

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“APLICACIÓN DEL LEAN CONSTRUCTION EN LA  
GESTIÓN DE PROYECTOS DE OBRAS DE  
LÍNEAS DE TRANSMISIÓN SUBTERRÁNEAS  
ELECTROMECAÑICAS.”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título  
profesional de:

Ingeniera Industrial



Autora:

Luz Vanessa Lizana Gonzales

Asesor:

Dr. Ing. Durand Porras Juan Carlos

Lima - Perú

2021

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar esta tesis a mis padres Alejandro y Lila, porque ellos son la razón a mi vida, sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

A mi hermano de quien soy guía y ejemplo.

Y en especial a mi hija Nahia Francelly que está en camino, que cada esfuerzo que hago es por ella para ofrecerle un mejor futuro.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios quien siempre a guiado mis pasos a lo largo de mi vida, a mi familia por siempre confiar en mí y celebrar cada logro, al Ingeniero Juan Durand, por su paciencia y asesoría en la elaboración de mi trabajo, por sus buenos consejos.

También agradecer al Gerente General de la empresa para la que trabajé, por el acceso a la información y la confianza permitida.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>11</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>12</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 Realidad Problemática .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1.1 Delimitación de la investigación – Descripción de la empresa .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1.2 Realidad problemática a nivel internacional y nacional.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2 Formulación del Problema .....</b>	<b>23</b>
<b>1.2.1 Problema General .....</b>	<b>23</b>
<b>1.2.2 Problemas Específicos .....</b>	<b>23</b>
<b>1.3 Objetivos de la investigación .....</b>	<b>23</b>
<b>1.3.1 Objetivo General.....</b>	<b>23</b>
<b>1.3.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>23</b>
<b>1.4 Justificación de la investigación .....</b>	<b>24</b>
<b>1.4.1 Justificación Teórica .....</b>	<b>24</b>
<b>1.4.2 Justificación Práctica .....</b>	<b>24</b>
<b>1.4.3 Justificación Cuantitativa.....</b>	<b>25</b>
<b>1.4.4 Justificación Social.....</b>	<b>25</b>
<b>1.4.5 Justificación Normativa .....</b>	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>27</b>
<b>2.1. Antecedentes de la investigación .....</b>	<b>27</b>
<b>2.1.1. Antecedentes internacionales.....</b>	<b>27</b>
<b>2.1.2. Antecedentes nacionales .....</b>	<b>31</b>

<b>2.2.</b>	<b>Bases Teóricas.....</b>	<b>36</b>
<b>2.2.1.</b>	<b>Primera variable (X): Aplicación del Lean Construction.....</b>	<b>36</b>
<b>2.2.1.1.</b>	<b>Definición de Lean .....</b>	<b>36</b>
<b>2.2.1.2.</b>	<b>Herramientas del Lean Construction.....</b>	<b>40</b>
<b>2.2.2.</b>	<b>Segunda variable (Y): Gestión de Proyectos.....</b>	<b>47</b>
<b>2.2.2.1.</b>	<b>Definición de gestión de proyectos .....</b>	<b>47</b>
<b>2.2.2.2.</b>	<b>Gestión de proyectos en la industria de la construcción .....</b>	<b>48</b>
<b>2.2.2.3.</b>	<b>Fases de la gestión de proyectos de construcción .....</b>	<b>49</b>
<b>2.2.3.</b>	<b>Teoría relacionada a las variables.....</b>	<b>49</b>
<b>2.2.3.1.</b>	<b>Indicadores para una buena gestión de proyectos de construcción .....</b>	<b>49</b>
<b>2.2.3.2.</b>	<b>Líneas de Transmisión .....</b>	<b>52</b>
<b>2.3.</b>	<b>Definición de términos básicos.....</b>	<b>52</b>
<b>2.3.1.</b>	<b>Lean Construction .....</b>	<b>52</b>
<b>2.3.2.</b>	<b>Last Planner System .....</b>	<b>52</b>
<b>2.3.3.</b>	<b>Plan maestro .....</b>	<b>53</b>
<b>2.3.4.</b>	<b>Programación semanal.....</b>	<b>53</b>
<b>2.3.5.</b>	<b>Trabajos contributivos (TC).....</b>	<b>53</b>
<b>2.3.6.</b>	<b>Trabajos no contributivos (TNC).....</b>	<b>53</b>
<b>2.3.7.</b>	<b>Fases de la gestión de proyectos .....</b>	<b>54</b>
<b>2.3.8.</b>	<b>Indicadores de gestión de valor ganado en los proyectos .....</b>	<b>54</b>
<b>CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA.....</b>		<b>56</b>
<b>3.1.</b>	<b>Descripción inicial de incorporación en la empresa .....</b>	<b>56</b>
<b>3.1.1.</b>	<b>Experiencia desarrollada en la empresa .....</b>	<b>56</b>
<b>3.1.2.</b>	<b>Organización de la empresa en proyectos de construcción de líneas de transmisión. ....</b>	<b>57</b>
<b>3.1.3.</b>	<b>Área donde se realizó la experiencia profesional .....</b>	<b>57</b>
<b>3.1.4.</b>	<b>Equipo profesional involucrado en la experiencia profesional .....</b>	<b>58</b>
<b>3.2.</b>	<b>Planificación de la experiencia a realizar .....</b>	<b>59</b>
<b>3.3.</b>	<b>Proceso de implementación del proyecto de investigación.....</b>	<b>60</b>
<b>3.3.1.</b>	<b>Sectorización del proceso constructivo .....</b>	<b>60</b>
<b>3.3.2.</b>	<b>Trenes de Trabajo .....</b>	<b>68</b>

<b>3.3.3. Planificación Maestra de Producción .....</b>	<b>71</b>
<b>3.3.4. Lookahead.....</b>	<b>73</b>
<b>3.3.5. Planificación semanal de trabajo .....</b>	<b>76</b>
<b>3.3.6. Informe semanal.....</b>	<b>77</b>
<b>3.3.7. Verificación del cumplimiento de los objetivos en las reuniones semanales. ....</b>	<b>78</b>
<b>3.3.8. Evaluación de indicadores de gestión SV, SPI y CPI. ....</b>	<b>79</b>
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....</b>	<b>80</b>
<b>4.1 Resultado del objetivo específico 1. ....</b>	<b>80</b>
<b>4.1.1 Objetivo Especifico 1: Determinar los resultados de la aplicación del Lean Construction en la Variación del Cronograma de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas. ....</b>	<b>80</b>
<b>4.2 Resultado del objetivo específico 2. ....</b>	<b>84</b>
<b>4.2.1 Objetivo específico 2: Determinar los resultados de la aplicación del Lean Construction en el SPI de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas. ....</b>	<b>84</b>
<b>4.3 Resultado del objetivo específico 3.....</b>	<b>88</b>
<b>4.3.1 CPI (Índice de desempeño del costo): Determinar los resultados de la aplicación del Lean Construction en el CPI de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas. ....</b>	<b>88</b>
<b>4.4 Resultados del objetivo general.....</b>	<b>91</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMEDADIONES .....</b>	<b>95</b>
<b>5.1. Discusión de resultados .....</b>	<b>95</b>
<b>5.2. Conclusiones.....</b>	<b>98</b>
<b>5.3. Recomendaciones.....</b>	<b>99</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>103</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> .....	<b>21</b>
<i>Frecuencia de ocurrencia de los principales los factores que inciden en los incumplimientos de la gestión de proyectos en obras de líneas de transmisión de la empresa.</i> .....	<b>21</b>
<b>Tabla 2</b> .....	<b>39</b>
<i>Estimación de desperdicios en obras de edificaciones</i> .....	<b>39</b>
<b>Tabla 3.</b> .....	<b>58</b>
<i>Miembros del Equipo para la implementación de Lean Construction en el proyecto.</i> ....	<b>58</b>
<b>Tabla 4</b> .....	<b>61</b>
<i>Partidas y metrados del proyecto (Banco Ducto)</i> .....	<b>61</b>
<b>Tabla 5</b> .....	<b>62</b>
<i>Partidas y metrados del proyecto (Banco Ducto) – Zona Roca</i> .....	<b>62</b>
<b>Tabla 6</b> .....	<b>63</b>
<i>Partidas y metrados del proyecto (Cámaras de Empalme)</i> .....	<b>63</b>
<b>Tabla 7</b> .....	<b>74</b>
<i>Tipos de restricciones</i> .....	<b>74</b>
<b>Tabla 8</b> .....	<b>80</b>
<i>Registro de actividades para la implementación del plan</i> .....	<b>80</b>
<b>Tabla 9</b> .....	<b>81</b>
<i>Consolidado de SV - Variación del cronograma (Antes de la implementación)</i> .....	<b>81</b>
<b>Tabla 10</b> .....	<b>82</b>
<i>Consolidado de SV - Variación del cronograma (Después de la implementación)</i> .....	<b>82</b>
<b>Tabla 11</b> .....	<b>83</b>
<i>Resultado comparativo de variación del cronograma del antes y después de la implementación del Lean Construction en la obra de línea de transmisión ubicada en Manchay - Pachacutec</i> .....	<b>83</b>
<b>Tabla 12</b> .....	<b>84</b>
<i>Consolidado de SPI – Desempeño del Cronograma (Antes de la implementación)</i> .....	<b>84</b>

<b>Tabla 13 .....</b>	<b>86</b>
<i>Consolidado de SPI – Desempeño del Cronograma (Después de la implementación)....</i>	<b>86</b>
<b>Tabla 14 .....</b>	<b>87</b>
<i>Resultado comparativo de SPI del antes y después de la implementación del mantenimiento autónomo.....</i>	<b>87</b>
<b>Tabla 15 .....</b>	<b>88</b>
<i>CPI – Índice de desempeño del costo en el Primer Periodo (Antes de la implementación). .....</i>	<b>88</b>
<b>Tabla 16 .....</b>	<b>89</b>
<i>CPI – Índice de desempeño del costo en el Segundo Periodo (Después de la implementación). .....</i>	<b>89</b>
<b>Tabla 17 .....</b>	<b>90</b>
<i>Resultado final comparativo del antes y después del índice de desempeño del costo. ....</i>	<b>90</b>
<b>Tabla 18 .....</b>	<b>91</b>
<i>Resultados en cada etapa de la gestión del proyecto de línea de transmisión subterránea. .....</i>	<b>91</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1. Ubicación geográfica de la empresa .....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 2. Organigrama del proyecto del Distrito de Pachacamac .....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 3. Diagrama de Ishikawa o de causa y efecto de los factores que inciden los incumplimientos de la gestión de proyectos de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 4. Gráfico de factores que inciden la problemática de la empresa. ....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 5. La casa de Toyota – Lean .....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 6. Formulación de la asignación en el planeamiento LP .....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 7. Tren de trabajo de un área de trabajo .....</b>	<b>43</b>
<b>Figura 8. Carta balance de una actividad .....</b>	<b>46</b>
<b>Figura 9. Fases de la gestión de proyectos .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 10. Esquema de sectorización de frentes de trabajo y actividades .....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 11. Logo Google Earth Pro.....</b>	<b>64</b>
<b>Figura 12. Avance del proyecto Frente 1.....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 13. Avance grafico del proyecto Frente 1.....</b>	<b>65</b>
<b>Figura 14. Avance del proyecto Frente 2.....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 15. Avance grafico del proyecto Frente 2.....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 16. Avance del proyecto Frente 3.....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 17. Avance grafico del proyecto Frente 3.....</b>	<b>67</b>
<b>Figura 18. Tren de actividades para Banco Ducto .....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 19. Tren de actividades para Cámaras de Empalme .....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 20. Esquema de Tren de actividades para Banco Ducto .....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 21. Cronograma base del proyecto .....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 22. Formato de Lookahead Frente 1 .....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 23. Análisis de restricciones del proyecto.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 24. Programación semanal Frente 2.....</b>	<b>76</b>
<b>Figura 25. Gráfico modelo Curva S. ....</b>	<b>77</b>

**Figura 26. Cuadro resumen de avances del proyecto en metros lineales. .... 78**

**Figura 27. Cuadro resumido de plantilla de reporte semanal..... 79**

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Variación del Cronograma - SV .....	81
Ecuación 2: Índice de Desempeño del Cronograma.....	85
Ecuación 3: Índice de Desempeño del Costo .....	88

## RESUMEN

El estudio realizado bajo la modalidad de suficiencia profesional tuvo como objetivo general determinar los resultados de la aplicación del Lean Construction en la gestión de proyectos de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas. La metodología aplicada esta orientada en optimizar las actividades que agregan valor al proyecto y reducir o eliminar las que no lo hacen. Las herramientas del LC implementadas en el proceso constructivo del proyecto mejoraron considerablemente los problemas detectados en la empresa, logrando que se tenga una buena comunicación y coordinación en los 7 meses que duró el proyecto del Distrito de Pachacamac. Para el diagnóstico del problema se recurrió a técnicas de mejora continua tales como el diagrama de Causa y Efecto y el Diagrama de Ishikawa, para luego proceder a la implementación de las fases que conforman un plan de Implementación del Lean Construction, según el ciclo de mejora continua PHVA y dar respuesta a los objetivos específicos, que consistieron en medir los indicadores de gestión que son la variación de cronograma SV, índice de desempeño del cronograma SPI e índice de desempeño del costo CPI.

Los resultados de la investigación permitieron determinar un incremento en cada indicador para la variación del cronograma – SV se obtuvo una mejora del 5.67%, esto quiere decir que luego de la implementación se logrará cumplir con los avances programados, e incluso mejorar el rendimiento; con respecto al índice de desempeño del cronograma se obtuvo un incremento del 23.05%, y finalmente el índice de desempeño del costo – CPI se mejoró en un 41%, esto quiere decir que las facturaciones posteriores a la implementación serán conforme a lo proyectado.

**Palabras Clave:** Lean Construcción, gestión de proyectos, variación del cronograma, índice de desempeño del cronograma, índice del desempeño del costo.

## ABSTRACT

The general objective of the study carried out under the modality of professional sufficiency was to determine the results of the application of Lean Construction in the management of electromechanical underground transmission line works projects. The applied methodology is aimed at optimizing the activities that add value to the project and reducing or eliminating those that do not. The LC tools implemented in the construction process of the project considerably improved the problems detected in the company, achieving good communication and coordination in the 7 months that the Pachacamac District project lasted. To diagnose the problem, continuous improvement techniques such as the Cause and Effect diagram and the Ishikawa diagram were used, to then proceed to the implementation of the phases that make up a Lean Construction Implementation plan, according to the improvement cycle. Continuous PHVA and responding to the specific objectives, which consisted of measuring the management indicators that are the variation of the SV schedule, the SPI schedule performance index and the CPI cost performance index.

The results of the investigation allowed to determine an increase in each indicator for the variation of the schedule - SV an improvement of 5.67% was obtained, this means that after the implementation it will be possible to comply with the programmed advances, and even improve performance; Regarding the schedule performance index, an increase of 23.05% was obtained, and finally the cost performance index - CPI improved by 41%, this means that billings after implementation will be as projected.

**Keywords:** Lean Construction, project management, schedule variation, schedule performance index, cost performance index.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad Problemática

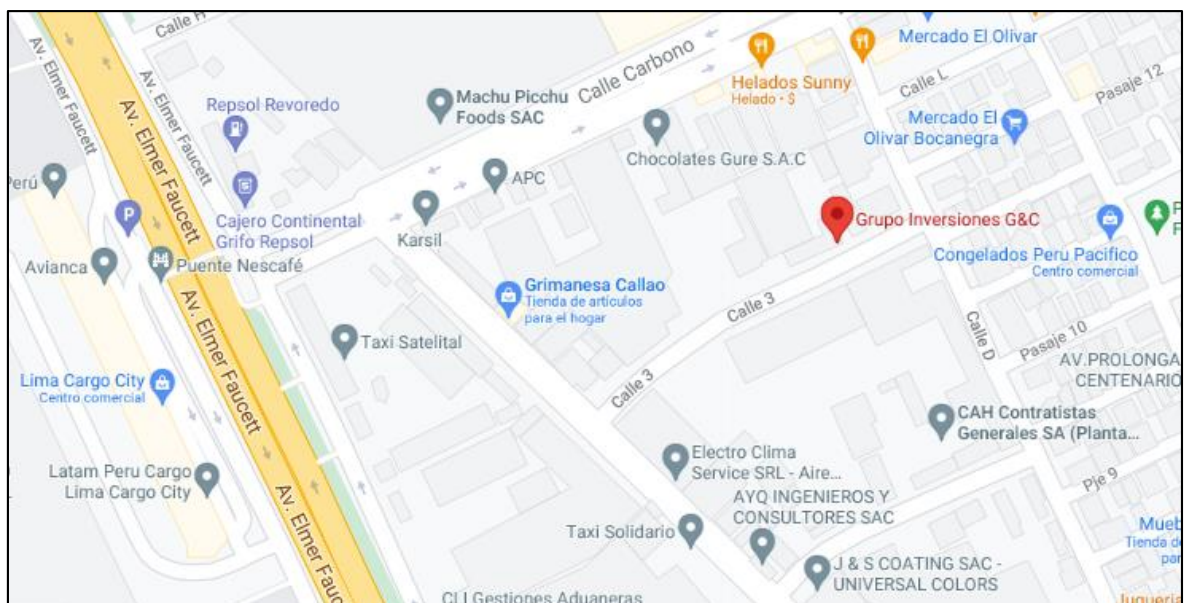
#### 1.1.1 Delimitación de la investigación – Descripción de la empresa

Es una empresa dedicada a la construcción, mantenimientos en subestaciones y líneas de alta y media tensión, automatización y control de puestas en servicios.

La empresa cuenta con el sistema integrado de gestión conforme a los estándares OSHAS 18001, ISO 9001 e ISO tanto en las instalaciones del local del Callao, como en los lugares donde se desarrollan las obras de sus clientes.

Cuenta con 5 áreas productivas o de servicio que son: Obras de Líneas de Transmisión, Mantenimientos LAT, obras en subestaciones, Mantenimiento en subestaciones y Pruebas y ensayos.

Ver ubicación geográfica en la **Figura 1**:



**Figura 1.** Ubicación geográfica de la empresa

Fuente: G&C., a partir de Google Maps (2021)

## Misión

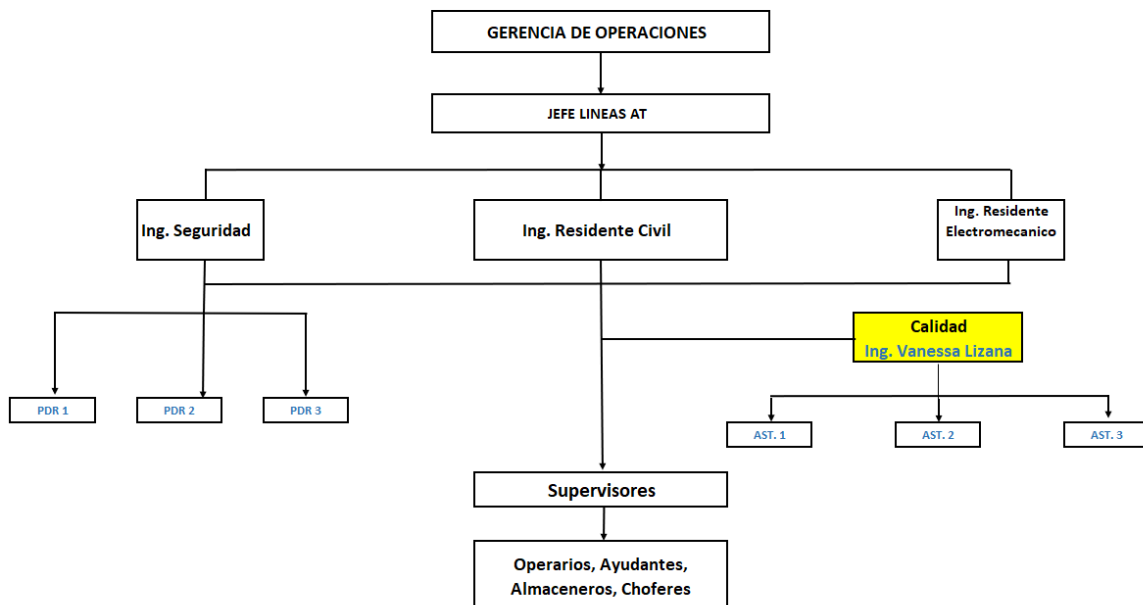
La misión de la empresa es “Satisfacer a los clientes, accionistas, colaboradores y demás partes interesadas, asumiendo la responsabilidad de la calidad de sus servicios, la prevención, control y mitigación de los impactos a medio ambiente, así como la protección y la prevención en los riesgos de seguridad y salud en el trabajo que se puedan generar.

## Visión

“Su visión es hacer que la empresa se convierta en líder potencial en el sector de la construcción y mantenimiento de líneas de transmisión y subestaciones, ser la primera opción de los clientes”.

## Estructura Organizacional del Proyecto

En la siguiente figura se muestra la estructura organizacional del proyecto en el cual se realizó la aplicación de la mejora.



**Figura 2.** Organigrama del proyecto del Distrito de Pachacamac

*Fuente:* G&C (2021)

### **1.1.2 Realidad problemática a nivel internacional y nacional**

#### **Realidad problemática a nivel internacional**

*A nivel internacional*, La industria de la construcción es una parte importante en la economía de un país, por tanto, los nuevos sistemas de gestión que se implementan en las principales industrias constructoras del mundo y en donde se obtienen excelentes resultados, merece especial atención.

Koskela (1992); en un nuevo enfoque en la gestión de proyectos de construcción se basa en el modelo empleado por la industria automovilística en los 80, la “producción Lean”. Propone que la construcción es un sistema de producción que inicia en proyectos con gran incertidumbre en la planificación y con mala concepción de la producción. Las bases teóricas de LC propuestas por Koskela pretenden ver la producción en la construcción como un proceso de transformación, de flujo y generador de valor, en consecuencia, el objetivo de Lean Construction es crear buenos sistemas de producción que permitan optimizar, reducir o mitigar los flujos para mejorar los tiempos de entrega.

*En Latinoamérica*, los países que muestran más avances en el uso y estudio de Lean construction son Brasil, Chile, Perú y Colombia; en este último ha sido estudiado en el sector privado mientras en las universidades del país no se muestran muchos avances sobre el tema. Las investigaciones sobre el Lean construction las inician en el año 2002 Camacol y el arquitecto Luis Fernando Botero Botero, profesor de la universidad Eafit e integrante del grupo Gescon (Gestión de la Construcción) de la misma universidad, quien ha publicado algunos artículos en la revista Ciencia y Tecnología y dos libros sobre el tema. A esto se suman estudios realizados por estudiantes de ingeniería civil en algunas empresas bogotanas dedicadas a proyectos edificatorios, como requisito para obtener su título, y las capacitaciones en el uso de LC que ha hecho Camacol en convenio con la universidad Eafit, dirigidas al personal de empresas constructoras como Triada, Urbansa, Arpro, Arrecife y



Construmax, gracias a las cuales se han obtenido mejoras en los tiempos de entrega de las obras y reducción de los costos. (Botero y Álvarez, 2005).

### **Realidad problemática a nivel nacional**

*A nivel nacional, seis empresas peruanas:* Graña y Montero, COINSA, COPRACSA, EDIFICA, MARCAN y MOTIVA, aplican diversas técnicas de la filosofía Lean Construction en sus proyectos de construcción, junto con la universidad Pontificia Católica del Perú, han decidido unirse para compartir diversos conocimientos y difundir estos principios de la construcción de nuestro país, teniendo como objetivo fundamental contribuir a elevar el nivel de eficiencia del sector. (Orihuela, 2011).

Según Gómez, Mendoza y Pérez (2016); en su tesis de título profesional aplicaron la filosofía lean construction como método de planificación, ejecución y control de un proyecto de construcción desarrollado en la ciudad de Lima. Analizan y describen de forma detallada como se aplican las herramientas más importantes de esta filosofía (Last Planner System, Sectorización, lookahead, etc.) con la finalidad de difundir la metodología de aplicación de cada herramienta y servir de guía para profesionales o empresas que busquen implementar lean construction en sus proyectos. También, analizan las etapas del proyecto de mayor incidencia y se demuestra de manera concluyente los buenos resultados que brinda esta metodología, buscando alentar a que sea adoptada por más empresas del sector construcción y puedan romper el paradigma de que su aplicación genera sobre costos.

#### **1.1.1 Realidad problemática a nivel local (institucional)**

*A nivel local,* en la empresa en la cual se llevó a cabo la experiencia profesional se detectó una serie de debilidades relacionadas con los diversos proyectos que se llevaban a cabo desde el año 2019, con respecto al tiempo de entrega, y la falta de cumplimientos de las metas establecidas ante el cliente, no se hacía un correcto seguimiento a los indicadores de gestión establecidos por la empresa los cuales son: cumplimiento de avances, cumplimiento de gasto

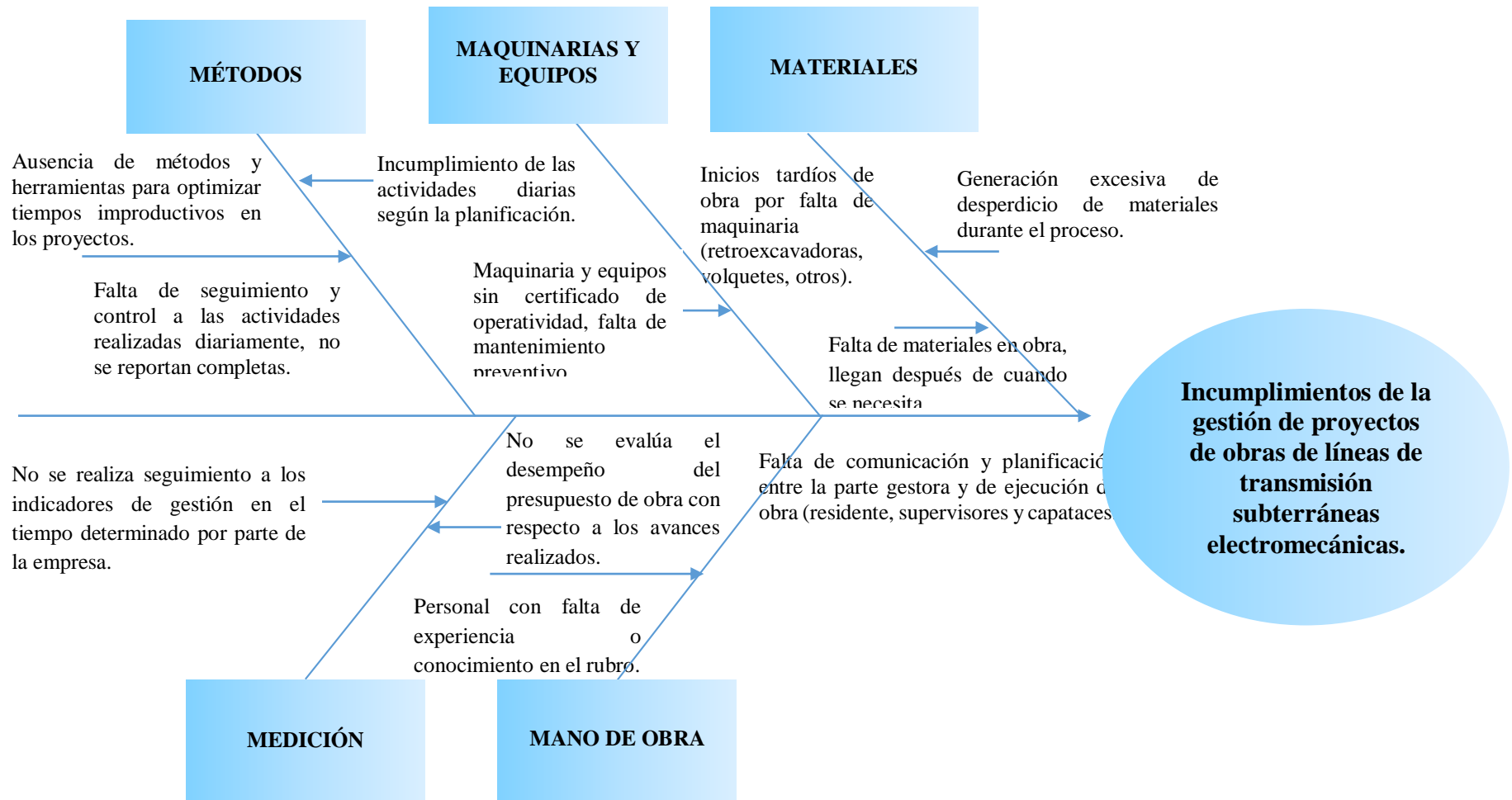
de presupuesto y cumplimiento de ejecución de plazo, las obras realizadas en ese año estaban con un 70% a 80% de cumplimiento con respecto a lo programado, esto genera una baja satisfacción del cliente, y en algunos casos la penalización por no cumplir con el plazo de entrega. (Empresa G&C, 2020).

Los problemas que se encontraron en la empresa la ponen en posición de desventaja frente a sus competidores, ya que, al no cumplir con los requisitos de cumplimiento, ingresan nuevas empresas del sector a concursar y pueden ganar los próximos proyectos. En los últimos 2 años empresas extranjeras con nuevas propuestas se incorporaron al mercado y esto podría ser una amenaza de no poder seguir obteniendo los contratos con nuestros clientes.

A partir del diagnóstico inicial realizado, mediante el proceso de experiencia profesional en la organización se aplicó la metodología de Lean Construction en un proyecto de obra de línea de transmisión subterránea electromecánica, realizado de junio del 2020 a enero del 2021 en el cual se mejoró el índice de desempeño del cronograma SPI, la variación del cronograma SV y el índice de desempeño de costo CPI, como también las actividades vinculadas a la gestión de proyectos. Es importante hacer notar que, si la empresa no tomaba acciones relacionadas con el mejoramiento de sus procesos de gestión de proyectos y el desempeño de sus indicadores, se iba a seguir con las mismas incidencias y tal vez perder algún contrato por incumplimiento de plazos, cabe recalcar que toda la implementación se llevó a cabo teniendo en cuenta la política integrada de gestión de la empresa G&C que vela por la seguridad de los trabajadores.

Las debilidades identificadas para diagnosticar la situación problemática fueron las siguientes, las cuales fueron representadas en un Diagrama de Ishikawa (Ver Figura 3):

1. Ausencia de métodos y herramientas para optimizar tiempos improductivos en los proyectos.
2. Falta de seguimiento y control a las actividades realizadas diariamente, no se reportan completas.
3. Incumplimiento de las actividades diarias según la planificación.
4. Maquinaria y equipos sin certificado de operatividad, falta de mantenimiento preventivo.
5. Inicios tardíos de obra por falta de maquinaria (retroexcavadoras, volquetes, otros).
6. Falta de materiales en obra, llegan después de cuando se necesita.
7. Generación excesiva de desperdicio de materiales durante el proceso.
8. No se realiza seguimiento a los indicadores de gestión en el tiempo determinado por parte de la empresa.
9. No se evalúa el desempeño del presupuesto de obra con respecto a los avances realizados.
10. Exceso de confianza del personal, conlleva a incidentes laborales.
11. Personal con falta de experiencia o conocimiento en el rubro.
12. Falta de comunicación y planificación entre la parte gestora y de ejecución de obra.  
(residentes, supervisores y capataces.)



**Figura 3.** Diagrama de Ishikawa o de causa y efecto de los factores que inciden los incumplimientos de la gestión de proyectos de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas.

Fuente: G&C (2021)

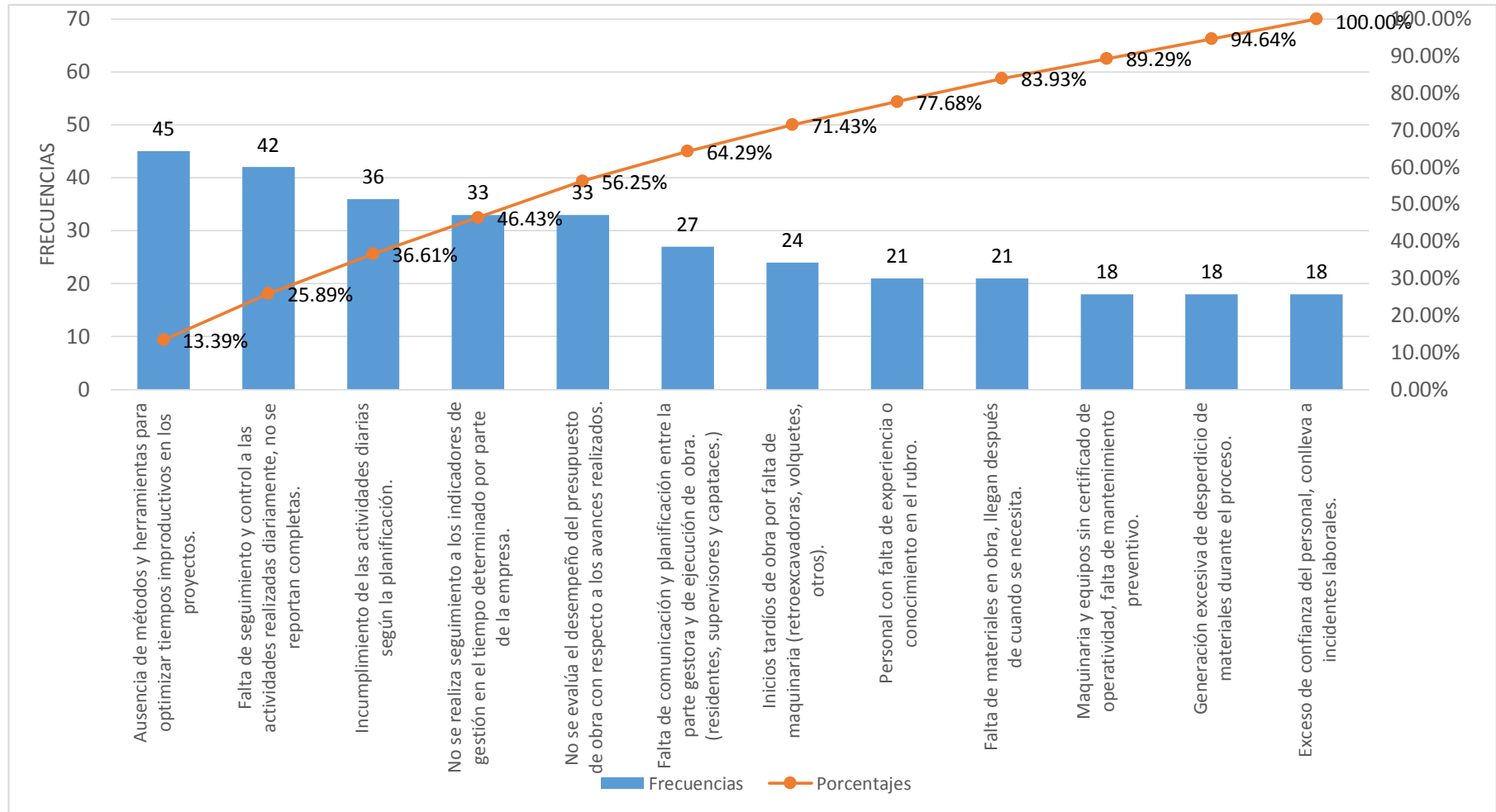
Luego se procedió a realizar una encuesta por valor de criticidad según el puntaje de 1 a 5 en donde 1 es menos relevante y 5 más relevante, se entrevistó al jefe de proyecto, residente y supervisor de obra para poder tener en cuenta sus votaciones con un factor 3 de significancia. Se elabora la (Tabla 1) a partir de los criterios del Diagrama de Pareto (Ver figura 4):

**Tabla 1**

*Frecuencia de ocurrencia de los principales los factores que inciden en los incumplimientos de la gestión de proyectos en obras de líneas de transmisión de la empresa.*

Situación detectada	Puntaje por valor de Criticidad	Frecuencia relativa	Porcentaje acumulado
Ausencia de métodos y herramientas para optimizar tiempos improductivos en los proyectos.	45	13.39%	13.39%
Falta de seguimiento y control a las actividades realizadas diariamente, no se reportan completas.	42	12.50%	25.89%
Incumplimiento de las actividades diarias según la planificación.	36	10.71%	36.61%
No se realiza seguimiento a los indicadores de gestión en el tiempo determinado por parte de la empresa.	33	9.82%	46.43%
No se evalúa el desempeño del presupuesto de obra con respecto a los avances realizados.	33	9.82%	56.25%
Falta de comunicación y planificación entre la parte gestora y de ejecución de obra. (Residentes, supervisores y capataces.)	27	8.04%	64.29%
Inicios tardíos de obra por falta de maquinaria (retroexcavadoras, volquetes, otros).	24	7.14%	71.43%
Personal con falta de experiencia o conocimiento en el rubro.	21	6.25%	77.68%
Falta de materiales en obra, llegan después de cuando se necesita.	21	6.25%	83.93%
Maquinaria y equipos sin certificado de operatividad, falta de mantenimiento preventivo.	18	5.36%	89.29%
Generación excesiva de desperdicio de materiales durante el proceso.	18	5.36%	94.64%
Exceso de confianza del personal, conlleva a incidentes laborales.	18	5.36%	100.00%
<b>TOTAL</b>	<b>336</b>	<b>100%</b>	

*Nota:* Factores de incumplimiento del proyecto.



**Figura 4.** Gráfico de factores que inciden la problemática de la empresa.

Fuente: Elaboración Propia (2021)

## **1.2 Formulación del Problema**

### **1.2.1 Problema General**

- ✓ ¿Cuáles son los resultados de la aplicación del Lean Construction en la gestión de proyectos de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas?

### **1.2.2 Problemas Específicos**

- ✓ ¿Cuáles son los resultados de la aplicación del Lean Construction en la Variación del Cronograma de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas?
- ✓ ¿Cuáles son los resultados de la aplicación del Lean Construction en el SPI de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas?
- ✓ ¿Cuáles son los resultados de la aplicación del Lean Construction en el CPI de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

- ✓ Determinar los resultados de la aplicación del Lean Construction en la gestión de proyectos de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Determinar los resultados de la aplicación del Lean Construction en la Variación del Cronograma de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas.
- ✓ Determinar los resultados de la aplicación del Lean Construction en el SPI de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas.
- ✓ Determinar los resultados de la aplicación del Lean Construction en el CPI de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas.

## **1.4 Justificación de la investigación**

### **1.4.1 Justificación Teórica**

La presente investigación realizada desde la experiencia profesional es importante porque utiliza la teoría del Lean Construction en la gestión de proyectos de obras de líneas de transmisión de la empresa en estudio, el cual nos permitió encontrar diversos desperdicios en los procesos del proyecto y nos dio como resultado optimizar recursos, pudiendo así cumplir con el tiempo de entrega final del proyecto de LT.

También se utiliza como base fundamental de la investigación teórica la gestión de proyectos de construcción, la cual tiene 5 fases: el inicio, planificación, ejecución, seguimiento, control y cierre del proyecto. Es en estas fases es en donde se identificaron los problemas y junto con las diversas herramientas del Lean Construction se pudieron establecer las soluciones.

En base a estos fundamentos teóricos estudiados diversas empresas del rubro de la construcción podrán mejorar sus tiempos de ejecución y su rentabilidad, teniendo así un nuevo enfoque de cómo mejorar sus indicadores de gestión y satisfacer a sus clientes, mejorando la confiabilidad y teniendo procesos productivos más eficaces.

### **1.4.2 Justificación Práctica**

Desde el punto práctico, la investigación es importante porque contribuye a mejorar la gestión de proyectos de construcción de obras de línea de transmisión subterráneas electromecánicas, aplicando la metodología del Lean Construction, que permite identificar cuáles son las actividades que no generan valor en los procesos, con la ayuda de sus herramientas, se puede llegar a entregar el proyecto en un menor tiempo, optimizando costos, mejorando los indicadores de desempeño y poder acceder al bono que entrega el cliente por el cierre de un buen proyecto ejecutado.



### **1.4.3 Justificación Cuantitativa**

Según la presente investigación desde el punto de vista cuantitativo nos permite analizar el diagnóstico inicial, el cual nos llevó a detectar diversas falencias en el proceso, como inicio de proyecto. No se cumplía con el avance programado y mucho menos se veía reflejado una buena gestión en las 6 semanas de iniciado el proyecto de construcción de línea de transmisión subterránea electromecánica el cliente nos solicitó medidas para poder cumplir con la meta inicial, ya que ellos son constantemente evaluados según el rendimiento de la ejecución del proyecto. Los indicadores que nos llevaron a detectar la alarma para poder implementar la mejora fueron: SPI (índice de desempeño del cronograma) el cual en las primeras 6 semanas era del 77.04%, esto indicaba un bajo desempeño debido a que como mínimo debe estar en un 95%; SV (variación del cronograma) el cual era del -3.69% , un resultado negativo de este indicador no es aceptable en la empresa y el CPI (Índice de desempeño del costo), este último indicador afecta directamente a las valorizaciones a cobrar según lo proyectado el cual estaba en un 58% promedio, es decir se debía facturar más del 90%.

### **1.4.4 Justificación Social**

El estudio se justifica desde el punto de vista social, ya que la obra fue ejecutada en el distrito de Pachacamac e influye directamente con la población y el medio ambiente, la construcción de una línea de transmisión genera muchos beneficios a la sociedad ya que habilita una nueva fuente de energía que lleva electricidad a más hogares y al ser subterránea disminuye riesgos a la población.

Así mismo, al cumplir con la ejecución de un buen proyecto en el tiempo determinado y cumpliendo con los estándares de calidad, seguridad y medio ambiente, el cliente puede generar nuevos contratos y estos habilitan más puestos de trabajo.

#### **1.4.5 Justificación Normativa**

La presente investigación contribuye a dar cumplimiento a las normativas ISO 45001:2018, ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015 las cuales pertenecen a la política integrada de gestión que establece las directrices por las que se busca continuamente la satisfacción de los clientes, accionistas, colaboradores y demás partes interesadas; asumiendo la responsabilidad por la calidad de sus servicios, la prevención, control y mitigación de los impactos al medio ambiente así como la prevención en los riesgos de seguridad y salud en el trabajo.

Las líneas de transmisión con tensiones iguales o mayores a 30 kV, deben cumplir con las disposiciones técnicas y legales del subsector electricidad referidas a la seguridad y riesgos eléctricos, de acuerdo a lo previsto en el literal e) del artículo 5° de la Ley 28151, también se debe cumplir con la Ley No. 26734; Ley del Organismo supervisor de la Inversión en Energía y el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de las Actividades Eléctricas, aprobado mediante Resolución Ministerial N° 161-2007- MEM/DM, y sus modificatorias o actualizaciones.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales

*Valencia (2018)*, en su investigación cuyo título es: “*Aplicación de Lean Construction al sector de la infraestructura vial en Colombia*”, presentado para optar el grado de Especialista en Gerencia de Empresas Constructoras (Colombia). Tuvo como objetivo establecer el procedimiento para la implementación de la metodología Lean Construction (Construcción sin Pérdidas) en el proceso constructivo del sector de infraestructura vial en Colombia a través de la identificación y mejora de los 11 principios Lean para garantizar un producto de calidad y rentabilidad en las empresas y/o proyectos del país. Como resultados realizó una búsqueda de las empresas del sector de la construcción, y levantó información en cuanto a la descripción de la construcción de vías en Colombia. Al implementar la filosofía Lean Construction en proyectos de infraestructura vial en Colombia, se obtuvieron resultados positivos para las empresas al evidenciar una optimización en la consecución de los recursos de los proyectos, así como la reducción de costos al minimizar y controlar las pérdidas generadas en los procesos constructivos. De igual manera una entrega satisfactoria de los proyectos con productos de calidad y clientes satisfechos, estadísticamente de las 12 empresas investigadas todas obtuvieron resultados positivos luego de la implementación, reduciendo sus desperdicios en más del 20%.

*García (2012)*, en su investigación cuyo título es: “*Aplicación de la metodología lean construction en la vivienda de interés social*”, presentado para el grado de Especialización de Proyectos en la universidad de EAN (Colombia). Tuvo como objetivo mostrar cómo se puede desarrollar un proyecto de vivienda de interés social bajo la metodología Lean Construction desde su fase de planeación hasta su liquidación, teniendo como base los documentos existentes y los lineamientos dados por el Lean Construction Institute. Como resultado, se dedujo que en la actualidad la vivienda de interés social tiene un gran auge en

el país y cada vez más el proceso constructivo tiende a industrializarse, dentro de este se puede aplicar la metodología Lean Construction la cual se basa en los principios de producción de la Toyota desarrollada en los años 50, lo que pretende esta metodología es optimizar el proceso productivo mediante la planeación y la retroalimentación del ciclo constructivo. Cada obra es una oportunidad de mejoramiento, también dentro de Lean Construction el LPDS (Lean Project Delivery System) permite organizar las etapas del ciclo productivo secuencialmente y se constituye en una herramienta de gran importancia para poder organizar nuestros proyectos en las diferentes etapas constructivas por último si las empresas constructoras al desarrollar proyectos de vivienda de interés social se enfocan más en la reducción de las actividades que no generan valor e invierten en mejorar la calidad de sus productos en vez de pensar en cómo bajar costos afectando la calidad de los insumos y la mano de obra se lograrían mayores utilidades, es mayor el costo de la no calidad que el de hacer los proyectos con insumos de buena calidad y mano de obra calificada.

*Corredor y Rojano (2009), en su investigación cuyo título es: "Lean construction" aplicada a proyectos de construcción de edificaciones de vivienda unifamiliar*", presentado para optar por el título de Especialista en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles. Tuvo como objetivo desarrollar un documento de recomendaciones para el mejoramiento de las actividades de construcción mediante la Identificación de las pérdidas de recursos de materiales en proyectos de obra civil tipo vivienda unifamiliar con sistema constructivo tradicional. Como resultado, se deduce que desde la fase de concepción de los proyectos de obras civiles se deben incorporar mecanismos que estén orientados a aumentar la productividad de las actividades mediante herramientas de seguimiento y control que ofrezcan información veraz, oportuna y actualizada del desempeño de los componentes de dichas actividades, además La actividad de estructura, que es la de mayor peso porcentual dentro del presupuesto (12,39%), según lo observado en campo, presentó desperdicios

promedios del 11% mientras que el porcentaje de desperdicio esperado era de 5%. Se recomienda establecer mecanismos de planificación, control y supervisión más estrictos en esta actividad puesto que los sobrecostos asumidos por cada punto porcentual que se incrementa el desperdicio en esta actividad son muy altos, finalmente El desperdicio de cemento en las actividades de friso se encuentra dentro de un rango de 4% al 7% para el proyecto de Vivienda Unifamiliar La Toscana, lo cual es muy cercano al porcentaje de desperdicio esperado (5%). A pesar de que esta actividad se encuentra catalogada como una de las más representativas por su porcentaje de incidencia dentro del presupuesto, no es prioritario realizarle un control exhaustivo, debido a los bajos valores de desperdicios que se evidenciaron en obra.

*Suárez (2017), en su investigación cuyo título es: “Analizar, evaluar e implementar mejoras a la producción del subdepartamento de infraestructura y proyectos del servicio nacional de aduanas aplicando metodología lean construction”, presentado para optar por el título Profesional de Constructor Civil en la Universidad Técnica Federico Santa María (Chile). Tuvo como objetivo realizar un Plan de mejoras a los procedimientos de trabajos y producción del Subdepartamento de Infraestructura y Proyectos del Servicio Nacional de Aduanas, que permitan solucionar problemas y deficiencias, eliminando o disminuyendo “pérdidas”, aplicando el Enfoque “Lean Construction” o “Construcción sin Pérdida”. Como resultado, por la aplicación del plan de mejora en los procedimientos y labores del SIP se puede reducir teóricamente en 8 días hábiles, pasando de 35 a 27 días, lo que significa una disminución de 22,8% de los tiempos. La actividad que genera valor tiene un peso en los tiempos de 26%. Otro análisis que se puede realizar con los datos que entrega este estudio es que la disminución de los tiempos que se ocupan para realizar actividades que no generan valor al diseño de proyectos de construcción es de un 20 %, demostrando que la efectividad del plan de mejoras que se propone puede arrojar resultados favorables para la producción*

de este Subdepartamento, finalmente Para la distribución de lapso en las labores del Subdepartamento de equipamiento y programa en la ciadura se retrasó 35 días hábiles, de ellos el 29% del plazo corresponde a tareas que generan atrevimiento en la elaboración, siendo este el diseño de proyectos de casa, el 71% restante se pueden considerar tareas que solo entregan pérdidas.

*Villamizar y Ortiz (2016), en su investigación cuyo título es: “Implementación de los principios de lean construction en la constructora Colproyectos S.A.S. de un proyecto de vivienda en el municipio de villa del rosario”, presentado para optar al título de Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos en la universidad Industrial de Santander (Colombia). Tuvo como objetivo implementar la metodología lean construcción en la obra ARBORETTO de la constructora Colproyectos S.A.S. ubicada en el municipio de villa del rosario, aplicando el Last Planner (ultimo planificador) y el layout. Como resultado, se redujo actividades que no generan valor hasta de un 8% y su inversión en mejorar la calidad de sus productos en vez de pensar en cómo bajar costos afectando la calidad de los insumos, la mano de obra, se lograran mayores utilidades. Se redujo material en costo de \$11´131.890 y el después en 2 meses con la reducción a \$ 2´980.200 un análisis de ganancia para constructora, así como para la obra en beneficios, finalmente gracias al nuevo enfoque de producción se identificaron y cuantificaron fácilmente las pérdidas evidenciando oportunidades de mejoramiento en las actividades estudiadas.*

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

*Flores (2016), en su investigación cuyo título es: “Aplicación de la filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de la construcción del estadio de la UNA - PUNO”*, para optar por el título de Arquitecto en la Universidad Nacional del Altiplano. Tuvo como objetivo formular la propuesta de planificación, programación, ejecución y control bajo el entorno de la filosofía de Lean Construction que fomente el desarrollo constructivo adecuado, posibilitando la optimización de los recursos en la construcción del estadio de la UNA – PUNO. En los resultados, redujo el tiempo de entrega de la obra en estudio a 151 días, teniendo un monto de ejecución de S/ 11 876 480.77. También se ha obtenido los resultados de las mediciones de productividad con la técnica de Nivel General de Actividad en la obra de la construcción del estadio de la UNA – PUNO (TP = 36%, TC= 43% y TNC = 21%) están por encima de los resultados promedios obtenidos en las obras en Lima del año 2001 (TP = 28%, TC= 36% y TNC = 36%), pero aún es bajo a comparación de los estándares Internacionales como es Chile (TP = 66%, TC= 15% y TNC = 19%) y Colombia (TP = 55%, TC= 25% y TNC = 20%), estos valores les da un punto de referencia, que en el medio la productividad de las obras no son las óptimas, es por ello que mediante la tesis se pretende demostrar el desempeño de los proyectos mediante la implementación de esta filosofía.

*Tunque (2018), en su tesis cuyo título es: “Filosofía lean construction aplicada a la mejora de la productividad de la construcción del edificio multifamiliar en la ciudad de Lima”*, para optar por el título Profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional Federico Villareal. Tuvo como objetivo realizar un análisis de la productividad en la construcción del edificio multifamiliar Parque Prada en el distrito de Magdalena del Mar, Lima - Perú. En los resultados, concluyeron que las empresas constructoras presentan un mayor conocimiento de la filosofía Lean Construction, en especial en las grandes empresas y que en Lima Metropolitana en una tercera parte no han aplicado la filosofía Lean Construction. Las

empresas constructoras opinan que es muy importante la planificación de Lean Construction para reducir la variabilidad de las actividades de construcción de edificios multifamiliares, también que el diseño y ejecución de la filosofía de Lean Construction es muy importante para mejorar el cumplimiento del cronograma de actividades, además que la evaluación y control de los proveedores contribuye a la construcción y las evaluaciones del desempeño de los proveedores contribuyen con los procesos productivos, para ello se debe tener con mayor control del cumplimiento de contratos, así como la retroalimentación de futuros proyectos en la construcción de viviendas multifamiliares, también concluyen que la etapa de planificación (presupuesto) es donde se seleccionan los insumos para la construcción según la filosofía Lean Construction.

*Sanchez (2019), en su investigación titulada: “Aplicación de la filosofía lean construction en la construcción de un hospital en la ciudad de Tacna - 2018”, para optar por el título Profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Privada de Tacna. Tuvo como objetivo aplicar la filosofía Lean Construction en la construcción de un hospital para mejorar el nivel de productividad en la construcción de un hospital en la ciudad de Tacna. En los resultados, se redujo los tiempos, anteriormente teníamos 36 % de Tp, 38.9 % De Tc y 25.2 % De Tnc para el formato de carta balance y 39.15 % de Tp , 28.95 % De Tc y 31.9 % De Tnc para el nivel general de actividad, también se comprobó que con la aplicación de herramientas lean construction se puede mejorar la productividad, además se constató que los factores que más afectan la producción transportes y habilitación de material para el Tc (Tiempo Contributorio ) y trabajos recechos y tiempo ocioso para Tnc ( Tiempo no contributorio ), por otra parte, en las actividades de vaciado de concreto se observó que la producción de la planta concretera no es constante generando mucho tiempo no productivo, así también tienen maquinas defectuosas como 1 de las 2 vibradoras y un aspersor para el curado que no funcionan bien. Y todos los factores que influyen son los problemas mecánicos que se*



presentaban en planta que se presentaron en varios vaciados masivos. • Además concluye que en la actividad donde se presenta mayor trabajo productivo es el armado de losa, vigas y columnas cercano al 50%, debido a que los obreros son especializados de la empresa y la mayoría son operarios, se puede mejorar para que este de acorde a los estándares internacionales.

*Arévalo (2018), en su investigación titulada “Implementación de la metodología lean construction en la productividad de la construcción del proyecto casa club recrea las magnolias-breña”, para optar por el grado de Maestro en Gerencia de Proyectos de Ingeniería en la Universidad Nacional Federico Villareal. Tuvo como objetivo determinar la influencia significativa de la implementación de la metodología Lean Construction para mejorar la productividad en la construcción del proyecto Casa Club Recrea Las Magnolias. En los resultados, se redujo la mano de obra de 6 obreros a solo 5 obreros, y de esta manera mejorar el rendimiento inicial que es de 1,42 a 1,41 HH/m<sup>3</sup>, a su vez también se mejora los recursos humanos (horas hombre) que en conclusión estabiliza las cuadrillas también con el ISP (informe semanal de producción) realizado en las 3 actividades (concreto, acero y encofrado) representa un margen de ganancia del 18% para el vaciado de concreto  $f'c = 350$  kg/cm<sup>2</sup>, 14% para el encofrado y desencofrado y 3% para el acero  $f_y = 4200$  kg/cm<sup>2</sup> dichos valores vienen a ser los recursos humanos (horas hombre), además se dedujo que la aplicación de la nueva filosofía de Lean Construction en el Perú se es gracias al compromiso que tienen las universidades, institutos especializados o en la creación de grupos de investigación que aportan de manera directa o indirecta con empresas que cada año se preocupan por mejorar nuestro sistema en la construcción.*

*Gonzales, Mendoza y Pérez (2015). En su tesis cuyo título es: “Aplicación de lean construction para la ejecución de un proyecto de vivienda. caso práctico “Edificio Maurtua III”, para optar por el título Profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Ricardo Palma.*

Tuvo como objetivo aplicar la filosofía lean construction para la optimización de recursos en la ejecución de un proyecto de uso multifamiliar el cual nos generaría un beneficio de costo de la obra además aplicar los principios y herramientas del sistema Lean construction a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción contribuyen a la excelencia a través de un proceso de mejora continua en la empresa, que consiste fundamentalmente en minimizar o eliminar todas aquellas actividades y transacciones que no añaden valor, a través de la optimización de recursos y la maximización de la entrega de valor al cliente, para diseñar y producir a un menor coste, con mayor calidad, más seguridad y con plazos de entrega más cortos, dentro de un marco productivo con el entorno. En los resultados. Se redujo el plazo de entrega de la obra en 66 días laborales, logrando reducir el tiempo de entrega en 26 %, también se cuantifico las cuadrillas de encofrado en los elementos verticales, losas y vigas, donde se logró optimizar la mano de obra en 24.68%, 63.71% y 43.13% respectivamente. Al optimizar la mano de obra de las cuadrillas se logra reducir los costos de ejecución, para caso práctico se analizó la partida de encofrado que por optimizar la mano de obra ha generado un ahorro que suma S/. 71 613.97, finalmente en costos indirecto se ha ahorrado aproximadamente S/. 50 000 por mes, por haber culminado la obra en un tiempo menor a lo estipulado. Como el tiempo que se logra optimizar es de 66 días laborables que equivale aproximadamente a 3 meses, la optimización del costo directo suma aproximadamente S/. 150 000.

*De la Vega, Palomino, Gutiérrez y Salcedo (2018). En su tesis titulada: “Mejora de la productividad implementando el sistema lean construction en la ejecución de obras por administración directa de infraestructuras educativas públicas”, para optar por el Grado Académico de Maestro en Dirección de la Construcción en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Tuvo como objetivo Mejorar y demostrar la productividad implementando el sistema “Lean Construction” en la ejecución de obras por administración*

directa de infraestructuras educativas públicas. En los resultados, se incrementó el trabajo productivo (TP) hasta el orden del 44% promedio el cual si gestionamos algunos trabajos contributarios (TC), reducimos o eliminamos, o eliminar algunos trabajos no contributarios (TNC) utilizando la gráfica de Pareto, podríamos llegar a niveles superiores. En el diagnóstico de la obra, se utilizó la herramienta de la filosofía lean “nivel general de actividad” para medir los (TP, TC, TNC), se obtuvo un promedio un TP 35%, TC 41%, TNC 24%, la gestión de la construcción se basaba en el uso en el cronograma de obra CPM, basado en la ruta crítica, y la planificación semanal estaba basado en metas definidas por la experiencia del equipo técnico, con cierto grado de documentación. Finalmente se ha identificado que los principales problemas que encontramos son: deficiencias en el expediente técnico de obra, falta de mano de obra calificada, falta de proveedores en la zona y accesos dificultosos a obra. Por esta razón proponemos la implementación del Sistema Last Planner, acompañado de herramientas complementarias de gestión y administración que permitan controlar los factores de éxito en este tipo de proyectos como son: alcance, tiempo, costo y calidad.

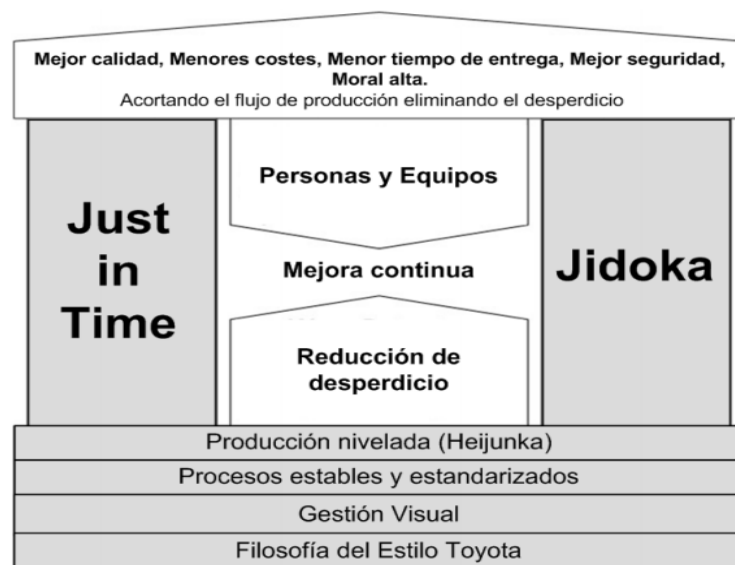
## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1. Primera variable (X): Aplicación del Lean Construction

#### 2.2.1.1. Definición de Lean

El término Lean se define como la satisfacción del cliente, mediante la entrega de productos y servicios de calidad que son lo que el cliente necesita, cuando lo necesita en la cantidad requerida al precio correcto y utilizando la cantidad mínima de materiales, equipamiento, espacio, trabajo y tiempo. Para lograrlo, los fundamentos del enfoque Toyota son la eliminación del sistema de producción de todo aquello que no añade valor al cliente y el mayor aprovechamiento de la experiencia e inteligencia de las personas, a través de la polivalencia y de su participación en la mejora continua. En cualquier proceso, añadirá valor toda aquella transformación del producto, servicio o actividad en algo que quiera el cliente. (Moreno, 2012, p.34).

Los elementos característicos se representan en un diagrama denominado “La casa”



**Figura 5.** La casa de Toyota – Lean

*Fuente:* Liker (2004)

## **Principios del Lean**

Womack, y Jones (1996) en su libro “Lean Thinking” introdujeron 5 principios básicos:

- 1) Especificar el valor del producto para el cliente.
- 2) Identificar el flujo o cadena de valor para cada tipo de producto o servicio.
- 3) Conseguir y dejar que el producto fluya continuamente a través de la cadena de valor.
- 4) Dejar que el cliente tire el flujo.
- 5) Buscar y perseguir la perfección.

Estos principios fueron producto de las diferencias encontradas en 5 años de estudio del comportamiento de la industria japonesa automotriz comparada con la industria

## **Lean Construction**

Porras, Sanchez, y Galviz (2014) en su artículo refieren que según el Lean Construction Institute (ILC), el Lean construction es una filosofía que se orienta principalmente en la administración de la producción en construcción y tiene como objetivo principal reducir o eliminar las actividades que no generen valor al proyecto optimizando así a las tareas que si lo hacen, por ello esta filosofía crea herramientas que aplicándose al proceso de ejecución de los proyectos y un sistema que minimice los residuos, logra buenos resultados. Se entiende que residuos son todo aquello que no agrega valor en el proceso productivo, el LC clasifica los residuos de construcción en 7 categorías como:

1. Defectos
2. Demoras
3. Excesos de procesado
4. Exceso de producción
5. Inventarios excesivos
6. Transporte innecesario
7. Movimiento no útil de personas

Estas categorías no se tienen en cuenta en la gestión tradicional, debido a que actualmente el concepto de producción actual es erróneo al ser considerado como procesos de solo transformación, olvidando optimizar los flujos de dichos procesos.

Picchi (1993) en su tesis doctoral plantea que en una obra de edificación el porcentaje de pérdida por torre ejecutada es del 30%, en la Tabla 1 se evidencia el estimado de los desperdicios en obra mediante el modelo de transformación.

El objetivo de Lean Construction es optimizar las transformaciones de los procesos y materiales eliminando todo lo que no agregue valor. Teniendo en cuenta el flujo de los recursos para lograr la generación de más valor en los productos obtenidos.

Existe una estimación de desperdicios en obras de construcción esto es referencial según se muestra en la **Tabla 2**.

**Tabla 2**

*Estimación de desperdicios en obras de edificaciones*

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>%</b>
Restos de Material	Restos de mortero	5.0%
	Restos de ladrillo	
	Restos de madera	
	Limpieza	
	Retirada de material	
Espesores adicionales de Mortero	Tarrajeo de techos	5.0%
	Tarrajeo de paredes internas	
	Tarrajeo de paredes externas	
	Contrapisos	
Dosificaciones no optimizadas	Concreto	2.0%
	Mortero de tarrajeo de techos	
	Mortero de tarrajeo de paredes	
	Mortero de contra pisos	
Reparaciones y retrabajos no computados en resto de materiales	Mortero de revestimientos	2.0%
	Repintado	
	Retoques	
Proyectos no optimizados	Corrección de otros servicios	6.0%
	Arquitectura	
	Estructuras	
	Instalaciones sanitarias	
Pérdidas de productividad debidas a problemas de calidad	Instalaciones eléctricas	3.5%
	Parada y operaciones adicionales por falta de calidad de los materiales y servicios anteriores.	
Costos debidos a atrasos	Pérdidas financieras por atrasos de las obras y costos adicionales de administración, equipos y multas.	1.5%
Costos en obras entregadas	Reparo de patologías ocurridas después de la entrega de obra.	5.0%
<b>Total</b>		<b>30%</b>

*Nota:* Tomada de Aplicaciones del Lean design a proyectos inmobiliarios de vivienda.

## 2.2.1.2. Herramientas del Lean Construction

### Planeamiento Pull

Para iniciar la ejecución de una obra de construcción, se tiene como base el proyecto maestro, el cual muestra la programación de una organización. Hay 2 tipos de organización: Push y Pull.

Push tiene un plan basado en una planificación clásica, en el cual tan solo busca llegar al tiempo predeterminado, además esta organización es hecha por solo unas cuantas personas no precisamente relacionadas de forma directa con la producción de la obra. La otra táctica viene a ser Pull, el cual está alineado al pensamiento Lean. Esta clase de planeación se caracteriza por lo próximo:

1. Está con base en la demanda
2. Es dependiente de la última actividad, el cual es visible al comprador: Hitos.
3. Todos los relacionados colaboran paralelamente
4. Tiene un orden coherente y determinado.
5. Tiene un límite explícito.
6. No crea sobre producción y exceso de inventarios.
7. Es flexible a los cambios.

Al ser un tipo de planeamiento en el cual los relacionados con la obra participan, los convenios y compromisos son confiables y son registrados para la etapa inicial, para la utilización del Last Planner System y cualquier programa que logre ajustarse a los lineamientos consecutivos. El primer paso para la aplicación trata sobre la colaboración de todos los relacionados que intervendrán en la obra, el cual viene a ser el staff del contratista, los proveedores, los subcontratistas, etc.

La colaboración se realiza en una junta en el cual se realizará la organización total considerando los hitos plasmados por el comprador. En funcionalidad a los



hitos se planificaron cada una de las ocupaciones en reversa. Según este paso, es fundamental que se tengan en cuenta el tiempo de demora de cada actividad por cada participante, ya que dicha información va a ser el compromiso de cada uno. En aquel tiempo abarcan cada una de las limitaciones que tienen la posibilidad de exponer, la era que demora en ser ejecutado, así como el tener claro de qué otra actividad puede depender y quién viene a ser el responsable. La forma de representar la información es mediante unas notas de papel adhesivas, el cual cada participante tiene un color distinto para ser más conocido. Al concluir dichos pasos se va a poder conocer la holgura para poder hacer cada hito el cual va a servir como buffer para llevar a cabo las metas. Todos dichos pasos son la etapa inicial del uso de la herramienta del Last Planner System, el cual la primordial información a utilizar es el proyecto total de la obra.

### **Sistema del último planificador (last planner system)**

El Last Planner System es un instrumento de la filosofía Lean Construction que se halla dentro del LPDS (Lean Project Delivery System) en la etapa de control de la producción y encierra otras herramientas de control de producción como la planeación maestra, organización por etapas, Lookahead, proyecto semanal, porcentaje de proyecto cumplido y razones de no cumplimiento.

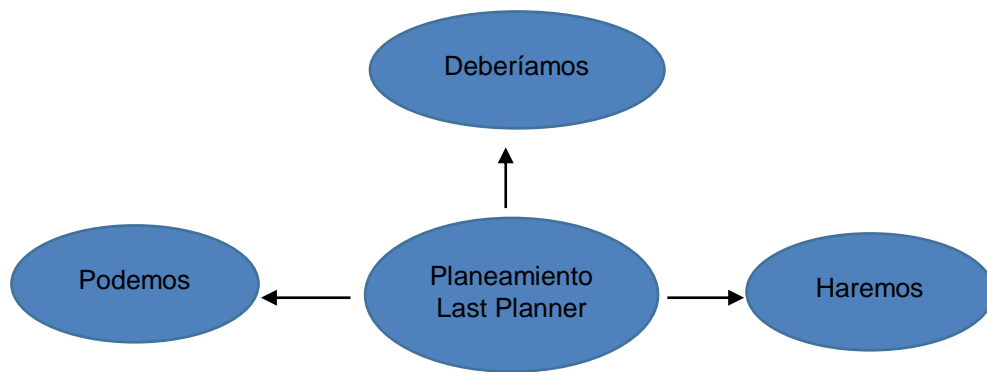
Ballard, y Howerll (1997) basándose en la teoría Lean Production, desarrollaron un sistema de idealización y control de proyectos denominado “Last Planner System”, este sistema ha sido publicado por primera ocasión por Glen Ballard (1994) como herramienta para contrarrestar los primordiales obstáculos en la obra.

El “Last Planner” o último planificador es el que hace el LPDS, se define como el individuo o conjunto de individuos que poseen la funcionalidad

específica de dedicar el trabajo y transmitirlo de manera directa a campo, o sea permanecen en el último grado de organización y se delegan de que toda la idealización se transmita en efecto a los trabajadores de campo.

Adicionalmente la funcionalidad del último planificador es conseguir que lo cual deseamos hacer coincida con lo cual tenemos la posibilidad de hacer y al final las dos se conviertan en lo que iremos a hacer.

Esto se relaciona con el siguiente esquema:



**Figura 6.** Formulación de la asignación en el planeamiento LP

*Fuente:* Ballar (1997)

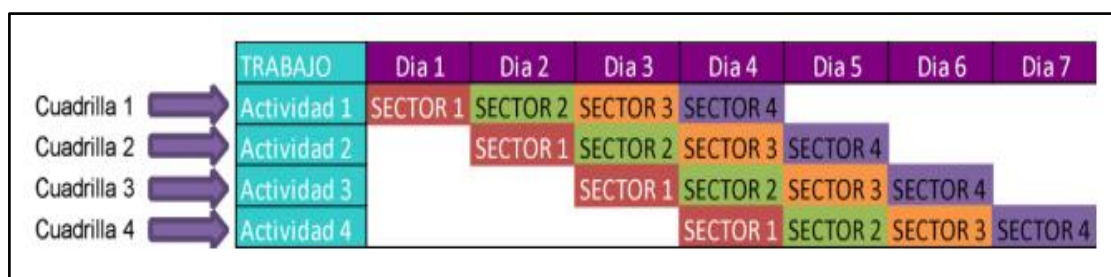
Según Ballard (1994). “en los esquemas convencionales de manejo de obra en construcción, se invierte mucho tiempo y dinero generando presupuestos y planificaciones de obra; el esfuerzo de planificación inicial se convierte durante la ejecución de la construcción en un 9 esfuerzo de control. Todo funcionará bien si viviésemos en un mundo perfecto”.

La teoría del último planificador está enmarcada en un esquema de planeación a corto plazo con la intención de destinar trabajos que tengamos la estabilidad de que van a ser cumplidos y por medio del cumplimiento de las programaciones cortas se logre llevar a cabo la programación a largo plazo.

Está demostrado que las planificaciones con un horizonte bastante enorme principalmente no se cumplen y existe desconfianza sobre estas, debido a que los trabajos en obra tienden a desviarse de la programación a unos días de haber empezado. El modelo de Last Planner puede decirse que actúa como un escudo que ayuda a cambiar una idealización insegura en una organización confiable.

El sistema empieza con el alcance, el cual debería ser plasmado en una estrategia maestro. Ya conocidos con una mejor exactitud los tiempos en hitos, los recursos a utilizar y las secuencias entre especialidades, en funcionalidad a dicha información la planeación se plasmará en un Pull Planning. Adicionalmente, se debería llevar a cabo 2 puntos: sectorizaciones y trenes de trabajo para las partidas primordiales.

Se utiliza la sectorización para lograr dividir los trabajos en zonas y metrados equivalentes. Las cuadrillas que realizan trabajos en un sector, en el día siguiente deben realizar lo mismo en el siguiente sector, de tal manera que el ritmo de producción sea igual al pull planning y se mantenga la eficiencia por día controlada. En la siguiente figura se observa una programación de un tren de trabajo en función a la sectorización.



**Figura 7.** Tren de trabajo de un área de trabajo

*Fuente:* Araujo (2019).

## Análisis de restricciones

Es un grupo de metodologías que te posibilita detectar los procesos que son “cuellos de botella” para lograr consumir el propósito planificado. Este estudio fue creado por el Médico Físico Eliayhu M. Goldratt en su libro “La meta”, donde instituye una sucesión de procesos y optimización continua para llevar a cabo con las metas del plan.

La investigación de limitaciones en la metodología del Last Planner System se fundamenta en garantizar el cumplimiento del Lookahead de forma que al instante de hacer la programación semanal, las ocupaciones de esa semana no tengan limitaciones que eviten su ejecución, para eso la exploración se hace con 3 o más semanas de anticipación de tal forma que en una junta con todos los causantes de obra se haga la identificación de cada una de las limitaciones y estas se registren en una tabla donde todas estas limitaciones va a estar asignado a un responsable quien va a ser el delegado del levantamiento de esta restricción, en esa tabla se sitúa la fecha en la cual se hace el compromiso y la fecha en la cual se cree hacer el levantamiento de esta restricción.

Tal semanalmente se realizará estas reuniones donde se registran novedosas limitaciones para la nueva semana del Lookahead, de esta forma además se realizará una revisión de las limitaciones pasadas para la verificación de su cumplimiento.

Una vez levantada la restricción se actualiza la tabla indicando la fecha real en la cual se levantó esa restricción y es comparable con la fecha prevista, ya que los compromisos permanecen involucrados al cumplimiento del Lookahead y el cumplimiento de los hitos del proyecto general o proyecto maestro, las fechas

estipuladas para el levantamiento de las limitaciones deben cumplirse debido a que de tener atrasos podría comprometer con la secuencia de ocupaciones y dañar el cumplimiento de los hitos del plan, al final se nace a hacer la programación de la semana con las ocupaciones libres de limitaciones.

En las limitaciones que se puede descubrir a lo largo de la ejecución de un plan tenemos la posibilidad de descubrir:

1. Problemas con la ingeniería del proyecto
2. Problemas con los subcontratistas
3. Stakeholders
4. Variabilidad
5. Inconvenientes con la cadena de suministro
6. Falta de mano de obra calificada
7. Inconvenientes con la calidad
8. Fallas inesperadas, etc.

### **Carta Balance**

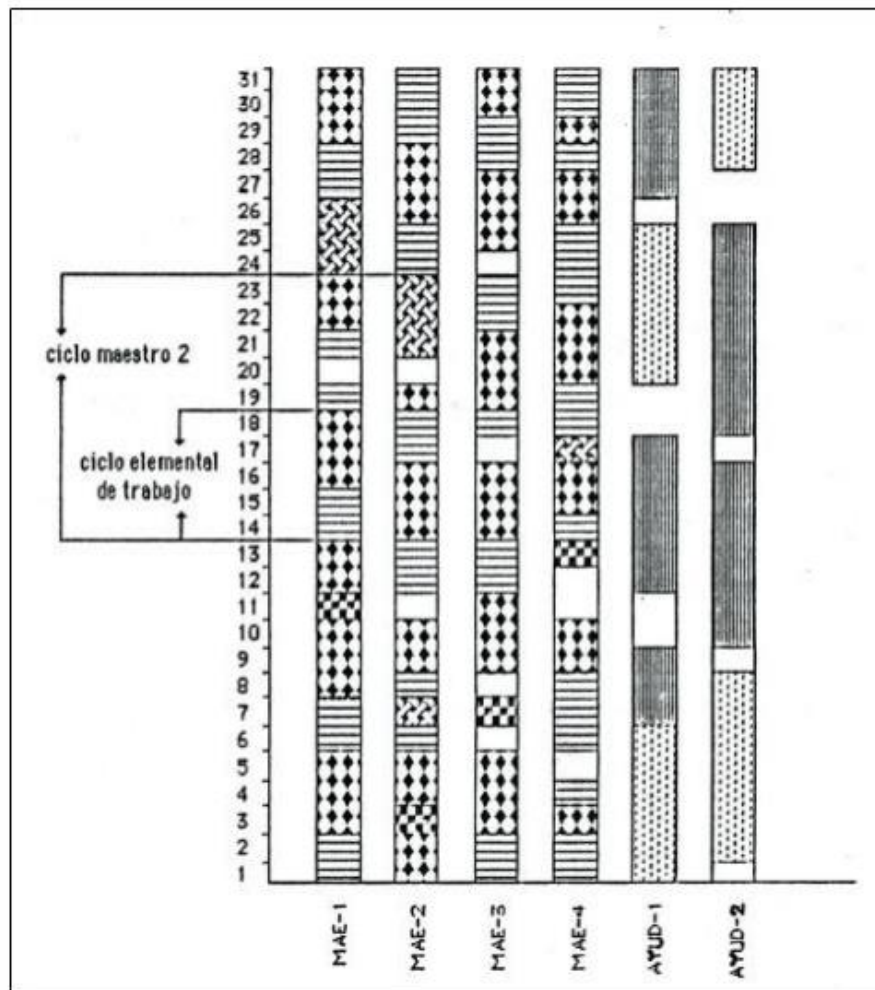
Mejorar los procesos o rendimientos de una cuadrilla es un aspecto fundamental para el pensamiento LEAN, pues la optimización continua colabora de manera directa con maximizar el valor en el tiempo de vida de la obra. Una metodología que pertenece a este paso viene a ser la Carta Balance.

La Carta Balance es un instrumento aplicable para la optimización continua en la producción de una obra, el cual se ocupa de ofrecer la igualdad a las cuadrillas que en un principio se conformaron por medio del estudio en los trabajos que hace cada obrero de una cierta tarea.

Utilizando este instrumento se puede llevar a cabo obtener resultados en cuanto al método de trabajo y la cantidad de personal reduciendo tiempos improductivos para la eficiencia de la cuadrilla.

Para eso, es importante comparar la metodología de hoy con otra que podría suplir, después se debería examinar el grado de uso eficiente de los recursos de la cuadrilla como la mano de obra, maquinarias, materiales u otros, los cuales tienen que ser cuantificados.

Procesar todos los datos, obtener resultados, concluir y tomar elecciones en funcionalidad a la carta balance ideal (Serpell, 1990).



**Figura 8.** Carta balance de una actividad

Fuente: Serpell (1990)

## **Value Stream Mapping**

VSM es un conjunto de actividades productivas y no productivas de un proceso para obtener un producto. Este instrumento se apoya en averiguar varias algunas partidas de un conjunto de actividades de un proyecto de construcción.

De este proceso de indagación de las partidas se obtienen tiempos de espera, tiempos de ejecución, tiempo de paralización, proporción de personas relacionadas, etc., los cuales van a ser representados en un gráfico que nos permitirá tener una más grande visualización. De esta manera se elabora un mapeo del estado presente del proyecto, el cual puede tener deficiencias y/o oportunidades de optimización. Para eso, se ofrecerán sugerencias y soluciones los cuales van a ser representados en un gráfico demostrando las reducciones de tiempo, al cual vamos a llamar mapeo del estado futuro. (Araujo et al., 2019, p. 16).

### **2.2.2. Segunda variable (Y): Gestión de Proyectos**

#### **2.2.2.1. Definición de gestión de proyectos**

La gestión de proyectos es un grupo de metodologías para planear y guiar los procesos de un proyecto. Este comprende un cúmulo específico de operaciones diseñadas para poder hacer un objetivo con un alcance, recursos, inicio y final establecidos.

Los objetivos de la gestión de proyectos son:

- a. Gestionar el inicio y la evolución de un proyecto
- b. Controlar y responder ante problemas que surjan durante un proyecto
- c. Facilitar la finalización y aprobación del proyecto.

### 2.2.2.2. Gestión de proyectos en la industria de la construcción

Es el proceso mediante el cual se planifica, dirige y controla el desarrollo de un proyecto con un coste mínimo y dentro de un período de tiempo determinado. Esto hace visible la necesidad de realizar una adecuada gestión de los proyectos, que eviten demoras en la finalización de la obra o aumentos excesivos en el coste final de la misma.

Un proyecto se puede definir como un conjunto de actividades interrelacionadas y coordinadas para cumplir ciertos objetivos usando diferentes recursos como personas y materiales. Estos objetivos deben conseguirse en un periodo de tiempo estipulado, y de ahí nace la necesidad de una perfecta coordinación en materia de programación.

La dificultad de la gestión de un proyecto se debe en gran parte a la cantidad de recursos humanos que participan en el mismo. Por ello Microsoft nos ofrece una potente herramienta para realizar la planificación del proyecto, el software Microsoft Project.

Las herramientas básicas que se usan son principalmente dos:

**Diagrama de Gantt:** correlaciona por medio de barras a través del tiempo las diferentes tareas y su programación.

**Diagrama de red (Pert):** analiza las tareas involucradas en completar un proyecto dado, especialmente el tiempo para completar cada tarea, e identificar el tiempo mínimo necesario para completar el proyecto total.



### 2.2.2.3. Fases de la gestión de proyectos de construcción

Las fases de la gestión de proyectos se detallan en el siguiente gráfico.



**Figura 9.** Fases de la gestión de proyectos

*Fuente:* Romero (2015)

### 2.2.3. Teoría relacionada a las variables

#### 2.2.3.1. Indicadores para una buena gestión de proyectos de construcción

Un aspecto clave de la gerencia de proyectos, es poder medir el desempeño que sus actividades generan. Para ello la metodología PMI utiliza indicadores de gestión de valor ganado.

La implementación de estos indicadores de gestión son claves para llevar una buena administración de los proyectos como parte gerencial, estos indicadores tienen como propósito determinar si el desempeño del proyecto en tiempo y en presupuesto es el adecuado, esto decir que el proyecto ejecutó sus actividades en el tiempo planificado, sin retraso, y que los costos incurridos por estas actividades no son mayores al presupuesto.

### **Valor planificado (Planned Value - PV)**

El valor planificado se calcula antes de ejecutar el trabajo del proyecto, por lo cual este sirve de línea base con la cual se comparan los costos ejecutados y los reales, para así medir el desempeño del proyecto.

#### **Como se calcula:**

Se seleccionan todas las actividades que a la fecha de medición deben estar finalizadas o iniciadas, excluyendo las que todavía están por iniciar según su planificación.

Si la actividad debe estar finalizada a la fecha, se suma la totalidad de su presupuesto de costo del proyecto.

Si la actividad a la fecha está iniciada según su planificación, pero aún no finalizada, se suma el presupuesto que debe haberse ejecutado a la fecha, según las reglas de valoración establecidas para el proyecto. La más común es distribuir el presupuesto en partes iguales a lo largo de la duración, pero existen otras metodologías.

### **Costo real (Actual Cost – AC)**

En el método de valor ganado, el costo real a una fecha se utiliza para compararlo con el Valor planificado, determinando así si el proyecto se encuentra por debajo o por encima de su presupuesto.

Por medio de estas herramientas, se puede medir el desempeño del proyecto en cuanto al costo (si está por encima o por debajo de su costo planificado), calculando otros indicadores como por ejemplo la variación de costo e índice de desempeño de costo.

### **Como se calcula:**

El costo real se calcula tomando la sumatoria de todos los costos incurridos en el proyecto. Si el proyecto cuenta con un sistema de costos por actividad, se toman todas las actividades con costos incurridos a la fecha y se suman.

### **Valor ganado (Earned Value - EV)**

El valor ganado corresponde a una valoración del trabajo que ha sido finalizado a una fecha específica.

### **Variación de cronograma (Schedule Variance – SV)**

Es una medida de desviación respecto al cronograma del proyecto, la cual puede ser positiva o negativa. Por lo tanto, al calcularla se puede determinar inmediatamente si el proyecto está en cronograma o en retraso.

### **Como se calcula:**

La variación de conograma en la gestión de valor ganado, se calcula por medio de la substracción del Valor ganado menos el Valor planificado.

$$SV = EV - PV$$

### **Variación de costo (Cost Variance – CV)**

Es un indicador muy importante pues todo proyecto debe completarse dentro del presupuesto aprobado. Exceder el presupuesto planificado es malo para los interesados y también para la gerencia del proyecto.

La variación de costos en el método de valor ganado se calcula por medio de la resta del Valor ganado menos el Costo real.

$$CV = EV - AC$$

### **Índice de desempeño de cronograma (Schedule Performance Index – SPI)**

El índice de desempeño de cronograma aporta información acerca del desempeño del cronograma del proyecto.

Representa la eficiencia del tiempo que se está invirtiendo / utilizando en el proyecto.

#### **Como se calcula:**

Se determina dividiendo el Valor ganado entre el Valor planificado:

$$\text{SPI} = \text{EV/PV}$$

### **Índice de desempeño de costo (Cost Performance Index – CPI)**

El Índice de desempeño de costo es un indicador de la gestión de valor ganado que te ayuda a analizar la eficiencia de los costos utilizados por el proyecto.

Se calcula como el cociente entre el Valor ganado y el Costo real del proyecto:

$$\text{CPI} = \text{EV/AC}$$

#### **2.2.3.2. Líneas de Transmisión**

##### **Construcción Líneas de Transmisión subterráneas**

Una línea eléctrica subterránea es una infraestructura para la transmisión de energía eléctrica o de telecomunicaciones, con cables subterráneos.

#### **2.3. Definición de términos básicos**

##### **2.3.1. Lean Construction**

Según el Lean Construction Institute (ILC), Lean construction es una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades que sí lo hacen.

##### **2.3.2. Last Planner System**

El último planificador es una herramienta que se enfoca en colocar diariamente en el panel las actividades diarias a realizar y donde se ejecutarán. Han de ser unidades de obra reflejadas

en el plan mensual (Lookahead). Hay que buscar soluciones entre actividades anteriores y posteriores para que se solapen inicialmente. Cada color corresponde a un industrial diferente.

### **2.3.3. Plan maestro**

En el plan maestro se muestran todas aquellas actividades que van a integrar el proyecto, es la carta de navegación del proyecto, en él se establecen hitos y duración de las actividades, es importante durante la elaboración del cronograma maestro tener claras las restricciones que lo pueden afectar.

### **2.3.4. Programación semanal**

Si la programación intermedia se hizo de manera juiciosa y fue posible liberar todas las restricciones durante la semana anterior a la ejecución de las tareas programadas se hace una reunión con los últimos planificadores o encargados de coordinar la ejecución de las actividades, residente de obra, maestro de obra, contratistas y encargados, con el fin de determinar el plan de acción a seguir durante la semana siguiente, esta reunión no debe durar más de dos horas.

### **2.3.5. Trabajos contributivos (TC)**

Los trabajos contributivos son los tiempos empleados por los obreros en realizar trabajos de flujo, específicamente estos trabajos son de apoyo a los Trabajos Productivos en los procesos constructivos de alguna unidad de construcción. Ejemplo: el transporte o traslado de materiales, herramientas y equipos; las mediciones, las limpiezas, instrucciones, etc.

### **2.3.6. Trabajos no contributivos (TNC)**

Los trabajos No contributivos son los tiempos empleados por los obreros en realizar actividades de flujo, específicamente estos trabajos son cualquier otra actividad que no apoyan a los Trabajos Productivos por la que son peores que los Trabajos Contributivos algunos de estos son: las esperas, los descansos, los desplazamientos innecesarios, etc.

### **2.3.7. Fases de la gestión de proyectos**

#### **Análisis de viabilidad del proyecto**

Es la fase inicial de cualquier proyecto y su objetivo es analizar si la empresa debe o no embarcarse en dicho proyecto, pues en ciertas ocasiones la empresa puede tener más problemas que beneficios a la hora de realizar un proyecto.

#### **Planificación detallada del trabajo a realizar**

El objetivo de esta fase es definir con el máximo detalle posible las tareas a realizar y los recursos necesarios para llevar a buen término el proyecto. Un error de cálculo en esta fase puede ser muy dañino para la empresa.

#### **Ejecución del proyecto**

La tercera fase de la gestión de proyectos es donde las empresas despliegan todo su *Know how* y donde menos problemas suelen encontrar.

#### **Seguimiento y control del trabajo**

Esta etapa, junto a la de planificación detallada, es una de las más importantes para el éxito del proyecto.

#### **Cierre del proyecto**

El objetivo de esta fase es institucionalizar una etapa de control para verificar que no quedan cabos sueltos antes de dar por cerrado el proyecto. Esta fase suele ejecutarse a través de un checklist o lista de control.

### **2.3.8. Indicadores de gestión de valor ganado en los proyectos**

Un indicador de gestión (KPI) es una forma de medir si una empresa, unidad, proyecto o persona está logrando sus metas y objetivos estratégicos. Las organizaciones utilizan indicadores de gestión en múltiples niveles para evaluar su éxito al alcanzar lo definido en la planeación estratégica.

### **SV - Variación del cronograma**

Es una de las dos variaciones de desempeño más usadas de la Gestión de Valor Ganado (EVM) y se define simplemente como la diferencia entre el Valor Ganado (EV) y el Valor Planeado (PV).

### **SPI - Índice de Desempeño de Programación**

Es uno de los dos indicadores de desempeño más usados de la Gestión de Valor Ganado (EVM), comúnmente definido como la razón entre el Valor Ganado (EV) y el Valor Planeado (PV).

### **CPI - Índice de Desempeño del costo**

Es una medida del valor del trabajo completado, en comparación con el costo o avance real del proyecto. Esta se considera la métrica más importante de la EVM y mide la eficacia de la gestión del costo para el trabajo completado.

## **CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA**

### **3.1. Descripción inicial de incorporación en la empresa**

#### **3.1.1. Experiencia desarrollada en la empresa**

La experiencia en la empresa se realizó en cargo de Supervisora de Calidad del área de obras de líneas de transmisión de alta tensión, en el cual se realizaron actividades inherentes a la responsabilidad asumida, tales como: coordinación de la programación de trabajos con el Residente de Obra; elaborar informes técnicos en los distintos proyectos con el fin de dar soporte al coordinador en la presentación de los informes sobre los avances de las obras; asistir y apoyar en las visitas de los proyectos nuevos con el fin de realizar metrados base para la elaboración de los presupuestos de los proyectos, así como conocer en su totalidad los alcances de las obras asignadas; elaboración de la documentación de obra necesaria para el Expediente Técnico de inicio de Obra; realizar el seguimiento y recopilación del control operacional de la obra; realizar control y seguimiento a los indicadores de gestión correspondientes al área.

Durante la experiencia en la organización, se tuvo la oportunidad de llevar a cabo un conjunto de mejoras e innovaciones, con la intención de aplicar las herramientas de la Ingeniería Industrial adquiridas en experiencias laborales previas y a lo largo de la formación profesional universitaria. Como resultado de esta actividad, se logró inicialmente realizar un diagnóstico en el cual se identificaron las falencias en diferentes actividades que se desarrollan en el proyecto, que resultó en la implementación de la metodología Lean Construction en la gestión de proyectos de obras de líneas de transmisión subterráneas como una solución a tener mejores tiempos de entrega de los proyectos a ejecutarse como también a que todo el desarrollo de los mismos tenga un buen desempeño en cuanto a tiempos y costos.



### **3.1.2. Organización de la empresa en proyectos de construcción de líneas de transmisión.**

La empresa en estudio cuenta con un organigrama por cada proyecto a ejecutarse, el cual está establecido por la siguiente jerarquía.

- I. Coordinador de Proyecto
- II. Residente de obra
- III. Supervisores civiles, electromecánicos, seguridad y calidad
- IV. Capataces
- V. Operarios
- VI. Ayudantes

### **3.1.3. Área donde se realizó la experiencia profesional**

El área donde se realizó la experiencia profesional fue en obras de construcción de líneas de transmisión, desde febrero del 2019, en el primer año se realizó el seguimiento de los proyectos ya puestos en marcha, en donde se detectaron diversos problemas en la información que se brindaba a nuestros clientes. No existía un buen control con respecto a sus avances diarios, no se realizaban los informes hacia el cliente correctamente y los indicadores de gestión estaban por debajo de la meta establecida.

Luego de haber tenido una experiencia integral en una obra en provincia junto a la empresa, se tomaron diversas medidas para ir mejorando el desempeño del proyecto, teniendo una buena comunicación con los encargados de obra desde el coordinador de proyectos, hasta el ayudante civil, se obtuvieron buenos resultados en el plan piloto el cual nos sirvió como arranque para poder implementar la metodología Lean en proyecto de línea de transmisión subterránea ubicado en Manchay en el periodo de julio del 2020 hasta enero del 2021.

De esta manera, con una buena coordinación entre todos los involucrados, y trabajando juntamente con los requisitos establecidos por el cliente, se proporciona las mejoras establecidas en las diversas actividades involucradas del proyecto, modificaciones y acciones correctivas. Desde el inicio de la obra, hasta la puesta en servicio en donde se tienen en cuenta las fases de la gestión de proyectos.

### 3.1.4. Equipo profesional involucrado en la experiencia profesional

A continuación, se detalla la conformación del equipo encargado de la implementación Lean Construction y sus respectivas funciones en dicho proceso.

**Tabla 3.**

*Miembros del Equipo para la implementación de Lean Construction en el proyecto.*

Integrantes	Función
1. Residente de Obra	Planificación de actividades / Capacitación a staff de proyecto.
2. Supervisor Civil / Electromecánico de Obra	Verificar la ejecución de la programación según lo establecido, como también la correcta organización de los recursos.
3. Supervisor de calidad (Vanessa Lizana G.)	Encargado de ejecutar la correcta aplicación de la mejora, mediante el control de indicadores de gestión SV, SPI y CPI.
4. Capataz	Encargado de ejecutar la correcta aplicación de las actividades, realizando una buena organización de su personal a cargo, junto con el supervisor civil y/o electromecánico.

*Nota:* Se detalla la función de cada integrante en la implementación del Lean Construction.

### **3.2. Planificación de la experiencia a realizar**

Se desarrolló un programa de “Implementación de Lean Construction para la gestión de proyectos de obras de líneas de transmisión subterráneas”, adaptado en el modelo de mejora continua “Ciclo PHVA” adaptado el desarrollo de las herramientas en cada etapa. Las fases implementadas se muestran a continuación:

#### **Planeación**

- Presentación del cronograma base de obra
- Identificación de los indicadores previos a la implementación del proyecto.

#### **Implementación**

- Sectorización del proceso constructivo
- Trenes de trabajo
- Planificación maestra de producción
- Lookahead
- Planificación semanal de trabajo
- Informe semanal y diario

#### **Evaluación y Control**

- Verificación del cumplimiento de los objetivos en las reuniones semanales.
- Evaluación de indicadores de gestión SV, SPI y CPI.

Ver detalle completo del Programa de implementación del Lean Construction en Obras de Líneas de Transmisión Subterráneas (**Anexo 2**).

### **3.3. Proceso de implementación del proyecto de investigación**

#### **3.3.1. Sectorización del proceso constructivo**

La sectorización es el proceso previo que permite formar los trenes de trabajo, la programación en sus distintos niveles y el dimensionamiento de las cuadrillas. Para poder realizar la sectorización se debe contar con el metrados de todas las partidas del proyecto a controlar ya que a partir de ello se podrá proponer un número tentativo de sectores.

El procedimiento para realizar la sectorización se describe de la siguiente manera:

- a) El número de sectores va a depender de la extensión del proyecto, cantidad de personal involucrado que se espera contar en obra, técnicas y procesos constructivos que se utilicen. Se verifican las partidas con respecto a los metrados que se controlaran verificando la capacidad y alcance del proyecto.
- b) Se delimitan los sectores en los planos del proyecto a lo largo de su transición procurando balancear los metrados de las partidas que tienen mayor incidencia en el presupuesto tales como excavación, vaciado de concreto, instalación de tuberías, relleno y compactado y reposición de pavimentos.
- c) Luego de detallar los pasos para realizar la sectorización a continuación presentamos la manera en el que se realizó este proceso en el proyecto de línea de transmisión subterránea.

#### **Medrado de partidas y asignación de recursos**

Para iniciar la sectorización se debe contar con los metrados de las partidas del proyecto y poder dividir de forma proporcional cada sector luego de haber considerado los criterios indicados en el primer paso del proceso de sectorización, se decide dividir la distancia del proyecto en 3 sectores.

Se presentan juntamente con los metrados los recursos que se asignarán a cada una de esas partidas para esto se pensó en el número exacto de personas que estarán involucradas en lo largo del proyecto lo cual nos permitirá poder cumplir con los rendimientos establecidos.

**Tabla 4**
*Partidas y metrados del proyecto (Banco Ducto)*

PROYECTO		LLTT 220 KV MANCHAY - PACHACÚTEC	
:			
OBRAS CIVILES			
BANCO DUCTO (13+140 – 15+873)			
ITEM	DESCRIPCIÓN	Unidad	Metrado
2.1.01	Demolición y retiro de concreto	m <sup>3</sup>	1019.32
2.1.02	Suministro e instalación de concreto desde 260 kg/cm <sup>2</sup> hasta 300 kg/cm <sup>2</sup> para bases de estructuras o postes	m <sup>3</sup>	1019.32
2.1.03	Rotura del asfalto de pista (espesor 4")	m <sup>2</sup>	935.45
2.1.04	Reparación de pista asfalto (espesor 4")	m <sup>2</sup>	935.45
2.1.05	Reparación de veredas	m <sup>2</sup>	20.00
2.1.06	Eliminación de Desmante (Asfalto)	m <sup>3</sup>	130.96
2.1.07	Eliminación de Desmante	m <sup>3</sup>	5.60
2.1.08	Excavación manual en terreno normal	m <sup>3</sup>	4104.44
2.1.09	Excavación con máquina retroexcavadora	m <sup>3</sup>	9577.02
2.1.10	Eliminación de Desmante exc	m <sup>3</sup>	17785.89
2.1.11	Nivelación del terreno	m <sup>2</sup>	8303.40
2.1.12	Instalación y retiro de entibado	m <sup>2</sup>	8247.36
2.1.13	Instalación de tubos HDP de 10" Diámetro	m	31632.00
2.1.14	Instalación de tubos HDP de 2" ó 4" Diámetro para fibra óptica y/o cable sintenax	m	5272.00
2.1.15	Suministro e instalación de concreto desde 100 kg/cm <sup>2</sup> hasta 150 kg/cm <sup>2</sup> para bases de estructuras o postes	m <sup>3</sup>	3485.03
2.1.16	Instalación y retiro de moldajes	m <sup>2</sup>	3661.24
2.1.17	Relleno compactado con material de planta	m <sup>3</sup>	7999.91
2.1.18	Relleno compactado con material de excavación	m <sup>3</sup>	109.62
2.1.19	Suministro, transporte e instalación de cinta de poliestireno señalización para cable sub.	m	15816.00
2.1.20	Reposición de sardineles	m	1054.40
2.1.21	Suministro, transporte e instalación de hitos de señalización	und	107.00

*Nota:* Se detalla el total de metrados por cada partida según el presupuesto presentado.

**Tabla 5**

*Partidas y metrados del proyecto (Banco Ducto) – Zona Roca*

PROYECTO:		LLTT 220 KV MANCHAY - PACHACÚTEC	
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO
<b>OBRAS CIVILES</b>			
<b>BANCO DUCTO - ZONA ROCA (12+000 - 10+601)</b>			
2.1.22	Excavación en roca fracturada	m <sup>3</sup>	4454.80
2.1.23	Excavación en roca fija	m <sup>3</sup>	0.00
2.1.24	Excavación en roca suelta	m <sup>3</sup>	0.00
2.1.25	Eliminación de Desmonte (roca)	m <sup>3</sup>	6682.20
2.1.26	Eliminación de Desmonte (roca suelta)	m <sup>3</sup>	0.00
2.1.27	Suministro e instalación de concreto desde 100 kg/cm <sup>2</sup> hasta 150 kg/cm <sup>2</sup> para bases de estructuras o postes	m <sup>3</sup>	1037.99
2.1.28	Suministro e instalación de concreto desde 100 kg/cm <sup>2</sup> hasta 150 kg/cm <sup>2</sup> para bases de estructuras o postes	m <sup>3</sup>	0.00
2.1.29	Relleno compactado con material de planta (Roca)	m <sup>3</sup>	2991.17
	Excavación con máquina retroexcavadora	m <sup>3</sup>	0.00
2.1.30	Bombeado de concreto	m <sup>3</sup>	522.00
2.1.31	Planchas metálicas para cruce vehicular min e=1/2"(incluye refuerzos)	m <sup>2</sup>	146.40
2.1.32	Planchas metálicas para cruce vehicular min e=1"(incluye refuerzos)	m <sup>2</sup>	351.36
2.1.33	Cubierta para zanjas con paneles de madera	m	5272.00
2.1.34	Relleno fluido f'c =30 en cruzadas	m <sup>3</sup>	176.00

*Nota:* Se detalla el total de metrados por cada partida según el presupuesto presentado.

**Tabla 6**
*Partidas y metrados del proyecto (Cámaras de Empalme)*

PROYECTO		LLTT 220 KV MANCHAY - PACHACÚTEC	
PRESUPUESTO CONTRATO 2020			
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UND	METRADO
<b>OBRAS CIVILES</b>			
<b>CAMARAS DE EMPALME 10 UND</b>			
2.2.01	Demolición y retiro de concreto	m <sup>3</sup>	62.84 m3
2.2.02	Suministro e instalación de concreto desde 260 kg/cm2 hasta 300 kg/cm2 para bases de estructuras o postes	m <sup>3</sup>	62.84
2.2.03	Rotura del asfalto de pista (espesor 4")	m <sup>2</sup>	40.28
2.2.04	Reparación de pista asfalto (espesor 4")	m <sup>2</sup>	40.28
2.2.05	Reparación de veredas	m <sup>2</sup>	5.00
2.2.06	Eliminación de Desmote ASFALTO N. A	m <sup>3</sup>	1.40
2.2.07	Eliminación de Desmote (VEREDAS)	m <sup>3</sup>	56.39
2.2.08	Excavación manual en terreno normal	m <sup>3</sup>	118.61
2.2.09	Excavación con máquina retroexcavadora	m <sup>3</sup>	513.98
	Excavación en roca fracturada	m <sup>3</sup>	168.75
	Eliminación de Desmote (roca FRACTURADA)	m <sup>3</sup>	253.13
2.2.10	Eliminación de Desmote (TERRENO NORMAL)	m <sup>3</sup>	822.37
ADIC	Instalación y retiro de entibado	m <sup>2</sup>	140.00
2.2.11	Instalación y retiro de moldajes	m <sup>2</sup>	610.00
2.2.12	Suministro e instalación de armaduras de acero de Fy: 4200 kg/cm2 Fu:6300 kg/cm2	kg	10330.00
2.2.13	Suministro e instalación de concreto desde 100 kg/cm2 hasta 150 kg/cm2 para bases de estructuras o postes	m <sup>3</sup>	22.10
2.2.14	Suministro e instalación de concreto desde 260 kg/cm2 hasta 300 kg/cm2 para bases de estructuras o postes	m <sup>3</sup>	147.20
	Suministro e instalación de concreto desde 210 kg/cm2 hasta 250 kg/cm2 para bases de estructuras o postes		
2.2.15	Relleno compactado con material de planta	m <sup>3</sup>	175.50
2.2.17	Suministro, transporte e instalación de locetones de concreto para Protección 2 circuitos cable subterráneo 2 Locetones de 0.75	m	234.00
2.2.18	Suministro, transporte y distribución de polvillo especial zarandeado en zanja	m <sup>3</sup>	337.05
2.2.19	Instalación de sumidero	und	30.00

*Nota:* Se detalla el total de metrados por cada partida según el presupuesto presentado.

Se realiza la sectorización de Frentes de trabajo según la cantidad de metros lineales proporcionados para cada uno de ellos, teniendo en cuenta las características del terreno de cada sector de trabajo. Se denominan “Frentes de trabajo” y se describen las actividades que se controlan en el proyecto, debido a que estas son las que se pueden medir con respecto al avance en metros lineales diarios.

FRENTE 1 (12+945-15+876)	FRENTE 2 (10+597-12+945)	FRENTE 3 (15+876-17+570)
<p><b>ACTIVIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Excavación.</li> <li>Instalación de Tuberías.</li> <li>Vaciado de Concreto.</li> <li>Relleno y compactado.</li> <li>Reposición de pavimento.</li> </ul>	<p><b>ACTIVIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Excavación.</li> <li>Instalación de Tuberías.</li> <li>Vaciado de Concreto.</li> <li>Relleno y compactado.</li> </ul>	<p><b>ACTIVIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Excavación.</li> <li>Instalación de Tuberías.</li> <li>Vaciado de Concreto.</li> <li>Relleno y compactado.</li> <li>Reposición de pavimento.</li> </ul>

**Figura 10.** Esquema de sectorización de frentes de trabajo y actividades.

*Fuente:* Elaboración Propia

Mediante el programa informático Google Earth que muestra un globo terráqueo virtual nos ayuda a visualizar la múltiple cartografía, basado en imágenes satelitales, en donde se puede ubicar el proyecto y los sectores de trabajo por cada “Frente”.

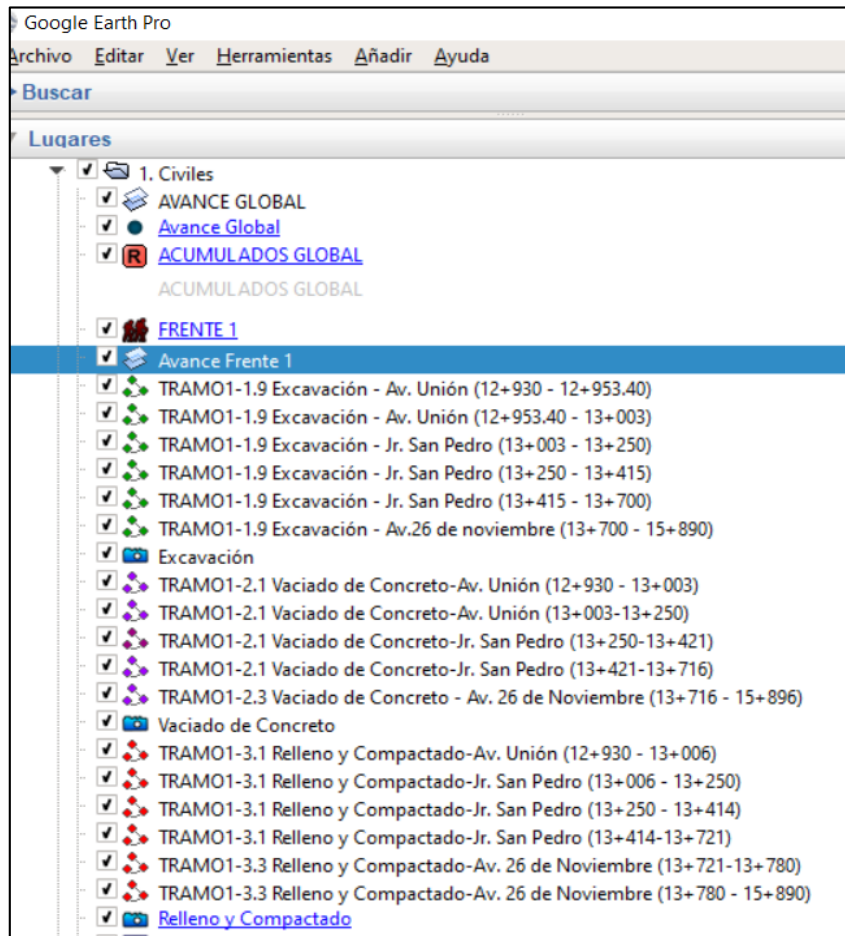
Este programa nos ayudara con el control y seguimiento de ejecución de actividades.



**Figura 11.** Logo Google Earth Pro.

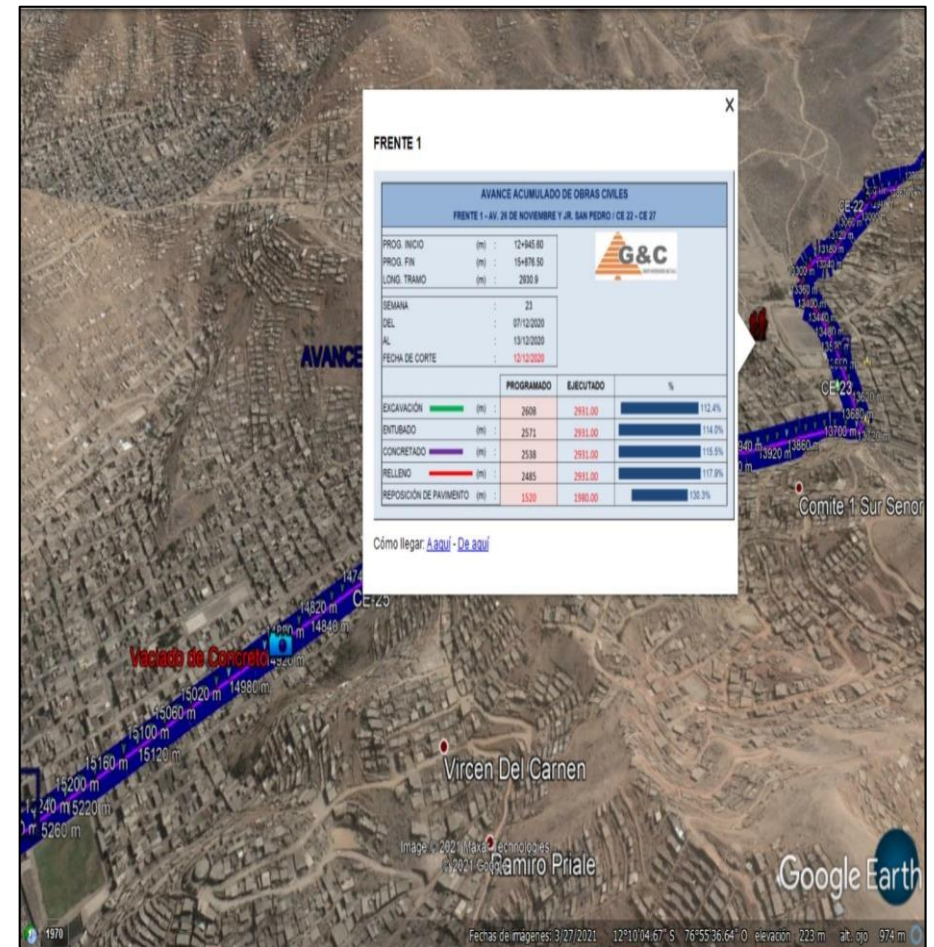
*Fuente:* <https://www.google.com/intl/es/earth/>





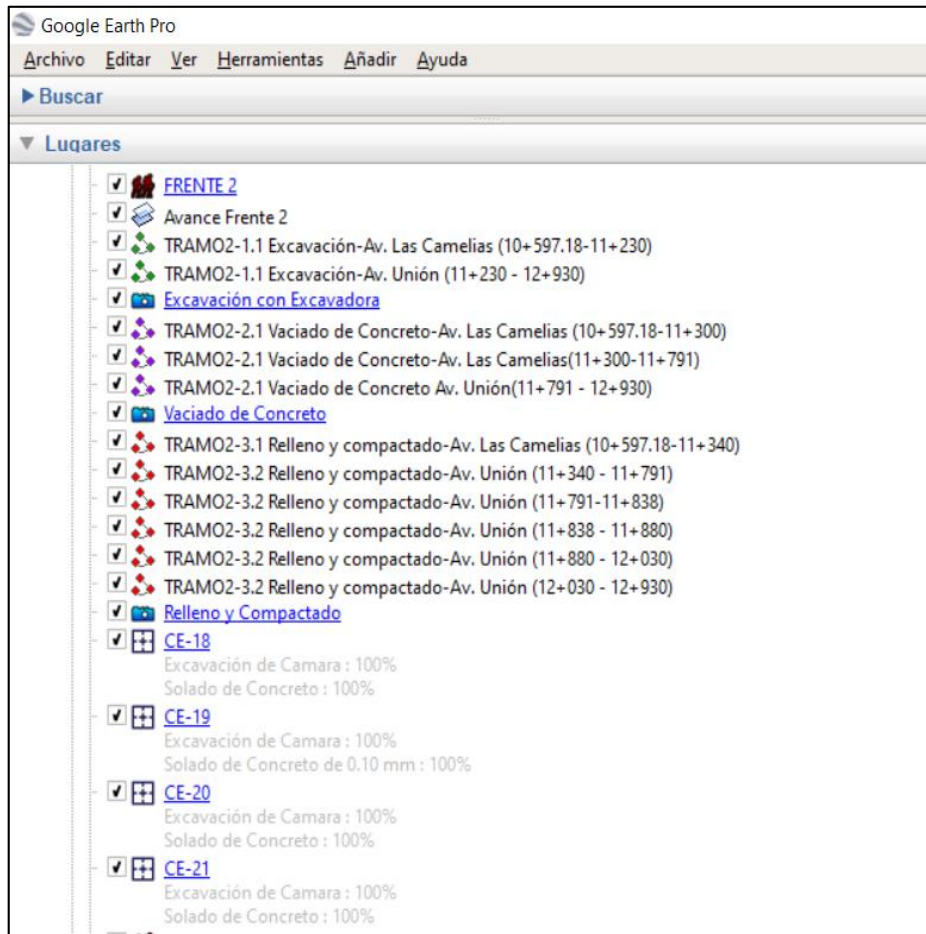
**Figura 12.** Avance del proyecto Frente 1.

*Fuente:* Elaboración propia en Google Earth Pro



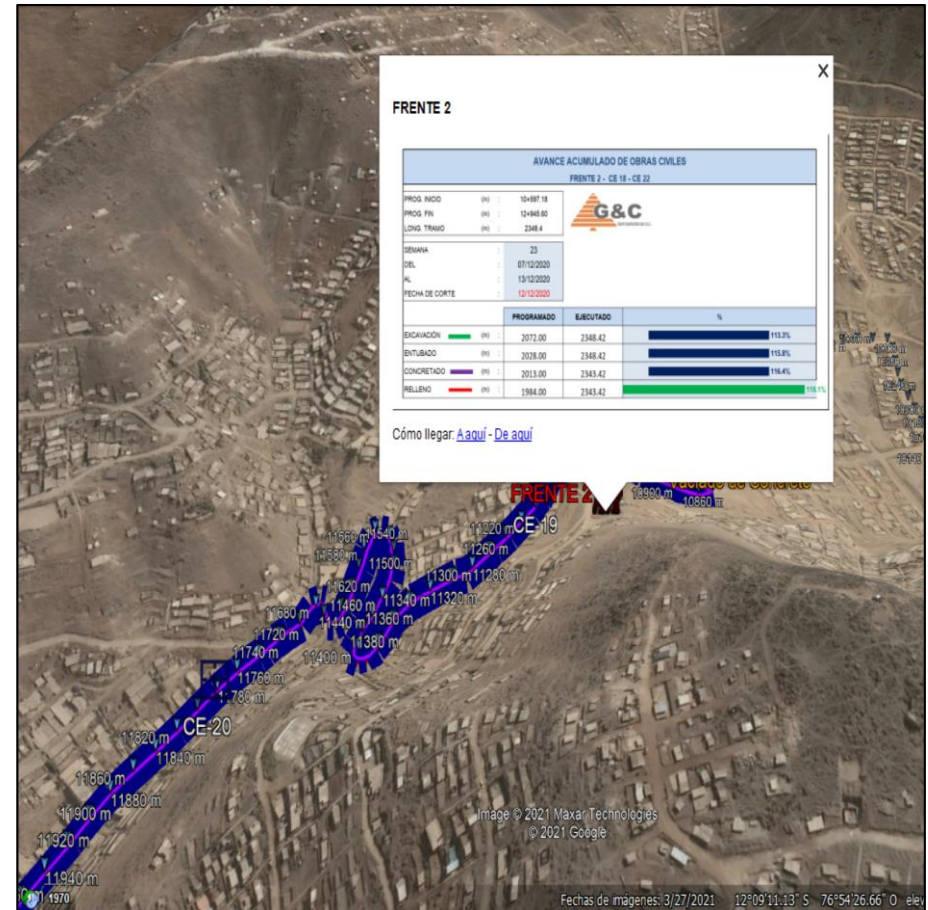
**Figura 13.** Avance grafico del proyecto Frente 1.

*Fuente:* Elaboración propia en Google Earth Pro



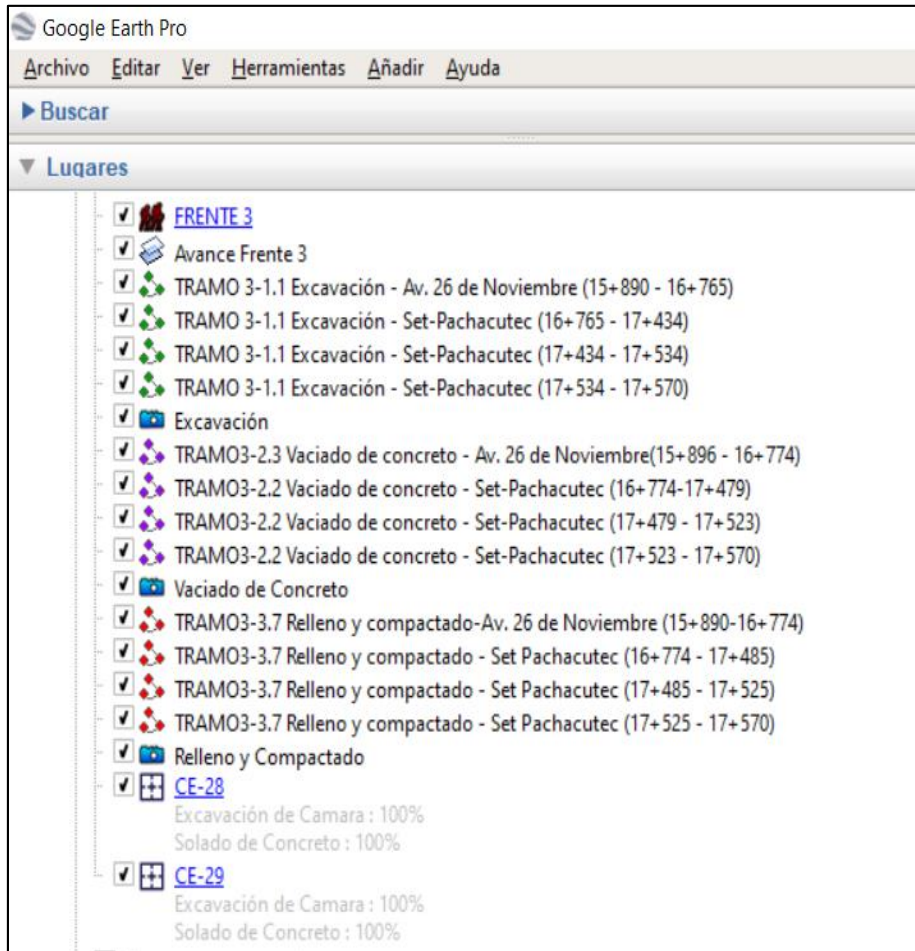
**Figura 14.** Avance del proyecto Frente 2.

Fuente: Elaboración propia en Google Earth Pro



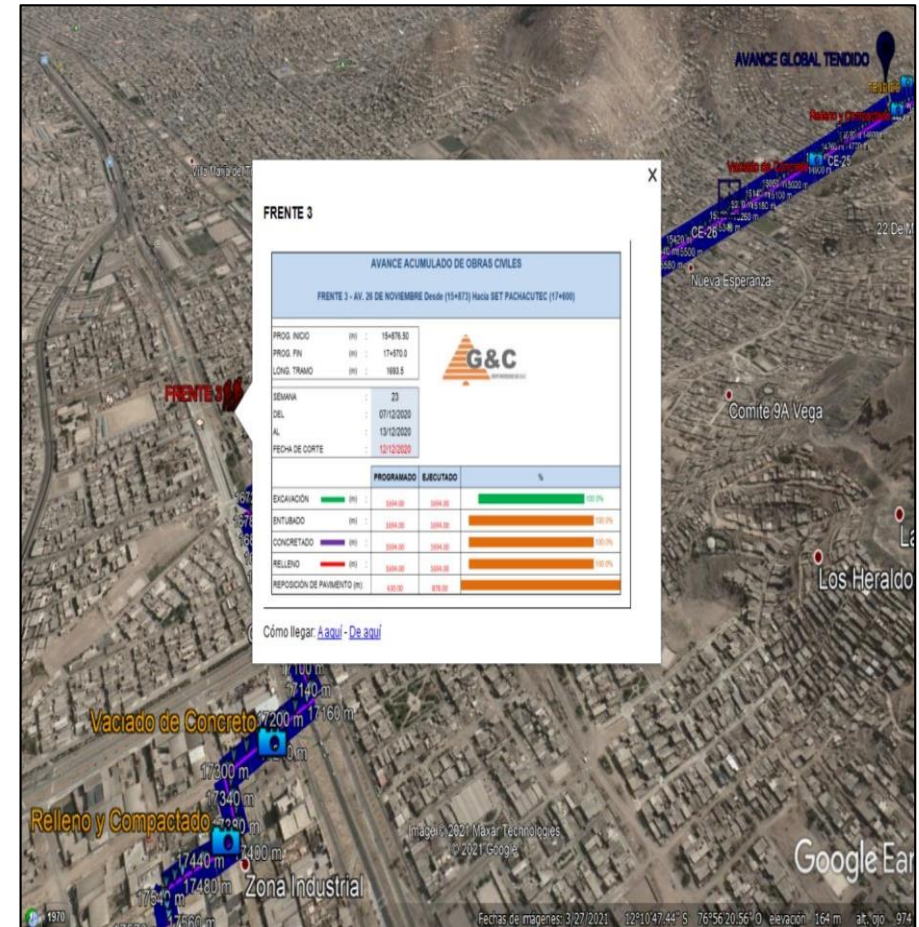
**Figura 15.** Avance grafico del proyecto Frente 2.

Fuente: Elaboración propia en Google Earth Pro



**Figura 16.** Avance del proyecto Frente 3

*Fuente:* Elaboración propia en Google Earth Pro



**Figura 17.** Avance grafico del proyecto Frente 3

*Fuente:* Elaboración propia en Google Earth Pro

### 3.3.2. Trenes de Trabajo

A realizar la aplicación de esta herramienta las actividades (excavación, instalación de tubería, vaciado de concreto y relleno compactado), se conectan como si fueran los vagones de un tren realizando una actividad detrás de la otra, buscando generar una relación de dependencia entre las actividades lo cual nos permitirá reducir las holguras mediante la sincronización de tareas.

Cada cuadrilla de trabajo asignada a una tarea es considerada como una estación de trabajo estas deben de encontrarse balanceadas.

Se debe tener en cuenta que existe un peligro que es el retraso del proyecto ya que el retraso de una partida provocará que el resto sufran el mismo efecto, por ello el camino para obtener mejores resultados de eficiencia y productividad es asumir mayores riesgos calculados y una estrategia que nos permita cumplir con las metas, esta será el uso de los buffers el cual será utilizado en la programación del proyecto. A continuación, se describe las partidas involucradas en la construcción de la línea de transmisión ubicadas por cada día de trabajo ya sea en banco ducto o cámaras de empalme.

Actividades para Banco Ducto	DÍAS					
	1	2	3	4	5	6
Excavación	A	A	A	A	A	A
Instalación de tuberías		B	B	B	B	B
Vaciado de concreto		C	C	C	C	C
Relleno y compactado				D	D	D

**Figura 18.** Tren de actividades para Banco Ducto

*Fuente:* Elaboración propia

#### **Interpretación:**

Los trenes de trabajo se dan de la siguiente manera; (A) asignado para la actividad de excavación, (B) para instalación de tuberías, (C) para vaciado de concreto y (D) para relleno

continuidad de los días hasta terminar la cantidad de metros lineales correspondientes al proyecto.

A continuación, se presenta los trenes de trabajo correspondiente a la ejecución de una cámara de empalme.

Actividades para Cámara de Empalme	DÍAS													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Excavación de Cámara	A	A												
Solado de Concreto de 0.10 mm			B											
Enmallado de Fe de Loza				C	C	C								
Vaciado Loza de concreto						D	D							
Enmallado de Fe y encofrado de Paredes								E						
Desencofrado y resane de paredes									F	F				
Solado para Cajas Cross Bonding										G	G			
Enmallado de Fe y vaciado de Loza											H			
Enmallado de Fe paredes y encofrado												I		
Vaciado de Paredes													J	
Desencofrado y colocación de tapas														K

**Figura 19.** Tren de actividades para Cámaras de Empalme

*Fuente:* Elaboración propia

### Interpretación:

Los trenes de trabajo se dan de la siguiente manera; cada letra del abecedario representa cada actividad, de acuerdo al número de días de duración que se determina, en el proyecto existen 10 cámaras de empalme a ejecutar, las cuales tienen un tiempo de asignación de 14 días en total.



**Figura 20.** Esquema de Tren de actividades para Banco Ducto

*Fuente:* Elaboración propia

### 3.3.3. Planificación Maestra de Producción

Para el proyecto de línea de transmisión subterránea se elaboró un plan maestro en el que señala los acontecimientos más resaltantes e importantes para la consolidación de este.

En esta programación se define todas las etapas que permitan culminar el proyecto. Asimismo, se establece una secuencia en la que serán ejecutadas.

Las fechas que se muestran en el inicio como en la culminación de etapas pueden presentar ciertas variaciones a la hora de ser ejecutadas esto se debe a que pueden presentarse situaciones no planeadas (inasistencia de personal eventos climatológicos accidentes y emergencias sanitarias); sin embargo, el personal a cargo de la planificación tendrá que estar atento para poder proponer medidas que permitan corregir los desajustes en está en la programación.

Cabe mencionar que si existiera alguna reprogramación esta será denominada Forecast que quiere decir pronóstico, esto se presentaría en caso existiera una meta de fechas anticipadas para un pago de bono por parte del cliente como premio a la excelencia y eficiencia del proyecto.

Según nuestro plan maestro el proyecto dio inicio 6/07/2020 y debió culminar el 28/01/2021, de esta manera se estima que el proyecto dura 182 días calendario.

A continuación, se muestra el plan maestro para el “Proyecto LT 220 kv Manchay Pachacútec.”

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
<b>LINEA SUBTERRANEA SET PACHACUTEC CE-27 (15+873) A (13+240)</b>	<b>181.63 días</b>	<b>lun 6/07/20</b>	<b>jue 28/01/21</b>
<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>	<b>20 días</b>	<b>lun 6/07/20</b>	<b>mar 28/07/20</b>
<b>TRABAJOS CIVILES</b>	<b>151 días</b>	<b>sáb 11/07/20</b>	<b>jue 31/12/20</b>
<b>TRAMO 1</b>	<b>144 días</b>	<b>sáb 11/07/20</b>	<b>mié 23/12/20</b>
<b>Banco Ducto CE-27 (15+873) Hacia Cota (12+950)</b>	<b>144 días</b>	<b>sáb 11/07/20</b>	<b>mié 23/12/20</b>
Excavación de zanja	140 días	sáb 11/07/20	sáb 19/12/20
Entibado de zanja	140 días	lun 13/07/20	sáb 19/12/20
Colocación de Tubos Para Cables	140 días	mar 14/07/20	lun 21/12/20
Concretado 100 kg/cm <sup>2</sup>	140 días	mié 15/07/20	mar 22/12/20
Relleno, compactado con Material de Planta	140 días	jue 16/07/20	mié 23/12/20
<b>CAMARAS DE EMPALME</b>	<b>84.75 días</b>	<b>mar 14/07/20</b>	<b>lun 19/10/20</b>
<b>TRAMO 2</b>	<b>145 días</b>	<b>sáb 18/07/20</b>	<b>jue 31/12/20</b>
<b>Banco Ducto V-161 (12+950) Hacia (10+601)</b>	<b>145 días</b>	<b>sáb 18/07/20</b>	<b>jue 31/12/20</b>
Excavación de zanja	140 días	sáb 18/07/20	vie 25/12/20
Entibado de zanja	140 días	lun 20/07/20	sáb 26/12/20
Colocación de Tubos Para Cables	140 días	mar 21/07/20	lun 28/12/20
Concretado 100 kg/cm <sup>2</sup>	140 días	mié 22/07/20	mar 29/12/20
Preparación de Material para Relleno	140 días	jue 23/07/20	mié 30/12/20
Relleno, compactado Material Propio	140 días	vie 24/07/20	jue 31/12/20
<b>CAMARAS DE EMPALME</b>	<b>127.75 días</b>	<b>mar 21/07/20</b>	<b>lun 14/12/20</b>
<b>TRAMO 3</b>	<b>57 días</b>	<b>lun 20/07/20</b>	<b>mié 23/09/20</b>
<b>Banco Ducto CE-27 (15+873) Hacia V-200 (16+820)-Av. 26 de Noviembre</b>	<b>57 días</b>	<b>lun 20/07/20</b>	<b>mié 23/09/20</b>
Excavación de zanja	45 días	lun 20/07/20	mié 9/09/20
Entibado de zanja	45 días	lun 20/07/20	mié 9/09/20
Colocación de Tubos Para Cables	45 días	mié 22/07/20	vie 11/09/20
Concretado 100 kg/cm <sup>2</sup>	45 días	mar 28/07/20	jue 17/09/20
Relleno, compactado con Material de Planta	45 días	lun 3/08/20	mié 23/09/20
<b>Cámara de Empalme CE 28</b>	<b>14 días</b>	<b>mié 22/07/20</b>	<b>vie 7/08/20</b>
<b>TRAMO 4</b>	<b>40 días</b>	<b>sáb 8/08/20</b>	<b>mié 23/09/20</b>
<b>Banco Ducto V-200 (16+820) Hacia SET PACHACUTEC (17+600)</b>	<b>40 días</b>	<b>sáb 8/08/20</b>	<b>mié 23/09/20</b>
Excavación de zanja	35 días	sáb 8/08/20	jue 17/09/20
Entibado de zanja	35 días	lun 10/08/20	vie 18/09/20
Colocación de Tubos Para Cables	35 días	mar 11/08/20	sáb 19/09/20
Concretado 100 kg/cm <sup>2</sup>	35 días	mié 12/08/20	lun 21/09/20
Preparación de Material para Relleno	35 días	jue 13/08/20	mar 22/09/20
Relleno, compactado Material Propio	35 días	vie 14/08/20	mié 23/09/20
<b>Cámara de Empalme CE 29</b>	<b>14.13 días</b>	<b>lun 10/08/20</b>	<b>mar 25/08/20</b>
<b>TENDIDO ELECTROMECHANICO</b>	<b>131.63 días</b>	<b>mar 1/09/20</b>	<b>jue 28/01/21</b>

*Figura 21.* Cronograma base del proyecto

*Fuente:* Elaboración propia



### 3.3.4. Lookahead

A diferencia de la planificación maestra de producción que es una planificación general de todo el proyecto, la planificación lookahead es una programación como tiene alcance limitado de 4 semanas para el proyecto en esta programación se identifica todas las actividades que se espera ejecutarse en las próximas semanas.

Con la aplicación de esta herramienta se espera tener un respaldo a la planificación para que el flujo de trabajo no se trunque por algo que no se detectó en su momento y así poder disminuir los tiempos muertos durante la ejecución de las partidas. En esta programación podremos ver cómo se forman los trenes de actividades y como el trabajo avanza a través de sectores.

Por otro lado, también se logra identificar los recursos como (materiales, mano de obra, trabajos previos por cumplir, etc.) que serán necesarios para poder ejecutar cada una de las actividades, con la finalidad de que no exista algo que nos impida realizarla.

Estos requerimientos son presentados en un cuadro de análisis de restricciones, éstos se llegan a identificar en cada reunión semanal analizando los objetivos alcanzados. En lo largo del proceso suele existir variabilidad entre lo que se programa y lo que se ejecuta, a menudo se piensa que la variabilidad surge por factores externos que no podemos controlar, sin embargo, la mayoría de estos ocurren por una mala planificación y organización.

Según la Pontificia Universidad Católica de Chile (GEPUC) las restricciones se clasifican en 11 categorías según se muestra a continuación:

**Tabla 7**

*Tipos de restricciones*

TIPOS DE DESPERDICIOS		
Nº	Código	Descripción
1	MAT	Materiales
2	DIS	Diseño
3	MO	Mano de Obra
4	INS	Inspección
5	DOC	Documentación
6	EQ	Equipos
7	HZT	Habilitación de frente de trabajo
8	SEG	Seguridad
9	AMB	Ambiental
10	SC	Subcontratos
11	OTRO	Otros

*Nota:* Datos extraídos de un informe de la Pontificia Universidad de Chile (GEPUC)

A continuación, se presenta el formato de planificación lookahead, esta planificación se presenta cada 4 semanas en el (ANEXO 9) se detalla una planificación LookAhead de la semana 6 a la semana 9 en donde se muestra las actividades a desarrollarse en cada uno de los frentes.

LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE LINEA DE TRANSMISIÓN DE ALTA TENSIÓN DEL DISTRITO DE PACHACAMAC				SEMANA 1								TOTAL, ACUMULADO A LA SEM 01	RESTANTE A LA SEM 02		
				ACUMULADO	RESTANTE A LA SEM 00	6/07/2020	7/07/2020	8/07/2020	9/07/2020	10/07/2020	11/07/2020			12/07/2020	
Actividad	Metrado	Unidad	Fecha Fin												
<b>LINEA 220KV</b>															
<b>FRENTE 1: Banco Ducto CE-27 (15+890) Hacia Cota (12+930)</b>												2960			
1	Exca vación Programada	2960	m1	11-Jul		2,960								-	2,960
	Exca vación Ejecutado					2,960								-	2,960
2	Entibado Programada	2960	m1	13-Jul		2,960								-	2,960
	Entibado Ejecutado					2,960								-	2,960
3	Entubado Programada	2960	m1	14-Jul		2,960								-	2,960
	Entubado Ejecutado					2,960								-	2,960
4	Concretado Programada	2960	m1	15-Jul		2,960								-	2,960
	Concretado Ejecutado					2,960								-	2,960
5	Relleno Programado	2960	m1	16-Jul		2,960								-	2,960
	Relleno Ejecutado					2,960								-	2,960

**Figura 22.** Formato de Lookahead Frente 1

*Fuente:* Elaboración Propia

Se presenta el cuadro de análisis de restricciones, el cual nos permite identificar problemas que puedan afectar la continuidad de trabajo en el proyecto.

REGISTRO GESTION DE PROYECTOS ANÁLISIS DE RESTRICCIONES						
CODIGO DE PROYECTO						
NOMBRE DE PROYECTO						
LT 220 kV SET MANCHAY - SET PACHACUTEC						
SEM:	5					
Responsable	Descripción de la Actividad	Descripción de la Restricción	Fecha Requerida por Producción P	Responsable	Fecha Real (AS) AS	Estado
			<b>N° TOTAL DE RESTRICCIONES</b>			
			<b>% DE RESTRICCIONES POR SEMANA</b>			
<b>CONTRATISTA</b>						
<b>1. OBRAS PROVISIONALES</b>						
	Instaaciones Provisionales	Alquiler de local para implementación de comedor	16-Jul-20	GYC	20-Jul-20	LEVANTADA
	Servicios higiénicos para el personal (DISAL)	Alquiler de baños químicos portátiles	7-Jul-20	GYC	11-Jul-20	LEVANTADA
	Instalación de señalización para trabajos en vías de 120X75 cm, para 2 tramo	Adquisición de elementos de señalización para el 2° frente de trabajo	20-Jul-20	GYC	12-Jul-20	LEVANTADA
	Vehículo Diurna	Busqueda de Proveedor	17-Jul-20	GYC	24-Jul-20	LEVANTADA
	Vehículo de Contingencia	LDS indica que cesara la implementación de vehículo de contingencia en obra. GYC confirmará la fecha de implementación de forma directa	15-Jul-20	GYC	6-Ago-20	LEVANTADA
	Vehículo de Señalización	LDS indica que cesara la implementación de vehículo de señalización en obra. GYC confirmará la fecha de implementación de forma directa	15-Jul-20	GYC	11-Ago-20	LEVANTADA
<b>2. OBRAS CMLES</b>						
	Inicio excavaciones TRAMO 2	Confirmación de proveedores de maquinaria pesada (retroexcavadora, volquetes, etc)	22-Jul-20	GYC		LEVANTADA
	Inicio de excavación en TRAMO 2 - CE-18	Confirmación de proveedores de maquinaria pesada (excavadora)	20-Jul-20	GYC	3-Ago-20	LEVANTADA
	Inicio de TRAMO 3	Confirmación de proveedores de maquinaria pesada (retroexcavadora, volquetes, etc)	22-Jul-20	GYC		LEVANTADA
	Sondeos	Detección de interferencias al inicio de las excavaciones se plantea el movimiento del eje de la línea de ser necesario	7-Jul-20	GYC		EN PROCESO
	Inicio instalación tuberías HDPE	Asegurar el abastecimiento de tuberías en sitio (coordinar con Cliente y proveedor tubos)	15-Jul-20	GYC		EN PROCESO
	Eliminación de material de excavación	Busqueda de botadero para eliminación	13-Jul-20	GYC	15-Jul-20	LEVANTADA

Figura 23. Análisis de restricciones del proyecto

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.5. Planificación semanal de trabajo

Es un cronograma que considera únicamente las actividades que no tienen restricciones de la programación de lookahead, nos referimos a aquellas que encuentran con todos los requerimientos (materiales, mano de obra, trabajos concluidos, etc.) para ser ejecutados durante la semana. Este plan está elaborado con anticipación por el ingeniero residente y se presenta el último día de trabajo de cada semana ante el cliente y el ingeniero de campo en donde se analizan las observaciones.

De esta forma si hubiese alguna observación se procede a la corrección y se ejecutan las actividades durante la semana a continuación se presenta el modelo de plan de trabajo semanal.

PROGRAMACIÓN SEMANAL							
Semana: 02.11.20 al 07.11.20							
#	Descripción de la Actividad	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
		2 Nov.	3 Nov.	4 Nov.	5 Nov.	6 Nov.	7 Nov.
	<b>Línea Subterránea</b>						
1	Excavación con Maquinaria 01	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias
1	Progresivas	11+685 hasta 11+670	11+670 hasta 11+655	11+655 hasta 11+640	11+640 hasta 11+625	11+625 hasta 11+610	11+610 hasta 11+595
2	Habilitación y Limpieza con Maquinaria	Vía alterna	Vía alterna	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias
2	Progresivas	al 80%	al 100%	11+650 hasta 11+620	11+620 hasta 11+590	11+590 hasta 11+560	11+560 hasta 11+530
3	Excavación Manual		-	-	-	-	-
3	Progresivas		-	-	-	-	-
4	Colocación de Tuberías (Entubado)	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias
4	Progresivas	11+700 hasta 11+685	11+685 hasta 11+670	11+670 hasta 11+655	11+655 hasta 11+640	11+640 hasta 11+625	11+625 hasta 11+610
5	Vaciado de Concreto Banco Ducto	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias
5	Progresivas	11+715 hasta 11+700	11+700 hasta 11+685	11+685 hasta 11+670	11+670 hasta 11+655	11+655 hasta 11+640	11+640 hasta 11+625
6	Relleno y Compactado	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias	Av. Las Camelias
6	Progresivas	11+730 hasta 11+715	11+715 hasta 11+700	11+700 hasta 11+685	11+685 hasta 11+670	11+670 hasta 11+655	11+655 hasta 11+640
7	<b>CAMARA EMPALME 20</b>	Instalación acero y encofrados (Muros)	Vaciado de concreto para muro	Desenfrado y Curado	Transposición a CE-20		
Responsables: Ing. Elisa Castilla , Arq. Manuel Garay, Ing. Jose Ramos (SSOMA)							

**Figura 24.** Programación semanal Frente 2.

*Fuente:* Elaboración propia

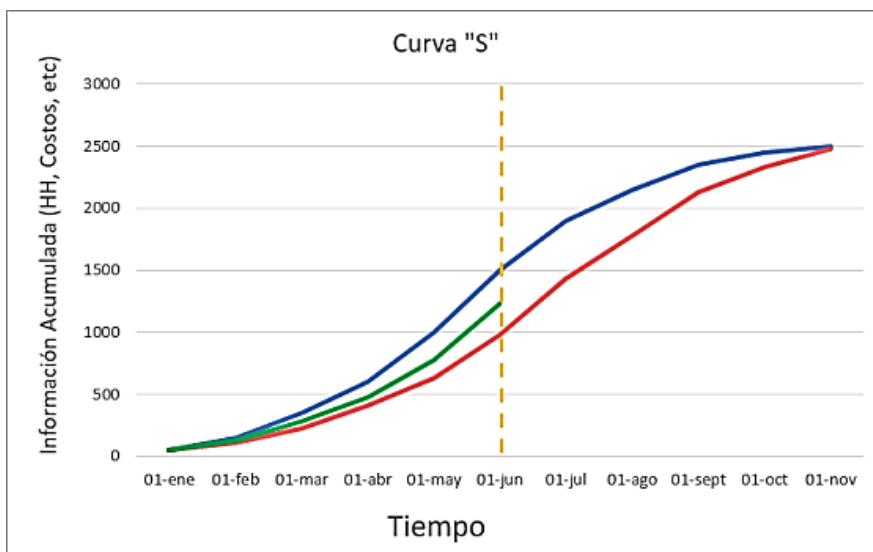
**3.3.6. Informe semanal**

Realizar el Informe Semanal nos permitirá conocer cuánto de lo que se programó se llegó a ejecutar en la semana, este informe de producción nos permite conocer la cantidad de trabajo que se realiza según los metros lineales ejecutados y horas hombre utilizadas.

El formato de avance de obra diario nos permite registrar los avances realizados por cada partida diariamente y el acumulado semanal viene a ser la suma de todo lo que se realizó durante la semana, luego se comparan los rendimientos para obtener un estado de ganancia o de pérdida en cada partida.

**Curva S – Curva de productividad**

Mediante la curva S podemos representar de forma gráfica los resultados obtenidos en el avance de obra semanal. Para construir una curva de producción se coloca en el eje de las abscisas las semanas y en el eje de las ordenadas los rendimientos obtenidos por cada semana. Esta curva nos permite observar de manera más clara cómo es que las filosofías Lean mediante el uso de la sectorización el tren de actividades y las demás herramientas logran incrementar progresivamente la eficiencia luego de haber realizado la implementación.



**Figura 25.** Gráfico modelo Curva S.

*Fuente:* Souza (2018).

### 3.3.7. Verificación del cumplimiento de los objetivos en las reuniones semanales.

Se realizan reuniones semanales, con el cliente para informar los avances, mediante el Google Earth, y la plantilla de resumen de metrados en Excel, el cual es revisado por el jefe de departamento y supervisión por parte del cliente, mediante el Google Meet.

RESUMEN DE AVANCES			% DE BD = 83%		
	ACTIVIDADES	METRADO TOTAL	PROYECTADO HASTA SEM 22	REALIZADO	% estado semanal
<b>Banco Ducto CE-27 (15+873) Hacia Cota (12+950)</b>	Excavacion de zanja	2930.90	2608	2930.90	112.4%
	Entibado de zanja		2588	2930.90	113.2%
	Colocación de Tubos Para Cables		2571	2930.90	114.0%
	Concretado 100 kg/cm2		2538	2930.90	115.5%
	Relleno, compactado con Material de Planta		2485	2930.90	117.9%
	Reposición de pavimento rigido		2060.00	1520	2148.00
<b>Banco Ducto V-161 (12+950) Hacia (10+601)</b>	Excavacion de zanja	2349.00	2072.00	2348.42	113.3%
	Colocación de Tubos Para Cables		2028.00	2348.42	115.8%
	Concretado 100 kg/cm2		2013.00	2348.42	116.7%
	Relleno, compactado		1984.00	2348.42	118.4%
<b>Banco Ducto CE-27 (15+873) Hacia V-200 (16+820)- Av. 26 de Noviembre</b>	Excavacion de zanja	947	943.50	943.50	100.0%
	Entibado de zanja		943.50	943.50	100.0%
	Colocación de Tubos Para Cables		943.50	943.50	100.0%
	Concretado 100 kg/cm2		943.50	943.50	100.0%
	Relleno, compactado		943.50	943.50	100.0%
	Reposición de pavimento rigido		0.00	880.00	
<b>Banco Ducto V-200 (16+820) Hacia SET PACHACUTEC (17+600)</b>	Excavacion de zanja	780	750.00	750.00	100.0%
	Entibado de zanja		750.00	750.00	100.0%
	Colocación de Tubos Para Cables		750.00	750.00	100.0%
	Concretado 100 kg/cm2		750.00	750.00	100.0%
	Relleno, compactado		750.00	750.00	100.0%
	Reposición de pavimento rigido		0.00	61.50	

Figura 26. Cuadro resumen de avances del proyecto en metros lineales.

Fuente: Elaboración propia

### 3.3.8. Evaluación de indicadores de gestión SV, SPI y CPI.

En las reuniones semanales también se presenta un cuadro llamado “Reporte Semanal” con los indicadores de desempeño alcanzados. Estos están representados en un cuadro de Excel resumen del cálculo de los avances que se realizan diariamente.

RESULTADOS DE LA SEMANA XX						
N°	DESCRIPCION		LINEA DE TRANSMISIÓN SUBTERRANEA ELECTROMECAÁNICA	TOTAL	SV Variación Cronograma	SPI Desempeño Cronograma
	LINEAS DE TRANSMISIÓN SUBTERRÁNEAS AT - LDS	%				
A	TOTAL PROYECTO	Programado	98.57%		-1.43%	101.45%
		Ejecutado	100.00%			
		Desfase	-1.43%		0.00%	100.00%
		Reprogramado	100.00%			

*Figura 27.* Cuadro resumido de plantilla de reporte semanal

*Fuente:* Elaboración propia

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1 Resultado del objetivo específico 1.

#### 4.1.1 Objetivo Especifico 1: Determinar los resultados de la aplicación del Lean Construction en la Variación del Cronograma de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas.

Las actividades que se llevó a cabo para obtener el resultado del objetivo específico 1 son:

- 1.- Generar un plan de implementación de la Metodología Lean Construction para la gestión de proyectos de obras de líneas de transmisión subterráneas.
- 2) Consolidar datos antes de la mejora.
- 3) Consolidar datos después de la mejora.
- 4) Comparar la Variación del cronograma SV del Periodo 1 y Periodo 2

A continuación, se desarrollarán las actividades antes mencionadas.

#### **1.- Generar un plan de implementación de la Metodología Lean Construction para la gestión de proyectos de obras de líneas de transmisión subterráneas.**

##### **Tabla 8**

*Registro de actividades para la implementación del plan*

Ítem	Actividades
1	Realizar el cronograma inicial del proyecto
2	Sectorizar el área de trabajo del proyecto
3	Realizar los trenes de actividades del proyecto de línea de transmisión
4	Realizar el plan maestro de producción (cantidad de avance semanal)
5	Implementación de Lookahead para su control y seguimiento
6	Realizar la planificación de avance semanal de actividades
7	Realizar informe semanal de avances Curva S del proyecto

*Nota:* Plan de actividades (2021)



Se observa en la tabla 9, el registro de actividades para la implementación del plan del Lean Construction en el proyecto, en donde luego de la aplicación se obtendrá los datos comparativos de la variación del cronograma en el Periodo 1 y Periodo 2.

## 2.- Consolidar datos antes de la mejora

**Tabla 9**

*Consolidado de SV - Variación del cronograma (Antes de la implementación)*

Nº Semana	% Avance – Valor Planificado	% Acumulado – Valor Planificado	% Avance - Valor Ganado	% Acumulado - Valor Ganado	% de Variación del cronograma
1	0.54%	0.54%	0.74%	0.74%	0.20%
2	1.95%	2.48%	1.51%	2.25%	-0.24%
3	4.17%	6.66%	1.55%	3.79%	-2.86%
4	4.41%	11.07%	2.33%	6.12%	-4.95%
5	4.62%	15.69%	3.22%	9.34%	-6.35%
6	5.83%	21.53%	4.23%	13.57%	-7.96%

*Nota:* Variación del cronograma Primer Periodo (2021).

Se describe el % de avance semanal de 6 semanas antes de la implementación, correspondiente al valor planificado (cronograma base) y el Valor Ganado que es el avance real del proyecto.

Se observa en la tabla 10; la variación del cronograma del primer periodo correspondiente a las primeras 6 semanas, se obtiene de la siguiente manera:

### ECUACIÓN 1: Variación del Cronograma - SV

$$SV = EV - PV$$

Donde:

SV = Variación del cronograma

EV = Valor Ganado

PV = Valor Planificado

Para medir la comparación de la variación del cronograma, del primer y segundo periodo se necesita medir el SV, después de haber realizado la implementación esto se reflejará en la siguiente tabla.

**Tabla 10**

*Consolidado de SV - Variación del cronograma (Después de la implementación)*

Nº Semana	% Avance - Plan Base	% Acumulado - Plan Base	% Avance - Valor Ganado	% Acumulado - Valor Ganado	% de Variación del cronogram a
7	6.18%	6.18%	5.82%	5.82%	-0.36%
8	5.91%	12.09%	5.88%	11.70%	-0.39%
9	6.02%	18.11%	6.29%	17.99%	-0.12%
10	5.37%	23.49%	6.01%	24.00%	0.52%
11	4.42%	27.91%	5.27%	29.27%	1.37%
12	3.04%	30.94%	8.11%	37.38%	6.43%
13	2.85%	33.80%	7.32%	44.70%	10.90%
14	3.38%	37.18%	6.01%	50.71%	13.53%
15	3.44%	40.62%	3.56%	54.27%	13.65%
16	3.48%	44.09%	2.88%	57.14%	13.05%
17	3.27%	47.37%	4.13%	61.27%	13.90%
18	3.63%	50.99%	4.09%	65.36%	14.36%
19	3.40%	54.39%	4.21%	69.57%	15.18%
20	3.79%	58.17%	5.38%	74.95%	16.77%
21	3.53%	61.70%	3.75%	78.69%	16.99%
22	3.78%	65.48%	3.08%	81.78%	16.30%
23	3.53%	69.00%	1.87%	83.64%	14.64%
24	3.76%	72.76%	1.34%	84.98%	12.22%
25	2.66%	75.42%	1.45%	86.43%	11.01%
26	1.37%	76.79%	-	-	-
27	0.17%	76.96%	-	-	-
28	0.09%	77.04%	-	-	-
29	0.49%	77.53%	-	-	-
30	0.94%	78.47%	-	-	-

*Nota:* Variación del cronograma Segundo Periodo. (2021)

### 3.- Consolidar datos después de la mejora

Se describe el % de avance semanal de la semana 7 a la semana 30 después de la implementación, correspondiente al valor planificado (cronograma base) y el Valor Ganado que es el avance real del proyecto.

Se observa en la tabla 10; la variación del cronograma del segundo periodo correspondiente a las 24 semanas posteriores a la implementación se obtiene de la siguiente manera:

$$SV = EV - PV$$

Donde:

SV = Variación del cronograma

EV = Valor Ganado

PV = Valor Planificado

#### 4.- Comparar la Variación del cronograma SV del Periodo 1 y Periodo 2

**Tabla 11**

*Resultado comparativo de variación del cronograma del antes y después de la implementación del Lean Construction en la obra de línea de transmisión ubicada en Manchay - Pachacutec*

Índice	Estado Inicial - P1	Estado final - P2
% Variación del Cronograma	-3.69%	1.97%

*Nota:* Se detalla una variación de 5.67 % entre el Primer y Segundo Período (2021)

Se observa en la tabla 11; los comparativos de la variación del cronograma de los Periodos 1 y 2 del proyecto mediante el promedio de las semanas trabajadas.

Si el SV de un proyecto es menor al 1%, nos indica que el proyecto no está cumpliendo con las metas establecidas de cumplimiento y esto genera atrasos y pérdidas económicas.

Inicialmente se tenía un indicador negativo del (SV) de -3.69%, luego de la aplicación del Lean Construction en obras de líneas de transmisión subterráneas, el (SV) obtenido es 1.97%; lo que implica una mejora de 5.67% del SV.

## 4.2 Resultado del objetivo específico 2.

### 4.2.1 Objetivo específico 2: Determinar los resultados de la aplicación del Lean Construction en el SPI de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas.

Las actividades que se llevó a cabo para obtener el resultado del objetivo 2 fueron:

#### 1.- Consolidar datos antes de la mejora.

**Tabla 12**

*Consolidado de SPI – Desempeño del Cronograma (Antes de la implementación)*

Nº Semana	% Avance - Plan Base	% Acumulad o - Plan Base	% Avance - Valor Ganado	% Acumulad o - Valor Ganado	% SPI
1	0.54%	0.54%	0.74%	0.74%	136.93%
2	1.95%	2.48%	1.51%	2.25%	90.50%
3	4.17%	6.66%	1.55%	3.79%	56.98%
4	4.41%	11.07%	2.33%	6.12%	55.31%
5	4.62%	15.69%	3.22%	9.34%	59.51%
6	5.83%	21.53%	4.23%	13.57%	63.03%

*Nota:* SPI Primer Periodo (2021).

#### 2.- Consolidar datos después de la mejora

Se describe el % de avance semanal de 6 semanas antes de la implementación, correspondiente al valor planificado (cronograma base) y el Valor Ganado que es el avance real del proyecto.

Se observa en la tabla 12; el desempeño del cronograma del primer periodo correspondiente a las primeras 6 semanas, se obtiene de la siguiente manera:

**ECUACIÓN 2:** Índice de Desempeño del Cronograma

$$SPI = \frac{EV}{PV} \times 100\%$$

Donde:

SPI = Índice de desempeño del cronograma

EV = Valor Ganado

PV = Valor Planificado

Para medir la comparación el SPI del cronograma, del primer y segundo periodo se necesita medir el SPI, después de haber realizado la implementación esto se reflejará en la siguiente tabla 13.

**Tabla 13**

*Consolidado de SPI – Desempeño del Cronograma (Después de la implementación)*

Nº Semana	% Avance - Plan Base	% Acumulado - Plan Base	% Avance - Valor Ganado	% Acumulado - Valor Ganado	% de SPI
7	6.18%	27.71%	5.82%	19.39%	69.99%
8	5.91%	33.62%	5.88%	25.27%	75.16%
9	6.02%	39.64%	6.29%	31.56%	79.61%
10	5.37%	45.01%	6.01%	37.57%	83.47%
11	4.42%	49.43%	5.27%	42.84%	86.67%
12	3.04%	52.47%	8.11%	50.95%	97.10%
13	2.85%	55.32%	7.32%	58.27%	105.32%
14	3.38%	58.70%	6.01%	64.27%	109.49%
15	3.44%	62.14%	3.56%	67.83%	109.16%
16	3.48%	65.62%	2.88%	70.71%	107.76%
17	3.27%	68.89%	4.13%	74.84%	108.63%
18	3.63%	72.52%	4.09%	78.93%	108.83%
19	3.40%	75.92%	4.21%	83.14%	109.51%
20	3.79%	79.70%	5.38%	88.51%	111.06%
21	3.53%	83.23%	3.75%	92.26%	110.85%
22	3.78%	87.01%	3.08%	95.35%	109.59%
23	3.53%	90.53%	1.87%	97.21%	107.38%
24	3.76%	94.29%	1.34%	98.55%	104.52%
25	2.66%	96.95%	1.45%	100.00%	103.15%
26	1.37%	98.32%	-	-	-
27	0.17%	98.49%	-	-	-
28	0.09%	98.57%	-	-	-
29	0.49%	99.06%	-	-	-
30	0.94%	100.00%	-	-	-

*Nota:* SPI del Segundo Período (2021)

En la tabla 13, se muestra el índice de desempeño del cronograma del Segundo Período, es decir estos datos fueron obtenidos después de la implementación y se obtiene de la siguiente manera:

$$SPI = \frac{EV}{PV} \times 100\%$$

Donde:

SPI = Índice de desempeño del cronograma

EV = Valor Ganado

PV = Valor Planificado

### 3.- Comparar el Índice de desempeño del cronograma SPI del Periodo 1 y Periodo 2

**Tabla 14**

*Resultado comparativo de SPI del antes y después de la implementación del mantenimiento autónomo*

Índice		Estado Inicial (Periodo 1)	Estado final (Periodo 2)
%	SPI	77.04 %	100.09%

*Nota:* Se detalla una variación de 23.05 % entre el primer y segundo periodo. (2021)

Se observa en la tabla 14; el índice de desempeño del cronograma correspondiente al periodo 1 (antes de la mejora) y periodo 2 (después de la mejora). El SPI óptimo para el proyecto debe ser mayor al 90%, sin embargo, esto en las primeras semanas no se cumplió y la continuidad de este indicador sin haber tomado alguna acción de mejora hubiera tenido grandes consecuencias ante la evaluación del cliente.

Inicialmente se tenía un indicador del 77.04% del SPI, luego de la aplicación del Lean Construction en la obra de Pachacamac de líneas de transmisión subterráneas, el SPI obtenido es de 100.09%, lo que implica una mejora del 23.05%.

### 4.3 Resultado del objetivo específico 3

#### 4.3.1 CPI (Índice de desempeño del costo): Determinar los resultados de la aplicación del Lean Construction en el CPI de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas.

Las actividades que se llevó a cabo para obtener el resultado del objetivo 3:

##### 1.- Consolidar datos antes de la mejora

**Tabla 15**

*CPI – Índice de desempeño del costo en el Primer Periodo (Antes de la implementación).*

Valorizaciones	Montos Cobrados	Montos Por Cobrar según Cronograma	CPI
VL 1	S/.833,950.48	S/.1,197,344.50	70%
VL 2	S/.1,872,519.77	S/.3,787,004.92	49%
VL 3	S/.2,116,958.88	S/.3,907,450.22	54%

*Nota:* Se detalla los montos facturados del proyecto en el Primer Periodo (2021)

Se observa en la tabla 15; el consolidado de los montos facturados en el primer periodo y el desempeño del costo antes de la implementación, como se observa se cobró mucho menos de lo que se proyectaba. Los datos se obtuvieron de la siguiente manera:

**ECUACIÓN 3:** Índice de Desempeño del Costo

$$CPI = \frac{\text{Costo Presupuestado}}{\text{Costo Cobrado}} \times 100 \%$$



## 2.- Consolidar datos después de la mejora

Luego de realizar la implementación del plan, se procesaron los datos de los montos cobrados luego de realizado la mejora. Podemos comparar los montos facturados desde la valorización 4 hasta la valorización 8.

**Tabla 16**

*CPI – Índice de desempeño del costo en el Segundo Periodo (Después de la implementación).*

Valorizaciones	Montos Cobrados	Montos Por Cobrar según Cronograma	CPI
VL 4	S/.2,174,511.45	S/.2,286,518.18	95%
VL 5	S/.1,723,691.06	S/.2,477,359.53	95%
VL 6	S/.2,112,991.76	S/.2,628,638.44	98%
VL 7	S/.3,231,708.48	S/.1,430,879.56	100%
VL 8	S/.1,785,704.15	S/.272,474.09	105%

*Nota:* Se detalla los montos facturados del proyecto en el Segundo Periodo (2021)

Se observa en la tabla 33; el consolidado de los datos de valorizaciones realizadas y el desempeño que este tuvo a nivel de costos. Los datos se procesaron como se detalla a continuación.

$$CPI = \frac{\text{Costo Presupuestado}}{\text{Costo Cobrado}} \times 100 \%$$

### 3.- Comparar índice de desempeño del CPI – (Índice del desempeño del Costo)

**Tabla 17**

*Resultado final comparativo del antes y después del índice de desempeño del costo.*

Índice	Estado Inicial (Primer Periodo)	Estado final (Segundo Periodo)
% CPI	58 %	99 %

*Nota:* Se detalla una variación en 41 % en el índice de desempeño del costo (2021)

Se observa en la tabla 17; el índice de desempeño del costo con respecto a las facturaciones realizadas en el proyecto de las 8 valorizaciones del Periodo 1 y Periodo 2, en donde se refleja que antes de la implementación de la mejora se obtiene un CPI por debajo del 90%, indicador que fue preocupante para la empresa, debido a que no se cumplían con los objetivos internos y no teníamos la suficiente liquidez para poder seguir invirtiendo en recursos, después de la aplicación del Plan del Lean Construction en este proyecto, se obtuvieron resultados positivos económicamente.

Inicialmente se tenía un indicador de CPI del 58%, luego de la aplicación de la Metodología del Lean Construction, en la obra de línea de transmisión subterránea, el CPI obtenido es del 90%, lo cual implica una mejora del 41%.

#### 4.4 Resultados del objetivo general

**Objetivo general:** Determinar los resultados de la aplicación del Lean Construction en la gestión de proyectos de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas.

Para el cumplimiento del objetivo general, se analizaron las etapas de la gestión de proyectos.

**Tabla 18**

*Resultados en cada etapa de la gestión del proyecto de línea de transmisión subterránea.*

<b>Etapas</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Situación antes de la mejora</b>	<b>Situación después de la Mejora</b>
<b>Planificación</b>	*Plan maestro de producción *Lookahead *Plan de trabajo semanal	Solo se contaba con el cronograma base del proyecto.	Se obtiene un cronograma más ajustado a la realidad, con metas establecidas de acuerdo a un plan de trabajo semanal.
<b>Ejecución</b>	*Sectorización del proceso constructivo *Trenes de trabajo *Integración del personal	Trabajos realizados con poca organización atrasos en las entregas de avances, personal poco involucrado.	Mejor organización debido a las reuniones semanales de integración, enfoque de los procesos constructivos a mediando los trenes y sectorización en las actividades de trabajo.
<b>Seguimiento y Control</b>	SV (Variación del cronograma.) SPI (Índice de desempeño de cronograma.) CPI (Índice de desempeño de costo.)	Indicadores por debajo de las metas establecidas en la empresa.	Mejora considerable de cada indicador, teniendo resultados positivos al finalizar el proyecto.
<b>Cierre</b>	Medición de los objetivos alcanzados.	Entrega tardía de Liquidación y dossier del proyecto.	La liquidación y dossier de obra se entregó terminado el proyecto, obteniendo así una facturación a tiempo.

*Nota:* Resumen de la descripción de los resultados.

Debido a que el objetivo fundamental de la aplicación del plan es mejorar las fases que intervienen en una gestión de proyectos de obras de Líneas de Transmisión subterránea, se procederá a analizar los resultados que se obtuvieron en cada fase del proyecto.

### **1) Planificación**

En esta fase del proyecto, se elaboró un **plan maestro**, en el que se señala los acontecimientos más resaltantes e importantes para la consolidación de este. En esta programación se determinaron las etapas que permitirán culminar el proyecto, así mismo se estableció la secuencia en la que serán ejecutadas cada una de ellas.

A fin de asegurar la planificación se realiza una programación de 4 semana, empleando el Lookahead. Puesto que se está trabajando desde tres frentes en diferentes sectores divididos a lo largo de la línea de transmisión, y se contactaron las secuencias de actividades en un tren de trabajo. Para este primer planteamiento se pudo intervenir y luego de 6 semanas de iniciado el proyecto se pudieron visualizar los resultados de la programación y verificar el porcentaje de cumplimiento.

Y por último se realizó el plan de trabajo semanal, en este cronograma se consideran las actividades sin restricciones y que cuenten con todos los recursos (materiales, mano de obra, trabajos precedentes concluidos, etc.), los cuales serán ejecutados durante la semana. El plan semanal es elaborado con anticipación para que pueda ser revisado por el ingeniero de campo, y analizar si se llegaran a cumplir las metas de la semana, para luego ser enviado al cliente.

## **2)Ejecución**

En esta fase se tiene como objetivo principal integrar al personal de obra, sistemas, estructuras y las buenas prácticas que se deben dar en el proyecto, en el cual mediante la colaboración y trabajo en conjunto se aprovechan los talentos y puntos de vista de todos los participantes.

La clave para lograr ejecutar con éxito un proyecto es la conformación del equipo, es por ello que debe existir una buena comunicación, eso se da mediante las reuniones semanales y coordinaciones diarias de trabajo antes de iniciar la jornada de trabajo, se deben de tener en cuenta los siguientes principios:

- Respeto mutuo y confianza
- Beneficio mutuo y recompensa
- Innovación colaborativa y toma de decisiones
- Definición temprana de objetivos
- Planificación intensificada
- Comunicación abierta
- Tecnología apropiada
- Organización y liderazgo

## **3)Supervisión y Control**

En esta fase se controla el flujo de trabajo y el control de la producción, esto se hace durante todo el proyecto, por la coyuntura de la temporada en la que se realizó el proyecto, estaba restringido el uso de formatos físicos, el control de la producción se realizaba en campo y se reportaba en el grupo de WhatsApp, el cual era registrado en los formatos de Excel diariamente.

Mediante las reuniones semanales se analizan las metas y avances en metros lineales acumulados, también se realiza el análisis de restricciones que se presentaron durante la semana y tomar las acciones para poder enfrentar esa restricción.

En esta etapa es en donde se controlan los indicadores de gestión semanalmente, en donde al finalizar el trabajo de investigación se obtuvo como resultado una mejora del 5.67% con respecto a la variación del cronograma, 23.05% en lo que se refiere al Índice de desempeño del Cronograma y un 41% en el incremento del indicador del índice de desempeño del costo.

#### **4)Cierre del proyecto**

En esta fase antes de la implementación se tenía retrasos en la entrega de liquidaciones y dossier de calidad, que es el informe de ejecución del proyecto. Sin embargo, al implementar el Lean construction en las etapas de gestión se tuvo información detallada en todo el proceso y al finalizarlo se tenía cada detalle del informe para la entrega de la información al cliente, lo mismo con la liquidación que fue de manera inmediata al terminar el proyecto ejecutado.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMEDADIONES

### 5.1. Discusión de resultados

*El resultado obtenido referente al Objetivo específico 1*, es la mejora del indicador de variación del cronograma del proyecto, el cual inicialmente era de un -3.69%, con la aplicación de las herramientas de la Metodología Lean Construction, se pudo suprimir las mudas que se generaban en las actividades, obteniendo un nuevo indicador promedio luego de la implementación de 1.97%. Finalmente, se obtuvo una mejora en la variación del cronograma SV de 5.67%, dichos resultados concuerdan con lo mencionado por Sánchez (2018), en el cual expresó que mediante la aplicación de la metodología del Lean Construction mejoró la variación del cronograma en el proyecto de Construcción de un Hospital en la Ciudad de Tacna. Además, se comprobó que los resultados demostrados están alineados y coherentes con la teoría de la Metodología del Lean Construction.

*El resultado obtenido referente al Objetivo específico 2*, es la mejora con respecto al índice del desempeño del cronograma el cual antes de la aplicación de la Metodología del Lean Construction era de 77.04%, el cual estaba por debajo de lo óptimo para considerar que el proyecto tenía un buen desempeño, posterior a la aplicación de la Metodología en el proyecto, se obtuvo un SPI del 100.09%, con lo cual se pudo identificar un incremento del Índice de Desempeño del cronograma del 23.05%, estos resultados concuerdan con lo mencionado por Flores (2016), el cual expresó un incremento en el indicador SPI del 12.14% al finalizar el proyecto de construcción del estadio de la UNA en Puno, esto mediante la aplicación del Lean Construction y sus herramientas. Además, se comprobó que los resultados demostrados están alineados y coherentes con la teoría del LC.

*El resultado obtenido referente al Objetivo específico 3*, es la mejora del Índice de Desempeño del Costo. Inicialmente este era del 58%, el cual representaba pérdidas significativas en la empresa, ya que en las primeras valorizaciones no se facturaba lo proyectado y generaba falsas expectativas a la gerencia, después de la aplicación del LC, el CPI fue del 99%, lo cual representó una variación del 41%, esto significó que en las posteriores valorizaciones, se empezara a facturar de acuerdo al avance del proyecto, generando así una mejor rentabilidad y liquidez en la empresa, dichos resultados concuerdan con lo mencionado por el autor Flores (2016), el cual expresó que en la ejecución del proyecto de construcción del estadio de la UNA obtuvo un buen desempeño del Índice del costo al aplicar el Lean Construction. Además, se comprobó que los resultados demostrados esta alineados y coherentes con la teoría del LC.

*El resultado obtenido referente al Objetivo general* es la mejora en la gestión de proyectos de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas. Esto se basa en la aplicación de la Metodología del Lean Construction en las etapas de la gestión de proyectos. La aplicación del LC genera una mejora en la planificación del proyecto, consiguiendo obtener una mejor proyección de actividades a realizarse con tiempos reales a largo y corto plazo, aquí se encuentra el Plan Maestro, Lookahead y el Plan de trabajo Semanal. También se establecen mejoras en la Ejecución mediante el LC, con la integración del personal, el cual mediante la colaboración y trabajo en equipo logran obtener resultados positivos a lo largo del proceso de construcción, se disminuyen tiempos y actividades que no generan valor. En la etapa de Supervisión y control, es en donde se procede a realizar el seguimiento de los indicadores SV, SPI y CPI, y se realiza el control semanal de los mismos, luego de la mejora se logra tomar el control del proyecto. Y por último en la Etapa



de Cierre tras la implementación de la Metodología, se logra realizar un balance de este. En el cual se analiza el desempeño global del proyecto si se obtuvieron o no resultados buenos resultados.

## 5.2. Conclusiones

**Primero:** Al no utilizar la metodología del Lean Construction en las obras de Líneas de Transmisión subterráneas, no se podrá identificar las mudas que se generan en las actividades que conlleva la ejecución del proyecto.

**Segundo:** Mediante la aplicación de la Metodología del Lean Construction se logró mejorar el indicador de Desempeño del Cronograma de 3.69% a 1.97%, lo cual implica una mejora del 5.67%.

**Tercero:** Se logró obtener la variación del Índice de desempeño del cronograma - SPI de 77.04% a 100.09%.

**Cuarto:** Después de la aplicación de la Metodología Lean Construction, se obtuvo una mejora en el Índice de desempeño del costo - CPI de 58% a 99%, incrementando así en un 41% en su desempeño con respecto a las valorizaciones entregadas del proyecto.

**Quinto:** Con la aplicación de la Metodología Lean Construction en la gestión de proyectos de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas, se logran resultados significativos en las 4 etapas del proyecto: Planificación, ejecución, supervisión y control, y cierre; mejorando así cada etapa del proceso constructivo.

### 5.3. Recomendaciones

**Primero:** Se recomienda a la jefatura del área de obras de líneas de transmisión, solicitar implementar herramientas de la metodología Lean Construction a todo el personal Staff de obras, para que se sigan identificando mejoras y eliminando desperdicios en los procesos de la gestión de los proyectos a realizarse, debido a que cada uno de ellos tiene una realidad diferente.

**Segundo:** Se recomienda a la jefatura de obras de líneas de transmisión, solicitar el análisis de los indicadores SV, SPI y CPI de manera mensual a todos los proyectos ejecutados.

**Tercero:** Se recomienda a la gerencia, la constante capacitación de la Metodología Lean Construction para el área de Obras de Líneas de Transmisión y Subestaciones, debido a que cuentan con un proceso productivo similar.

**Cuarto:** Se recomienda a la jefatura de obras de líneas de transmisión, la constante verificación de las actividades in situ y del control de los indicadores, para la toma de decisiones ante las restricciones que impidan lograr un buen desempeño y cumplimiento.

**Quinto:** Se recomienda a la gerencia, registrar y difundir las metas alcanzadas. Y así promover la mejora continua en los nuevos miembros que se incorporen. También comparar los resultados obtenidos con otros frentes de trabajo y otros proyectos a fin de tener finalmente una curva de aprendizaje durante el tiempo.

## REFERENCIAS

- Alarcón, L. (2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. *Revista de Obras Públicas. Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos.*, 35-44.
- Arevalo, S. (2018). Implementación de la Metodología Lean Construction en la productividad de la construcción del proyecto casa club recrea las Magnolias-Breña. *(Tesis para optar el grado de Maestro en Gerencia de Proyectos de Ingeniería)*. Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.
- Botero, L., & Alvarez, M. (2005). *Last planner, un avance en lamplanificación y control de proyectos de construcción*. Obtenido de Ingeniería y Desarrollo.
- Consuegra, J. (2019). *Herramientas para Lean Construction*. Obtenido de <https://retokommerling.com/herramientas-para-lean-construction/>
- Corredor, G., & Rojano, A. (2009). Lean Construction aplicada a proyectos de construcción de edificaciones de vivienda unifamiliar. *(Monografía para optar por el título de Especialista en Gerencia e Interventoría de Obras Civiles)*. Universidad Pontificia Bolivaria, Bucamarga, Colombia,.
- De la Vega, H., Palomino, J., Gutiérrez, H., & Salcedo, E. (2018). Mejora de la productividad implementando el sistema Lean Construction en la ejecución de obras por administración directa de infraestructuras educativas públicas. *(Trabajo de investigación para optar por el grado académico de Maestro en Dirección de la Construcción)*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Cusco, Perú.
- Filosofialeanconstruction. (2018). *Filosofialeanconstruction*. Obtenido de <https://filosofialeanconstruction.wordpress.com/>

- Flores, D. (2016). Aplicación de la Filosofía Lean Construction en la planificación, programación, ejecución y control de la construcción del estadio de la UNA - Puno. (*Tesis para optar por el título de arquitecto*). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- García, O. (2012). Aplicación de la metodología Lean Construction en la vivienda de interes social. (*Tesis para especialización en gerencia de proyectos*). Universidad EAN, Bogotá, Colombia.
- Gomez, J., Mendoza, D., & Perez, J. (2015). Aplicación de Lean Construction para la ejecución de un proyecto de vivienda. Caso Practico "Edificio Maurtua III". (*Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil*). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. EE.UU: Standford University.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System*. Japón.
- Orihuela, P. (2008). *Aplicación de la teoría de restricciones a un proceso constructivo*. Boletín N°01,12.
- Ramos, M., Rios, D., & Rodriguez, H. (2014). Mejoramiento de la planificación utilizando Lean Construction en el proyecto de remodelación Clínica del Parque. (*Tesis de grado para Maestria en Dirección de la Construcción*). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Rueda, F. (2015). *Indicadores de desempeño en la gestión de proyectos un analisis del estado del arte basado en las publicaciones científicas actuales*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Sanchez, C. (2018). Aplicación de la filosofía Lean Construction en la construcción de un hospital en la ciudad de Tacna. *(Tesis para optar por el Título Profesional de Ingeniero Civil)*.

Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú.

Suárez, M. (2017). Analizar, evaluar e implementar mejoras a la producción del sub departamento de infraestructura y proyectos del servicio nacional de aduanas aplicando Metodología Lean Cosntruction. *(Tesis para optar por el título de Constructor Civil)*. Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaiso, Chile.

Tunque, I. (2018). Filosofía Lean Construction aplicada a la mejora de la productividad de la construcción del edificio multifamiliar en la ciudad de Lima. *(Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil)*. Universidad Nacional Federico Villareal, Lima, Perú.

Valencia, J. (2018). Aplicación de Lean Construction al sector de la infraestructura vial en Colombia. *(Monografía como opción de grado al título de especialista en Gerencia de Empresas Constructoras)*. Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia.

Villamizar, D., & Ortiz, L. (2016). Implementación de los principios de Lean Construction en la constructora Colproyectos S.A.S de un proyecto de vivienda en el municipio de Villa Rosario. *(Título de especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos)*. Universidad Industrial de Santander, Bucamarga, Colombia.

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de consistencia – Coherencia

**Título:** Aplicación del Lean Construction en la gestión de proyectos de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas.

**Autor:** Luz Vanessa Lizana Gonzales

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>VARIABLES</b>
<b>General</b>	<b>General</b>	
¿Cuáles son los resultados de la aplicación del Lean Construction en la gestión de proyectos de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas?	Determinar los resultados de la aplicación del Lean Construction en la gestión de proyectos de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas.	<b>Variable (X)</b> Aplicación del Lean Construction.  <b>Variable (Y)</b> Gestión de proyectos.
<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>	
¿Cuáles son los resultados de la aplicación del Lean Construction en la Variación del Cronograma de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas?	Determinar los resultados de la aplicación del Lean Construction en la Variación del Cronograma de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas.	<b>Variable (X<sub>1</sub>)</b> Aplicación del Lean Construction.  <b>Variable (Y<sub>1</sub>)</b> SV (Variación del cronograma.)
¿Cuáles son los resultados de la aplicación del Lean Construction en el SPI de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas?	Determinar los resultados de la aplicación del Lean Construction en el SPI de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas.	<b>Variable (X<sub>2</sub>)</b> Aplicación del Lean Construction.  <b>Variable (Y<sub>2</sub>)</b> SPI (Índice de desempeño de cronograma.)
¿Cuáles son los resultados de la aplicación del Lean Construction en el CPI de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas?	Determinar los resultados de la aplicación del Lean Construction en el CPI de obras de líneas de transmisión subterráneas electromecánicas.	<b>Variable (X<sub>3</sub>)</b> Aplicación del Lean Construction.  <b>Variable (Y<sub>3</sub>)</b> CPI (Índice de desempeño de costo.).

**Anexo 2:**  
PROGRAMA DE  
IMPLEMENTACIÓN DEL LEAN CONSTRUCTION EN OBRAS DE LÍNEAS DE  
TRANSMISIÓN SUBTERRÁNEAS Pág. (105-115)



# PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DEL LEAN CONSTRUCTION EN OBRAS DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN SUBTERRÁNEAS



AUTOR:  
LUZ LIZANA  
GONZALES

## 1. Presentación

El programa de IMPLEMENTACIÓN DEL LEAN CONSTRUCTION EN OBRAS DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN SUBTERRÁNEAS, propone ejecutar y controlar la producción en un proyecto en particular. Y de esta forma demostrar que las herramientas busquen generar valor a las actividades, fases y etapas de los proyectos de construcción.

El Lean Construction aporta mediante la creación de procesos optimizados y utilizando un menor número de recursos la satisfacción del cliente en base a los siguientes principios: el cliente es el centro del proceso, evaluación y mejora constante, flujo continuo, generación de valor, detección de problemas y proceso colaborativo. La gestión de proyectos es un proceso en el cual se planifica, dirige y controla el desarrollo la obra con un costo mínimo y dentro de un período de tiempo determinado. Esto hace visible la necesidad de realizar una adecuada gestión, que eviten demoras en la finalización de la obra o aumentos excesivos en el costo final de la misma.

En base a las etapas de la mejora continua “Ciclo PHVA”, que significa: Planificar, hacer, verificar y actuar, se procede a implementar el Lean Construction. esto influye positivamente en los niveles de la Calidad de los servicios que perciben los clientes de las empresas. (Alarcón, 2017, pág. 12).

Al finalizar la implementación de este programa podremos evaluar los resultados en base a los indicadores de gestión.

## 2. Marco Normativo Legal

Al implementar el programa se debe cumplir con las disposiciones técnicas y legales del subsector electricidad referidas a la seguridad y riesgos eléctricos, de acuerdo a lo previsto en el literal e) del artículo 5° de la Ley 28151, también se debe cumplir con la Ley No. 26734; Ley del Organismo supervisor de la Inversión en Energía y el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo de las Actividades Eléctricas, aprobado mediante Resolución Ministerial N° 161-2007- MEM/DM, y sus modificatorias o actualizaciones.

### **3. Justificación del Programa**

- El programa “Implementación del Lean Construction en la gestión de proyectos de construcción”, es importante porque permitió la ejecución de la Línea de Transmisión en el distrito de Pachacamac y esto beneficia a los pobladores de la zona.
- El programa es importante, debido a que con los pasos establecidos se puede llevar a cabo una implementación con el orden correspondiente y lograr resultados óptimos.
- La aplicación de este programa es importante porque nos permite optimizar tiempos en los procesos constructivos, y reducir sobrecostos.

### **4. Alcance del Programa**

El presente programa de implementación de LC en la gestión de proyectos de obras de líneas de transmisión tiene como alcance la jurisdicción del distrito de Pachacamac, dicha implementación se realizó en el periodo de julio del 2020 a enero del 2021.

### **5. Objetivos del Programa**

- Describir los lineamientos de la planificación, ejecución, verificación y acción de la implementación de la Metodología “Lean Construction”, en obras de líneas de transmisión Subterráneas Electromecánicas.
- Describir los procedimientos de ejecución de las herramientas de la Metodología “Lean Construction”-
- Elaborar una matriz de ejecución de las herramientas de la Metodología “Lean Construction”.
- Describir los resultados a obtener al realizar la implementación de la Metodología Lean Construction en un proyecto.

## 6. Planificación

### Lineamiento de la planificación, ejecución, verificación y acción de la implementación de la Metodología Lean Construction en obras de líneas de transmisión subterráneas.

El programa está elaborado según el modelo de mejora continua PHVA, y se clasifica e implementa de la siguiente manera.

<p><b>1) Planificación – (Plan)</b></p>	<p><b>Planificación de la Metodología.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Presentación del cronograma base de obra</li> <li>b) Identificación de los indicadores previos a la implementación del proyecto</li> </ul>
<p><b>2) Ejecución – (Hacer)</b></p>	<p><b>Implementación de la Metodología.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Sectorización del proceso constructivo.</li> <li>b) Trenes de trabajo.</li> <li>c) Planificación maestra de producción.</li> <li>d) Lookahead.</li> <li>e) Planificación semanal de trabajo.</li> <li>f) Informe semanal y diario.</li> </ul>
<p><b>3) Evaluación y Ajustes (Verificar y Actuar)</b></p>	<p><b>Indicadores de verificación y acción del proceso de ejecución de la Metodología.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Verificación del cumplimiento de los objetivos en las reuniones semanales.</li> <li>b) Evaluación de indicadores de gestión SV, SPI y CPI.</li> </ul>

El programa de implementación de Lean Construction, está diseñado para ser aplicado en los procesos productivos de las obras de líneas de transmisión subterráneas.

Con su aplicación se espera mejorar en los indicadores de gestión, tales como el SV (variación del cronograma), SPI (índice de desempeño del cronograma) y el CPI (Índice de desempeño del costo del proyecto). Teniendo en cuenta los desperdicios que se generan en el proceso constructivo del proyecto, tales como defectos, sobreproducción, retraso, talento humano no usado, transportes, exceso de movimientos y sobre inventarios.

Para ello se han establecido algunas actividades necesarias para el logro del cumplimiento de los objetivos del programa de implementación del LC, cómo son las reuniones previas a la aplicación.

## 7. Matriz de Ejecución

A continuación, se muestra la matriz de ejecución de la Implementación de la Metodología Lean Construction en el Proyecto realizado en el distrito de Pachacamac.

**Tabla 1**

*Matriz de ejecución de sesiones de la implementación de Lean Construction*

SESIONES	Contenido	Fecha/Tiempo	Instrumentos
<b>Sesión 1:</b> Conociendo el programa de implementación de Lean construction en obra. *Presentación y análisis de sectorización del proceso constructivo. *Presentación y análisis de trenes de trabajo del proceso constructivo.	a) Introducción.	<b>Día:</b> Lunes 22 de junio <b>Hora:</b> 18:00 pm <b>Duración:</b> 1 hora	* Proyector
	b) Objetivo del programa.		*Laptop
	c) Presentación del avance de la aplicación de las herramientas.		*Programa excel. Power point
	d) Propuestas de mejora		*Pizarra
	e) Corrección y cierre de la información.		*Impresora  *Hojas Bond
<b>Sesión 2:</b>  *Presentación y análisis del manual de proceso constructivo de obra.  *Revisión de la planificación maestra de producción *Revisión de la planificación lookahead *Realizar la planificación semanal *Revisión del formato de informe semanal y diario.	a) Presentación de las herramientas.	<b>Día:</b> Lunes 29 de junio <b>Hora:</b> 18:00 pm <b>Duración:</b> 1 hora	* Proyector
	b) Análisis de los formatos elaborados para el seguimiento de las herramientas.		*Laptop
	c) Identificación de mejoras en los formatos.		*Programa excel. Power point
	d) Corrección y cierre de la información.		*Pizarra
			*Impresora
			*Hojas Bond  *Plumones

*Nota:* Programación de actividades

**Tabla 1**

*Matriz de ejecución de sesiones de la implementación de Lean Construction - Continuación*

SESIONES	Contenido	Fecha/Tiempo	Instrumentos
<b>Sesión 3:</b>			
*Presentación de las herramientas corregidas.	a) Introducción.	<b>Día:</b> Lunes 6 de julio <b>Hora:</b> 18:00 pm <b>Duración:</b> 1 hora	* Proyector
	b) Objetivos.		*Laptop
*Coordinación de las reuniones semanales para el control y seguimiento de la implementación.	c) Análisis de restricciones de las tareas para inicio de obra.		*Programa excel. Power point
			*Pizarra
			*Impresora
			*Hojas Bond
			*Plumones
<b>Sesión 4:</b>			
*Primera reunión semanal y análisis de restricciones.	a) Análisis de metas o observaciones alcanzadas por parte del cliente.	<b>Día:</b> Lunes 13 de julio <b>Hora:</b> 18:00 pm <b>Duración:</b> 1 hora	*Laptop
	b) Levantamiento de observaciones.		*Programa excel
	c) Análisis de restricciones y toma de decisiones		*Pizarra
			*Posit
			*Plumones
<b>Sesión 5:</b>			
*Segunda reunión semanal y análisis de restricciones.	a) Análisis de metas o observaciones alcanzadas por parte del cliente.	<b>Día:</b> Lunes 20 de julio <b>Hora:</b> 18:00 pm <b>Duración:</b> 1 hora	*Laptop
	b) Levantamiento de observaciones.		*Programa excel
	c) Análisis de restricciones y toma de decisiones		*Pizarra
			*Posit

*Nota:* Programación de actividades

Luego de haber realizado las 5 sesiones se procede a programar las reuniones semanales después de la jornada de trabajo, en el que los encargados de la implementación se reunirán para analizar las restricciones del proyecto y proponer acciones de mejora y organización para las actividades que se realizarán durante la semana ya sea organización de cuadrillas, asignación de recursos y darles solución a puntos críticos observados por el cliente.

Esto se llevará a cabo todos los lunes a la misma hora hasta finalizar el proyecto.

### 8. Evaluación y Acción

Los indicadores de evaluación y acción que se medirán antes y después de la implementación son:

VARIABLES A EVALUAR	INDICADOR
Variación del Cronograma - SV	$SV = \text{Valor Ganado} - \text{Valor planificado}$
Índice de Variación del Cronograma - SPI	$SPI = \text{Valor Ganado} / \text{Valor Planificado} \times 100\%$
Índice de Variación del costo - CPI	$CPI = (\text{Costo Presupuestado}) / (\text{Costo Cobrado}) \times 100\%$

### 9. Presupuesto

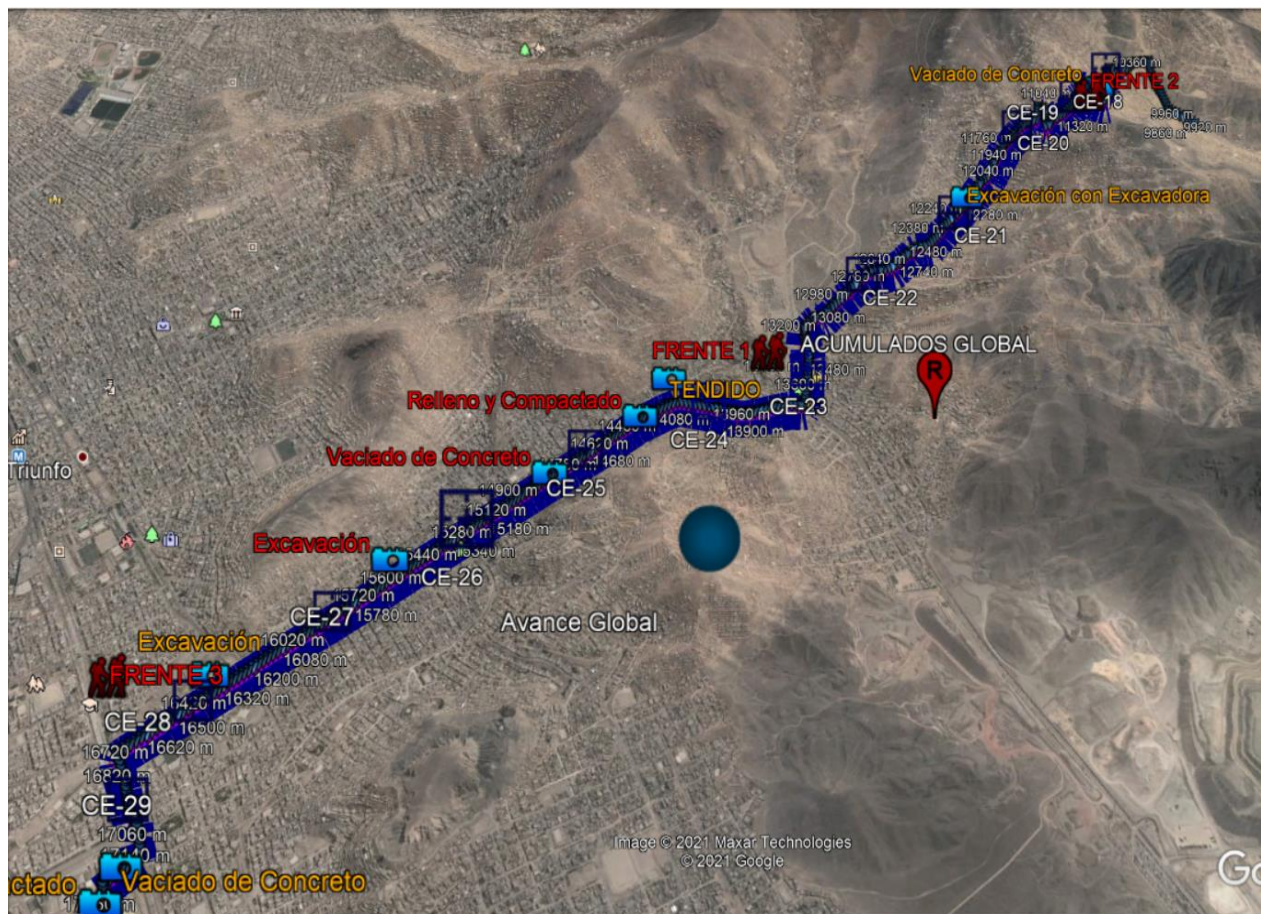
El costo de implementación es de S/650.00 por las 5 sesiones, cuyo presupuesto está siendo asumido por la empresa, esta incluido el costo por hora de los participantes, materiales, energía y depreciación de los equipos utilizados.

## 10. Anexos

### Anexo 1 del programa: Diagrama de sectorización

FRENTE 1 (12+945-15+876)	FRENTE 2 (10+597-12+945)	FRENTE 3 (15+876-17+570)
<b>ACTIVIDADES</b> Excavación. Instalación de Tuberías. Vaciado de Concreto. Relleno y compactado. Reposición de pavimento.	<b>ACTIVIDADES</b> Excavación. Instalación de Tuberías. Vaciado de Concreto. Relleno y compactado.	<b>ACTIVIDADES</b> Excavación. Instalación de Tuberías. Vaciado de Concreto. Relleno y compactado. Reposición de pavimento.

### Anexo 2 del programa: Frentes de trabajo






**Anexo 3 del programa: Formato de Planificación De Lookahea**

		INICIAL					SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	
		UND	Metrado (M)	Peso Propio	A (1/M)	FECHA		06/07/20	13/07/20	20/07/20	27/07/20
						INICIAL	FINAL	12/07/20	19/07/20	26/07/20	02/08/20
LINEA SUBTERRANEA SET PACHACUTEC CE-27 (15+873) A (13+240)				100%		1/01/1900	28/01/2021	1%	2%	7%	11%
								1%	2%	4%	6%
	TRABAJOS CIVILES	6,972.82	1.00	87%		1/01/1900	31/12/2020	0.00	0.02	0.04	0.04
								0.0019	0.01	0.02	0.02
	BANCO DUCTO	6,972.82		83%			100%	0.00	0.01	0.04	0.04
								0.00	0.01	0.016	0.02
BD	Banco Ducto I CE-22 (12+945.60) Hacia F CE-27 (15+876.50)	M	2,930.90	42%		11/07/2020	31/12/2020	0.01	0.04	0.04	0.04
								0.01	0.04	0.04	0.06
	Excavacion de zanja	M	2,930.90	60%	0.00	11/07/2020	24/12/2020	35.01	122.52	122.52	122.52
								26.00	134.00	139.85	204.00
	Entibado de zanja	M	2,930.90	5%	0.00	13/07/2020	25/12/2020	0.00	123.26	123.26	123.26
								14.74	128.00	133.00	163.00
	Colocación de Tubos Para Cables	M	2,930.90	5%	0.00	14/07/2020	26/12/2020	0.00	105.65	123.26	123.26
									96.00	166.00	156.00
	Concretado 100 kg/cm2	M	2,930.90	20%	0.00	15/07/2020	28/12/2020	0.00	87.51	122.52	122.52
									69.50	125.65	127.90
Relleno, compactado con Material de Planta	M	2,930.90	10%	0.00	18/07/2020	31/12/2020	0.00	35.01	122.52	122.52	
								0.00	63.00	200.00	
Reposición de pavimento	M	2,930.90	0%								

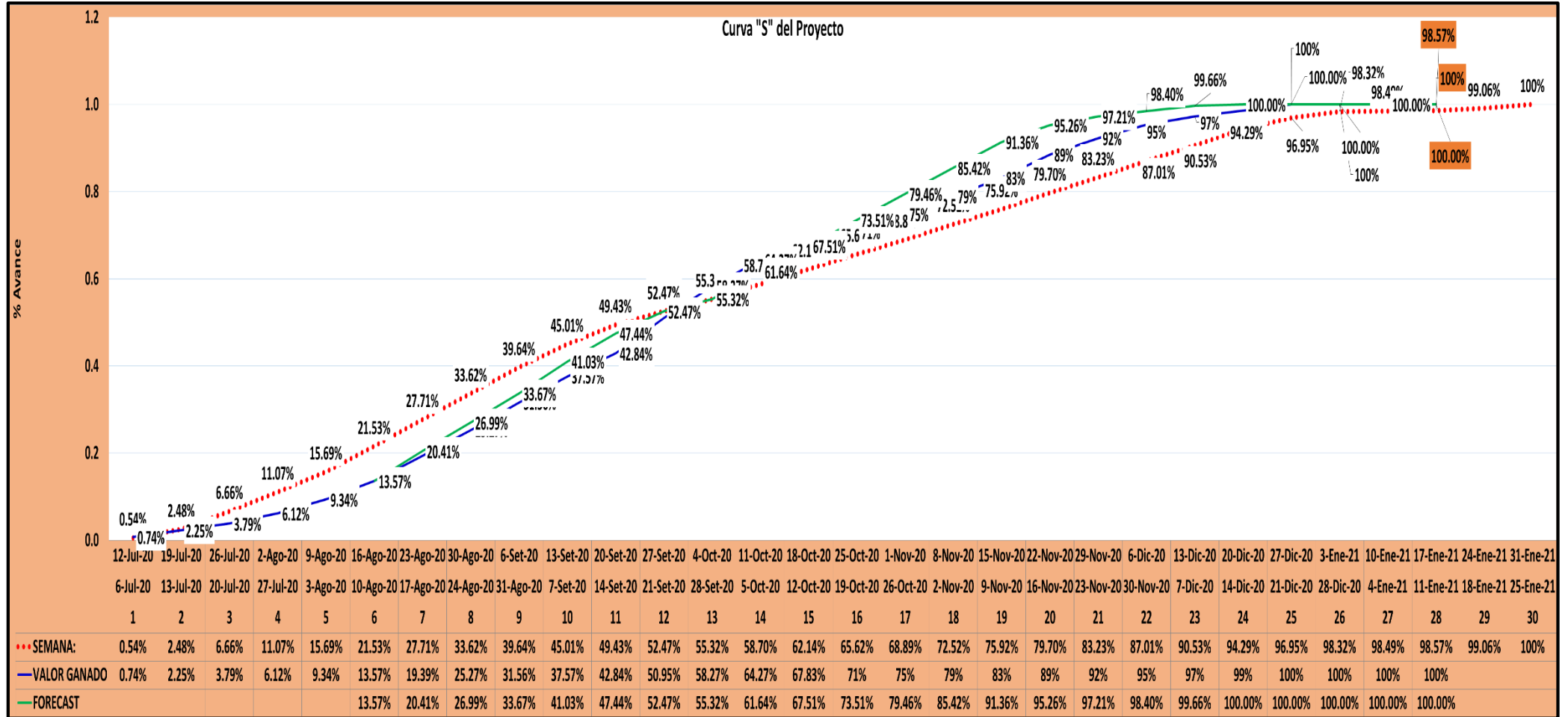
**Anexo 4 del programa: Formato de Plan de Trabajo Semanal**

				SEMANA 05							TOTAL ACUMULADO A LA SEM 05	RESTANTE A LA SEM 06	
				3/08/2020	4/08/2020	5/08/2020	6/08/2020	7/08/2020	8/08/2020	9/08/2020			
Actividad	Metrado	Unidad	Fecha Fin										
<b>LÍNEA 220KV</b>													
<b>FRENTE 1: Banco Ducto CE-27 (15+890) Hacia Cota (12+930)</b>			2960										
1	Excavación Programada	2960	ml	11-Jul	20	20	20	20	20	20		525	2,435
	Excavación Ejecutado				20	30	35	31	35			655	2,305
2	Entibado Programada	2960	ml	13-Jul	21	21	21	21	21	21		493	2,467
	Entibado Ejecutado				40	29	31	25	44	30		637	2,323
3	Entubado Programada	2960	ml	14-Jul	21	21	21	21	21	21		475	2,485
	Entubado Ejecutado				48	24	24	0	12			526	2,434
4	Concretado Programada	2960	ml	15-Jul	20	20	20	20	20	20		455	2,505
	Concretado Ejecutado				31	51	0	42	62			509	2,451
5	Relleno Programado	2960	ml	16-Jul	20	20	20	20	20	20		403	2,557
	Relleno Ejecutado				28	35	0	50	40			416	2,544
	Reposición											-	2,960
<b>FRENTE 2: BANCO DUCTO V-161 (12+930) HACIA (10+597.18)</b>			2332.82										
1	Excavación Programada	2332.82	ml	8-Jul	17	17	17	17	17	17		336	1,997
	Excavación Ejecutado				38	50	15		10	10		144	2,189
2	Entibado Programada	2332.82	ml	8-Jul	17	17	17	17	17	17		308	2,025
	Entibado Ejecutado							10	33	15		58	2,275
3	Entubado Programada	2332.82	ml	8-Jul	17	17	17	17	17	17		292	2,041
	Entubado Ejecutado						13		24	24		61	2,272
4	Concretado Programada	2332.82	ml	8-Jul	17	17	17	17	17	17		277	2,056
	Concretado Ejecutado									35		35	2,298
5	Preparación de material Programada	2332.82	ml	8-Jul	17	17	17	17	17	17		263	2,070
	Preparación de material Ejecutado									0		-	2,333
6	Relleno Programado	2332.82	ml	8-Jul	17	17	17	17	17	17		248	2,085
	Relleno Ejecutado									0		-	2,333

Anexo 5 del programa: FORMATO DE INFORME SEMANAL

REPORTE SEMANAL							Nº: CODIGO CONTRATISTA										
							SST:										
Del 11 al 16 Ene-21 Semana 27							Pag : 1 / 3										
<b>1 DATOS DEL PROYECTO</b>																	
PROYECTO:			LINEAS DE TRANSMISIÓN SUBTERRÁNEAS DE 220 KV			CUENTE											
<b>2 PLAZOS</b>																	
Inicio de Proyecto	Plazo Cont.(Días)	Amp. de Plazo (Días)	Días Trnsl.	Días Rest	Termino Contractual	Termino Actual											
6-Jul-20	208		196	12	30-Ene-21												
<b>3 MONTOS SIN IGV</b>																	
Contractual	Adicionales	Monto Actualizado	Tipo de Contrato	Otros (Especificar)													
S/. 17,987,669.48			Precios Unitarios														
<b>4 RESULTADO DE LA SEMANA 1</b>																	
Nº	DESCRIPCION	LT220KV MANCHAY - PACHACUTEC			TOTAL	SV Variación Cronograma	SPI Desempeño Cronograma										
LINEAS DE TRANSMISIÓN SUBTERRÁNEAS AT - LGS		%															
A	TOTAL PROYECTO	Programado	98.57%			-1.43%	101.45%										
		Ejecutado	100.00%														
		Desfase	-1.43%														
		Reprogramado	100.00%														
FRENTE DE TRABAJO			FRENTE 1 - Av. 26 de Nov	FRENTE 2 - Cerro	FRENTE 3 - hacia SeT Pachacutec	ML PROGRAMADO	ML EJECUTADO										
A.1	EXCAVACIÓN DE ZANJAS	Plan	2606	2072	1694	6,274	6972.8										
	Eje	2931	2346	1694													
	Desfase	-323	-276	0													
A.2	INSTALACIÓN DE TUBERIAS	Plan	2571	2026	1694	6,293	6972.8										
	Eje	2931	2346	1694													
	Desfase	-360	-320	0													
A.3	VACIADO DE CONCRETO	Plan	2538	2013	1694	6,245	6972.8										
	Eje	2931	2346	1694													
	Desfase	-393	-335	0													
A.4	RELLENDO Y COMPACTADO	Plan	2485	1984	1694	6,463	6972.8										
	Eje	2931	2346	1694													
	Desfase	-446	-364	0													
A.5	REPOSICIÓN DE PAVIMENTO	Plan	1520		0	1,520	3089.5										
	Eje	2146		947													
	Desfase	-626		-947													
A.6	CAMARAS DE EMPALME	Plan	6	4	2												
	Eje	6	4	2													
	Desfase																
A.7	TENDIDO DE CABLES	Plan		12,00%													
	Eje			12,00%													
	Desfase																
<b>5 ASPECTOS CRÍTICOS</b>																	
NP	DESCRIPCIÓN Y CONSECUENCIAS	SOLICITUD A LGS															
1																	
2																	
<b>6 RECURSOS (Resumen Semanal)</b>																	
PERSONAL			EQUIPOS			OPERATIVOS			DIRECCION			PROVEEDORES			ACTIVIDADES		
Int. de tu		1	Cámara		2							UNICON		CONCRETO			
Residencia		2	Rebozadora									CONSORCIO CRC		AFIRMADO			
Asst. Residente			Cámara		1							CONSORCIO CRC		DEMDNTE			
Supervisores		1	Combi		2												
Seguridad		1	Colector														
Calidad		3	Excavadora														
Planificación			Minicargador														
Transporte			Tractor														
Capacitac.		6	Rodillo liso de 3.3 tn														
Operarios		5	Rodillo chupetero														
Oficinas			Vibrador pisoneados														
Ayudantes		10	Volquete														
Vigilantes		3	Estación total														
Almacenes		2	Planchas compactadoras														
Chofes		8															
Operador de rebozadora																	
TOTAL		20	TOTAL		5												
		Hores hombre		1500													
<b>7 ASPECTOS DE SEGURIDAD</b>																	
NP	INSPECCIONES PLANEADAS	CANTIDAD DE IPC															
1	Inspección Planeada N° 1 (detallar)	<b>2590</b>															
2	Inspección Planeada N° 2 (detallar)																

**Anexo 3: Curva S del proyecto de Línea de transmisión subterránea electromecánica del distrito de Pachacamac**



## Anexo 4: Registro fotográfico de ejecución de actividades en el proyecto

### CÁMARA 18



Fig. 1 Excavación con Maquinaria en Cámara 18



Fig. 2 Vaciado de concreto en Muros en Cámara 18



Fig. 3 Cámara de empalme N°18

### AVENIDA UNIÓN



Fig. 4 Riego en Av. Unión en el tramo de CE-18 a CE-19



Fig. 5 Excavación con maquinaria en Av. Unión



Fig. 6 Excavación de CE18 a CE19



Fig. 7 Vaciado de concreto



Fig. 8 Relleno y compactado de CE18 a CE19



Fig. 9 Prueba de densidad de campo de CE18 a CE19

## CÁMARA DE EMPALME N°19



Fig. 10 Excavación con maquinaria



Fig. 11 Vaciado de concreto en CE-19 (Solado)



Fig. 12 Vaciado de concreto en CE-19

## AVENIDA UNIÓN



Fig. 14 Excavación con maquinaria



Fig. 15 Encofrado de Tuberías



Fig. 16 Vaciado de concreto



Fig. 17 Inst. de Cinta de Seguridad

## CÁMARA 20



Fig. 18 Demolición de roca en CE-20



Fig. 19 Excavación con maquinaria en

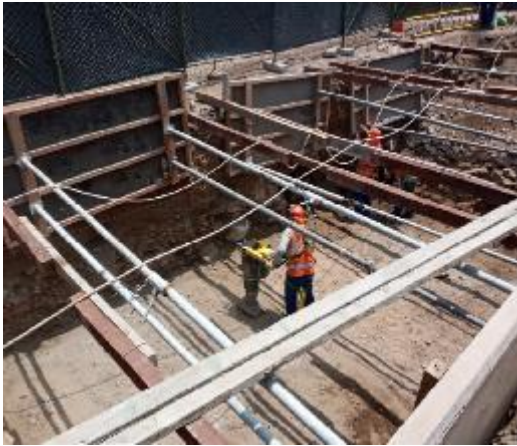


Fig. 20 Entibado y Nivelado en CE-20



Fig. 21 Vaciado de Concreto en CE-20



Fig. 22 Vaciado de Concreto en CE-20



Fig. 23 Vaciado de Concreto en CE-20

## AVENIDA UNIÓN



Fig. 24 Mejoramiento de Vía en tramo de CE-20 a CE-21



Fig. 25 Excavación con maquinaria de CE20 a CE21





Fig. 26 Encofrado de CE20 a CE-21



Fig. 27 Vaciado de concreto

## CÁMARA 21



Fig. 28 Excavación con maquinaria en CE-21



Fig. 29 Vaciado de concreto en CE-21

## Anexo 5: Registro fotográfico de implementación de la Metodología Lean Construction.

### *Reuniones semanales con el área de ingeniería*



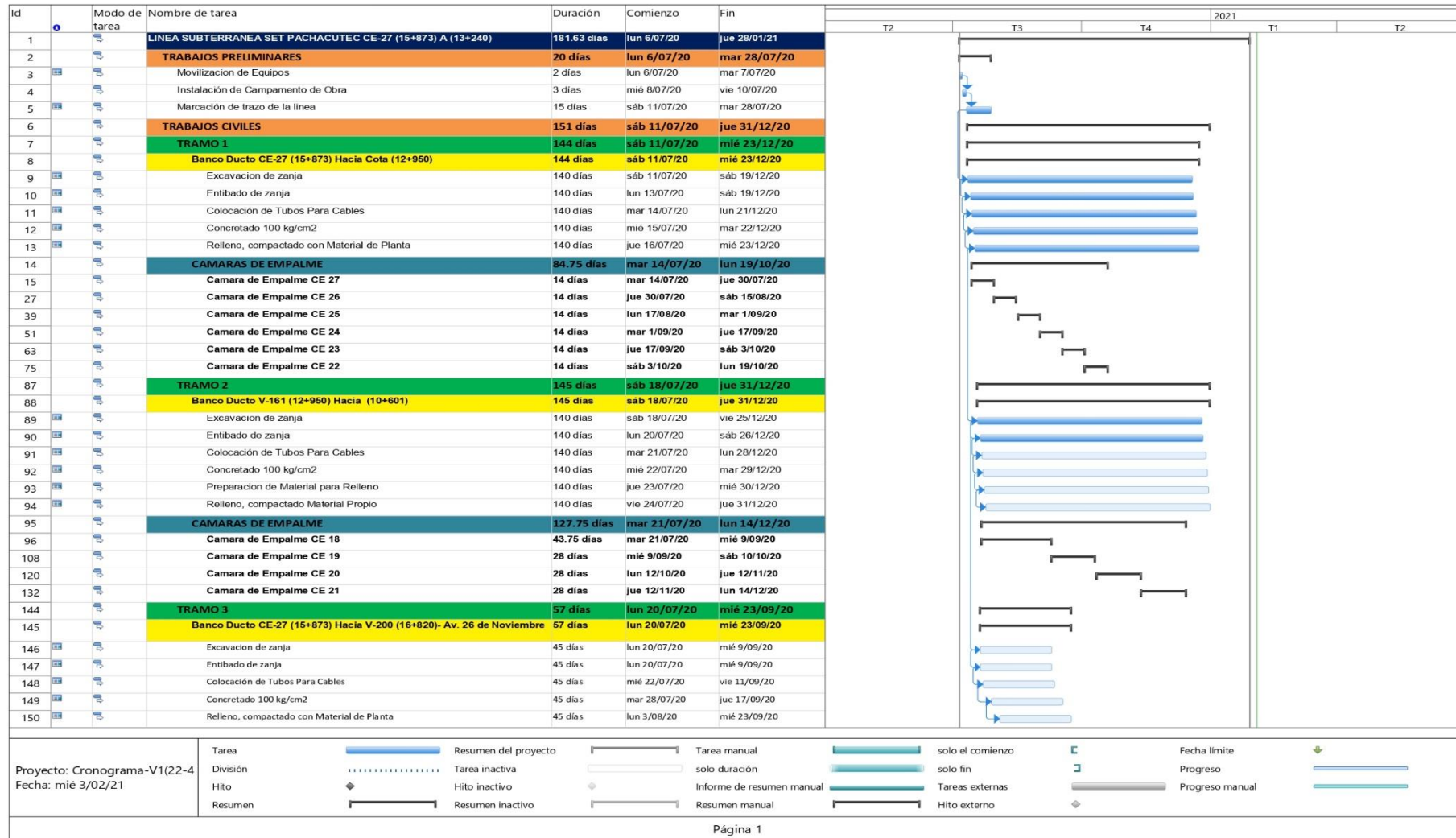
### *Capacitación al personal involucrado*

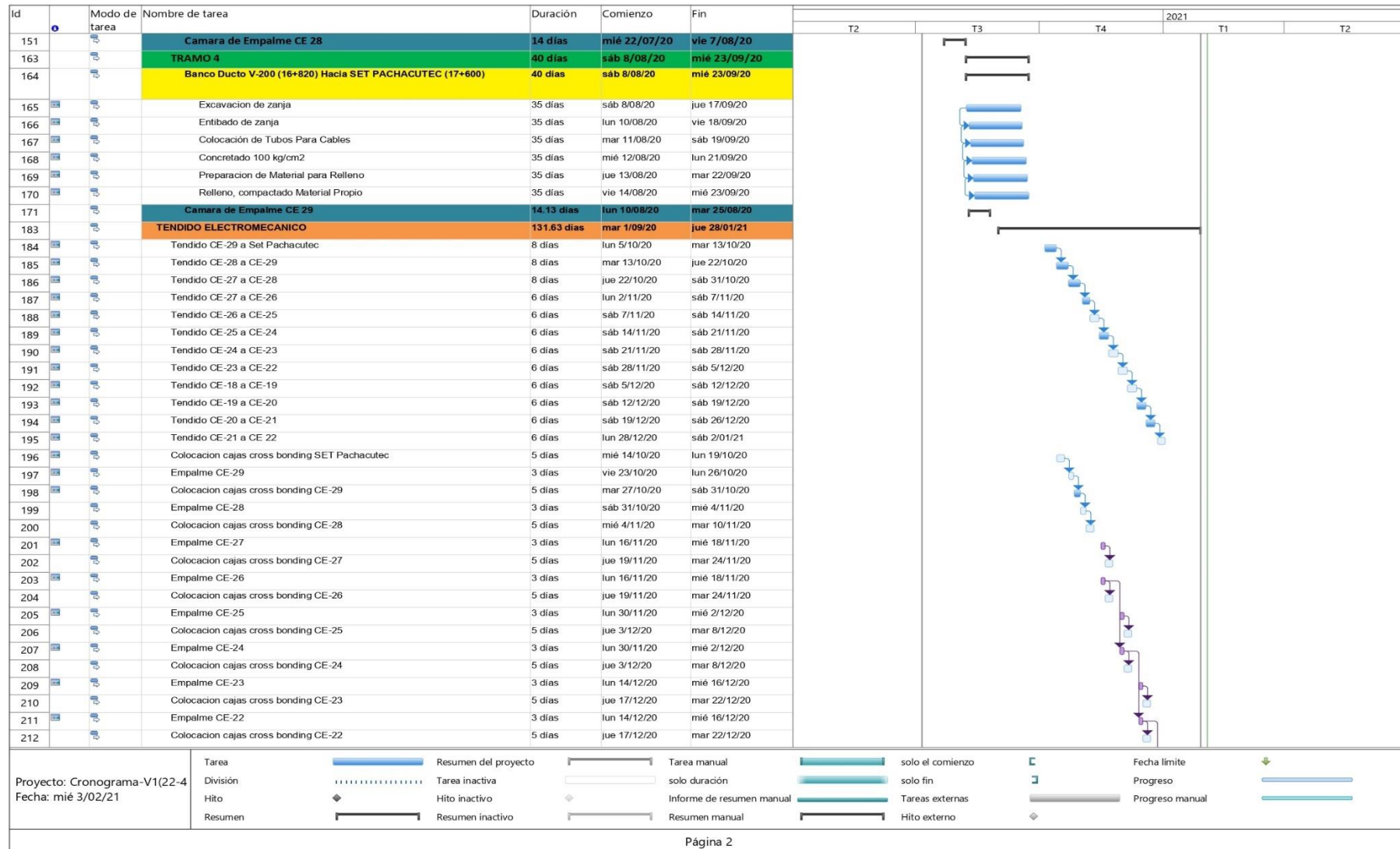

























Anexo 6: Cronograma base del proyecto.





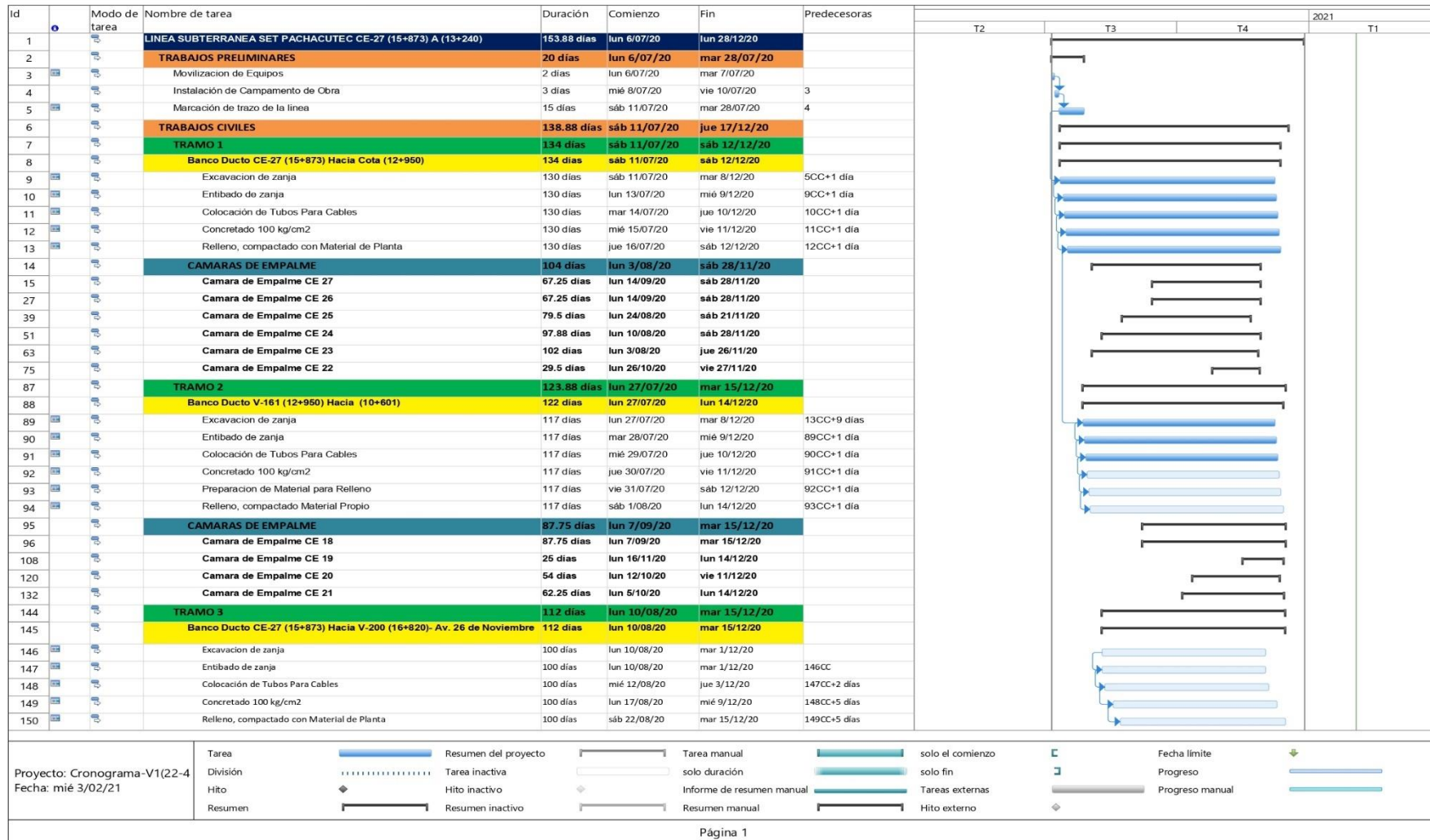
Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	2021					
						T2	T3	T4	T1	T2	
213		Empalme CE-18	3 días	lun 28/12/20	mié 30/12/20						
214		Colocacion cajas cross bonding CE-21	5 días	jue 31/12/20	mar 5/01/21						
215		Empalme CE-19	3 días	lun 28/12/20	mié 30/12/20						
216		Colocacion cajas cross bonding CE-20	5 días	jue 31/12/20	mar 5/01/21						
217		Empalme CE-20	3 días	lun 18/01/21	mié 20/01/21						
218		Colocacion cajas cross bonding CE-19	5 días	jue 21/01/21	mar 26/01/21						
219		Empalme CE-21	3 días	lun 18/01/21	mié 20/01/21						
220		Colocacion cajas cross bonding CE-18	5 días	jue 21/01/21	mar 26/01/21						
221		<b>Relleno CE</b>	<b>60.25 días</b>	<b>jue 19/11/20</b>	<b>mar 26/01/21</b>						
223		<b>Pruebas</b>	<b>131.63 días</b>	<b>mar 1/09/20</b>	<b>jue 28/01/21</b>						

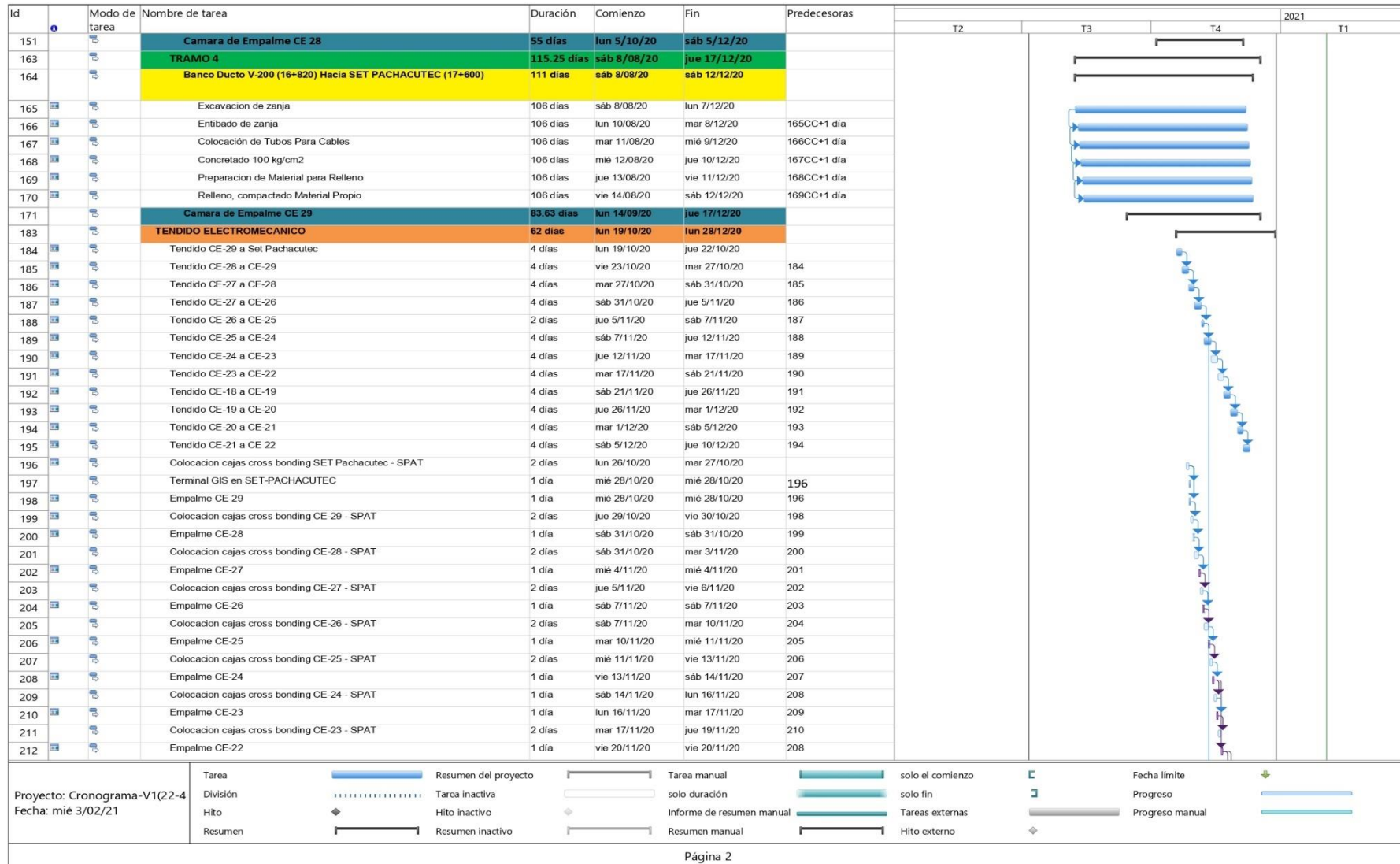
Proyecto: Cronograma-V1(22-4) Fecha: mié 3/02/21	Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha limite	
	División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
	Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
	Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo			

Página 3

### Anexo 7: Cronograma después de la implementación










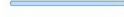















Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	2021				
							T2	T3	T4	T1	
213		Colocacion cajas cross bonding CE-22 - SPAT	2 días	sáb 21/11/20	lun 23/11/20	212					
214		Empalme CE-18	1 día	lun 23/11/20	mar 24/11/20	213					
215		Colocacion cajas cross bonding CE-21 - SPAT	2 días	mar 24/11/20	jue 26/11/20	214					
216		Empalme CE-19	1 día	vie 27/11/20	vie 27/11/20	212					
217		Colocacion cajas cross bonding CE-20 - SPAT	2 días	sáb 28/11/20	lun 30/11/20	216					
218		Empalme CE-20	1 día	sáb 28/11/20	sáb 28/11/20	216					
219		Colocacion cajas cross bonding CE-19 - SPAT	2 días	sáb 28/11/20	mar 1/12/20	218					
220		Empalme CE-21	1 día	mié 2/12/20	mié 2/12/20	216					
221		Colocacion cajas cross bonding CE-18 - SPAT	2 días	jue 3/12/20	vie 4/12/20	220					
222		<b>Reileno CE</b>	<b>40 días</b>	<b>sáb 7/11/20</b>	<b>mié 23/12/20</b>						
223		Agregado de Polvillo y Compactacion CE - SPAT	40 días	sáb 7/11/20	mié 23/12/20	188					
224		<b>Pruebas</b>	<b>1 día</b>	<b>sáb 26/12/20</b>	<b>lun 28/12/20</b>						
225		Pruebas Cable Subterráneo	1 día	sáb 26/12/20	lun 28/12/20	223FC+3 días					

Proyecto: Cronograma-V1(22-4) Fecha: mié 3/02/21	Tarea		Resumen del proyecto		Tarea manual		solo el comienzo		Fecha limite	
	División		Tarea inactiva		solo duración		solo fin		Progreso	
	Hito		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Tareas externas		Progreso manual	
	Resumen		Resumen inactivo		Resumen manual		Hito externo			
	Página 3									