:750

Nº.	REVISIONES	DIBUJADO POR:	REVISADO POR (ING):	APROBADO POR:	FECHA	CLIENTE:
1	Emission para el revision por el Proveedor	RRL	07/22			
2	Emission para el revision por el Cliente	RRA	11/22	ING. GZA		
3						



PROCEDIMIENTO DE APROBACION INTERNA				CONSULTOR:	
RESPONSABLE	POR	CHECK	FECHA	 SUPERINTENDENCIA DE INGENIERIA DE PLANTA CENTRAL INGENIERIA DE PLANTA	
TOPOGRAFIA	RAE	<input checked="" type="checkbox"/>	NOV 2021		
DIBUJO	RODOLFO RAHUINLLA	<input checked="" type="checkbox"/>	MAR 2023		
CALIDAD/COORD.	ING. CARLOS ARCE M.	<input checked="" type="checkbox"/>			
APROBACION	ROGELIO AÑAMACO E.	<input checked="" type="checkbox"/>	MAR 2023	APROB. PARA ENTREGA	R.AÑAMACO

SANTA ROSA - LIMA - LIMA
 HABILITACION URBANA RESIDENCIAL TIPO 4 (D.S N. 12-2019-VIVIENDA)
 LAS TERRAZAS DE LIMA NORTE - VI ETAPA
ALINEAMIENTOS Y PLANTA

ADVERTENCIA	ESC: INDICADA
SI ESTA BARRA NO MIDE 0.025m EL DIBUJO NO ESTA A ESCALA.	Nº PROYECTO: /2022 RAE
PLANO N°:	AL-01