

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**ESCUELA DE POSTGRADO**  
**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE**  
**LA CONSTRUCCIÓN**



**APLICACIÓN DE UN MANUAL DE IDENTIFICACIÓN DE**  
**RESTRICCIONES PARA OPTIMIZAR LA PROGRAMACIÓN DE OBRAS**  
**EN PROYECTOS CIVILES DE UNIDADES MINERAS, TACNA 2025**

**TESIS**

**Presentada por:**

**Bach. Luis Alfredo Guillen Pino**

**ORCID: 0009-0000-2330-9228**

**Asesor:**

**Dr. Samuel Huaquisto Cáceres**

**ORCID: 0000-0002-9294-6359**

**Para obtener el grado académico de:**  
**MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE**  
**LA CONSTRUCCIÓN**

**TACNA – PERÚ**

**2026**

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
ESCUELA DE POSTGRADO  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE LA  
CONSTRUCCIÓN

Tesis

“Aplicación De Un Manual De Identificación De Restricciones Para Optimizar La  
Programación De Obras En Proyectos Civiles De Unidades Mineras, Tacna 2025”

Presentada por:

Bach. Guillen Pino, Luis Alfredo

Tesis sustentada y aprobada el 12 de junio de 2026; ante el siguiente jurado  
examinador:

PRESIDENTE: Dr. Anibal Juan Espinoza Aranciaga

SECRETARIO: Mag. Humberto Vicente Dulanto Alfaro

VOCAL: Dr. Dennys Geovanni Calderón Paniagua

ASESOR: Dr. Samuel Huaquisto Cáceres

## **DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD**

Yo Luis Alfredo Guillen Pino, en calidad de: egresado de la MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN de la Escuela de Postgrado de la Universidad Privada de Tacna, identificado (a) con DNI 72411760

Soy autor (a) de la tesis titulada:

APLICACIÓN DE UN MANUAL DE IDENTIFICACIÓN DE RESTRICCIONES PARA OPTIMIZAR LA PROGRAMACIÓN DE OBRAS EN PROYECTOS CIVILES DE UNIDADES MINERAS, TACNA 2025, con asesor: Dr. Samuel Huaquisto Cáceres.

### **DECLARO BAJO JURAMENTO**

Ser el único autor del texto entregado para obtener el grado académico de Maestro, y que tal texto no ha sido entregado ni total ni parcialmente para obtención de un grado académico en ninguna otra universidad o instituto, ni ha sido publicado anteriormente para cualquier otro fin.

Así mismo, declaro no haber trasgredido ninguna norma universitaria con respecto al plagio ni a las leyes establecidas que protegen la propiedad intelectual.

Declaro, que después de la revisión de la tesis con el software Turnitin se declara 03% de similitud, además que el archivo entregado en formato PDF corresponde exactamente al texto digital que presento junto al mismo.

Por último, declaro que para la recopilación de datos se ha solicitado la autorización respectiva a la empresa u organización, evidenciándose que la información presentada es real y soy conocedor (a) de las sanciones penales en caso de infringir las leyes del plagio y de falsa declaración, y que firmo la presente con pleno uso de mis facultades y asumiendo todas las responsabilidades de ella derivada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Lugar y fecha: Tacna, 12 de junio del 2026

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'G' followed by a smaller 'P' and a horizontal line.

Nombres y apellidos: Luis Alfredo Guillen Pino

DNI: 72411760

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mis padres, Olga y Huber, por su amor incondicional, su apoyo constante y su guía permanente a lo largo de mi formación personal y profesional. Su esfuerzo y ejemplo han sido fundamentales para alcanzar este logro.

Asimismo, a mi familia, por su comprensión, motivación y respaldo incondicional durante todo este proceso académico, siendo pilares esenciales en la consecución de este objetivo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por guiar cada paso de mi vida y permitirme alcanzar esta meta.

A mis padres, Huber Guillén Ordoñez y Olga Pino Rosado, por su apoyo incondicional y confianza permanente.

Expreso mi agradecimiento a mi asesor, Dr. Samuel Huaquisto Cáceres, por su orientación académica durante el desarrollo de la investigación, así como a los docentes de la Escuela de Postgrado por sus valiosas enseñanzas.

Finalmente, agradezco a todas las personas que contribuyeron directa e indirectamente en la realización de este trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                                             |             |
|-------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>RESUMEN .....</b>                                        | <b>xiii</b> |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                       | <b>xiv</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>                                   | <b>15</b>   |
| <b>CAPÍTULO I: EL PROBLEMA .....</b>                        | <b>17</b>   |
| 1.1    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                      | 17          |
| 1.2    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....                        | 20          |
| 1.2.1 Problema principal.....                               | 20          |
| 1.2.2 Problemas secundarios.....                            | 20          |
| 2.3    JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....                      | 21          |
| 1.4    OBJETIVOS.....                                       | 22          |
| 1.4.1 Objetivo general .....                                | 22          |
| 1.4.2 Objetivos específicos .....                           | 22          |
| <b>CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL .....</b>                 | <b>24</b>   |
| 2.1    ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....                      | 24          |
| 2.2    NORMATIVA VIGENTE .....                              | 31          |
| •    Teoría de Restricciones (TOC).....                     | 31          |
| •    Guía del PMBOK® 6ta Edición .....                      | 33          |
| •    Last Planner System (LPS) – Lean Construction .....    | 34          |
| 2.3    DEFINICIÓN DE CONCEPTOS BÁSICOS.....                 | 36          |
| <b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL PROYECTO.....</b> | <b>41</b>   |
| 3.1    DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN APLICADA.....        | 41          |
| 3.1.1 Tipo de investigación.....                            | 41          |
| 3.1.2 Nivel de investigación.....                           | 41          |
| 3.1.3 Justificación del enfoque aplicado.....               | 42          |
| 3.2    DISEÑO DEL PROYECTO .....                            | 43          |
| 3.2.1 Etapas del proyecto.....                              | 43          |
| 3.2.2 Herramientas y/o software utilizado .....             | 45          |
| 3.3    EVALUACIÓN TÉCNICA Y FACTIBILIDAD .....              | 46          |
| 3.3.1 Análisis de Restricciones .....                       | 46          |
| 3.3.2 Modelado estructural .....                            | 48          |

|                                                        |                                                                                                                                             |            |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.4                                                    | PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN .....                                                                                                             | 52         |
| 3.4.1                                                  | Cronograma de actividades .....                                                                                                             | 52         |
| 3.4.2                                                  | Asignación de recursos .....                                                                                                                | 52         |
| 3.4.3                                                  | Costos y financiamiento.....                                                                                                                | 52         |
| <b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>        |                                                                                                                                             | <b>54</b>  |
| <b>4.1</b>                                             | <b>DESARROLLO DEL PROYECTO Y VALIDACIÓN DEL DISEÑO.....</b>                                                                                 | <b>54</b>  |
| 4.1.1                                                  | Diagnóstico de las principales restricciones que afectan la programación de obras de proyectos civiles en unidades mineras. ....            | 54         |
| 4.1.2.                                                 | Diseño de un manual de identificación y gestión de restricciones.....                                                                       | 90         |
| 4.1.3.                                                 | Aplicar el manual propuesto en un proyecto civil minero piloto para evaluar su eficacia en la optimización de la programación de obra. .... | 92         |
| 4.1.4.                                                 | Evaluación del impacto de la aplicación del manual de identificación de restricciones. ....                                                 | 105        |
| 4.2                                                    | LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y MEJORAS IDENTIFICADAS .....                                                                                      | 110        |
| 4.3                                                    | DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA Y SU IMPLEMENTACIÓN.....                                                                               | 111        |
| 4.4                                                    | EVALUACIÓN DE COSTOS, SOSTENIBILIDAD Y VIABILIDAD A LARGO PLAZO.....                                                                        | 113        |
| <b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b> |                                                                                                                                             | <b>115</b> |
| <b>5.1.</b>                                            | <b>CONCLUSIONES .....</b>                                                                                                                   | <b>115</b> |
| <b>5.2.</b>                                            | <b>RECOMENDACIONES .....</b>                                                                                                                | <b>116</b> |
| <b>REFERENCIAS.....</b>                                |                                                                                                                                             | <b>118</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Ejemplo de Matriz S.I.E.M.P.R.E para identificar restricciones de obras.<br>.....               | 55 |
| Tabla 2 Matriz de impacto ambiental de proyecto civil minero.....                                       | 51 |
| Tabla 3 Cronograma de actividades de ejecución de la investigación.....                                 | 52 |
| Tabla 4 Costos a precios reales de la ejecución de la investigación.....                                | 53 |
| Tabla 5 Matriz de identificación de restricciones generales en unidades mineras.....                    | 55 |
| Tabla 6 Reporte de programación y avance de la obra. ....                                               | 61 |
| Tabla 7 Partidas y subpartidas de la obra.....                                                          | 63 |
| Tabla 8 Programación de actividades correspondiente a Obras Preliminares.....                           | 64 |
| Tabla 9 Programación de actividades correspondiente a Pavimento asfaltico en<br>caliente. ....          | 64 |
| Tabla 10 Programación de actividades correspondiente a Drenajes. ....                                   | 65 |
| Tabla 11 Programación de actividades correspondiente a Obras de seguridad vial.<br>.....                | 66 |
| Tabla 12 Matriz S.I.E.M.P.R.E para identificar las restricciones de obras durante<br>la semana 07. .... | 66 |
| Tabla 13 Reporte de programación y avance de la obra. ....                                              | 71 |
| Tabla 14 Partidas y subpartidas de obra.....                                                            | 74 |
| Tabla 15 Programación de actividades correspondiente a Trabajos Preliminares.....                       | 75 |
| Tabla 16 Programación de actividades correspondiente a sistema de drenaje.....                          | 76 |
| Tabla 17 Programación de actividades correspondiente al sistema de riego. ....                          | 76 |
| Tabla 18 Programación de actividades correspondiente a mejoramiento de cancha.<br>.....                 | 77 |
| Tabla 19 Matriz S.I.E.M.P.R.E para identificar las restricciones de obras durante<br>la semana 06. .... | 76 |
| Tabla 20 Reporte de programación y avance de la obra. ....                                              | 82 |
| Tabla 21 Partidas y subpartidas de obra.....                                                            | 84 |
| Tabla 22 Programación de actividades correspondiente a obras civiles.....                               | 85 |
| Tabla 23 Programación de actividades correspondiente a estructura metálicas....                         | 87 |

|                                                                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 24 Programación de actividades correspondiente a obras eléctricas. ....                                                                                                                    | 87  |
| Tabla 25 Matriz S.I.E.M.P.R.E para identificar las restricciones de obras durante la semana 15. ....                                                                                             | 92  |
| Tabla 26 Reporte de programación y avance de la obra. ....                                                                                                                                       | 97  |
| Tabla 27 Matriz siempre específica del entregable de cerco perimétrico. ....                                                                                                                     | 98  |
| Tabla 28 Reporte de programación y avance de la obra. ....                                                                                                                                       | 100 |
| Tabla 29 Reporte de programación y avance de la obra. ....                                                                                                                                       | 102 |
| Tabla 30 Matriz siempre de saldo de partidas de la obra: Construcción de veredas peatonales, drenaje y cerco perimétrico en módulos de alojamiento de contratista de ing. planta Toquepala. .... | 103 |
| Tabla 31 Resumen comparativo de la aplicación del manual del proyecto 01 y proyecto 02. ....                                                                                                     | 110 |
| Tabla 32 Matriz de beneficios cuantitativos y cualitativos. ....                                                                                                                                 | 113 |
| Tabla 33 Resumen de costo y tiempo en función a la aplicación del manual de identificación de restricciones. ....                                                                                | 114 |
| Tabla 34 Matriz de inversión vs retorno de la implementación de un manual de restricciones. ....                                                                                                 | 114 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                            |                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Figura 1 Ciclo de vida de proyecto.....                                                                                                                                                                    | 49                           |
| Figura 2 Programación acumulada vs avance acumulado de la obra asfaltado via plaza Toquepala - Desamparados .....                                                                                          | 57                           |
| Figura 3 Curva S Asbuilt, de la ejecución de la obra asfaltado de vía Plaza Toquepala – Desamparados.....                                                                                                  | 63                           |
| Figura 4 Curva S, avance semana 7 de la obra asfaltado de vía Plaza Toquepala – Desamparados.....                                                                                                          | 65                           |
| Figura 5 Programación acumulada vs avance acumulado de la mejora de campo deportivo Toquepala.. .....                                                                                                      | 68                           |
| Figura 6 Curva S Asbuilt, Programado vs Ejecutado de la obra mejora de campo deportivo Toquepala.. .....                                                                                                   | 74                           |
| Figura 7 Curva S, avance semana 7 de la obra mejora de campo deportivo Toquepala. ....                                                                                                                     | 76                           |
| Figura 8 Programación acumulada vs avance acumulado de la obra mejora de la zona de almacenamiento central de residuos sólidos peligrosos.....                                                             | 79                           |
| Figura 9 Curva S Asbuilt, Programado vs Ejecutado de la obra mejora de almacén de residuos peligrosos Toquepala.....                                                                                       | 85                           |
| Figura 10 Curva S, avance semana 15 de la obra mejora de la zona de almacenamiento central de residuos sólidos peligrosos.....                                                                             | 87                           |
| Figura 11 Flujograma de aplicación de manual en proyecto civil.....                                                                                                                                        | 90                           |
| Figura 12 Lookahead thre week de las primeras tres semanas.....                                                                                                                                            | 95                           |
| Figura 13 Curva S Asbuilt de la ejecución del proyecto “Mejora de campo deportivo Toquepala”. ....                                                                                                         | 97                           |
| Figura 14 Look a head three week de las semanas 04, 05 y 07 de la obra Construcción de veredas peatonales, drenaje y cerco perimétrico en módulos de alojamiento de contratista de ing. planta Toquepala.. | <b>Error!</b>                |
|                                                                                                                                                                                                            | <b>Marcador no definido.</b> |

|                                                                                                                                                                            |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 15 Curva S Asbuilt de la obra “Construcción de veredas peatonales, drenaje y cerco perimétrico en módulos de alojamiento de contratista de ing. planta Toquepala”.. | 102  |
| Figura 16 Curva comparativa de duración del proyecto (Tiempo vs. Avance). .                                                                                                | 106  |
| Figura 17 Curva de esfuerzo acumulado (Front Loading). .....                                                                                                               | 100  |
| Figura 18 Curva de Evolución de la incertidumbre. ....                                                                                                                     | 1028 |
| Figura 19 Estabilidad del flujo productivo. ....                                                                                                                           | 1118 |
| Figura 20 Flujograma de fases para aplicar el manual de identificación de restricciones. ....                                                                              | 111  |

## ÍNDICE DE APÉNDICES

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| Apéndice 1 Matriz de consistencia del informe final de tesis. .... | 124 |
|--------------------------------------------------------------------|-----|

## RESUMEN

En la actualidad el crecimiento de actividades mineras en las diferentes regiones, incrementa la demanda por los proyectos civiles en las unidades mineras de nuestro país, de igual manera surgen diversas restricciones para la ejecución de obras por sus altos estándares de seguridad, complejidad con los alcances y geografía y dificultades en la logística, que generan incumplimiento de entrega y sobre costos para los contratistas que no tienen las herramientas apropiadas para su gestión. Se tiene como objetivo identificar y gestionar apropiadamente las restricciones de los proyectos civiles en unidades mineras, mediante el desarrollo de un manual de identificación de restricciones para optimizar la programación de los diferentes proyectos civiles ejecutados en las unidades mineras. La investigación utilizada es tipo aplicada con enfoque cuantitativo, no experimental. Se determinan los objetivos específicos mediante aplicación del manual de identificación de restricciones, las cuales son aplicadas en diagnóstico de dos proyectos en el cual se implementó desde un inicio y el otro en la mitad del curso de su plazo de ejecución. El proyecto en el cual se implementó desde un inicio demostró un desarrollo de la curva s paralela a la programada teniendo desviaciones positivas. Mientras en el proyecto en el cual se implementó durante la ejecución se logró terminar en el tiempo establecido recuperando un desfase negativo de doce por ciento. La aplicación del manual de restricciones, está en función a las buenas prácticas de la herramienta lastplanner y la guía del pmbok, generando el cumplimiento de alcance, tiempo y desarrollo sostenible.

**PALABRAS CLAVES:** Manual, restricciones, programación, proyecto, alcance, tiempo.

## ABSTRACT

Currently, the growth of mining activities in different regions is increasing the demand for civil engineering projects at mining units in our country. However, various constraints are also emerging for the execution of these projects due to high safety standards, complexity related to scope and geography, and logistical difficulties. These constraints lead to missed deadlines and cost overruns for contractors who lack the appropriate management tools. The objective is to identify and properly manage the constraints of civil engineering projects at mining units by developing a constraint identification manual to optimize the scheduling of the various civil engineering projects carried out at these units. The research employed is applied research with a quantitative, non-experimental approach. Specific objectives are determined through the application of the constraint identification manual, which is then used to diagnose two projects: one where the manual was implemented from the outset and the other halfway through its execution period. The project where the manual was implemented from the beginning showed a development of the S-curve parallel to the planned curve, exhibiting positive deviations. While the project in which it was implemented was completed on schedule, recovering a negative delay of twelve percent, the application of the constraints manual is based on the best practices of the Last Planner tool and the PMBOK Guide, ensuring compliance with scope, time, and sustainable development.

**KEYWORDS:** Manual, restrictions, scheduling, project, scope, time.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el Perú viene siendo actor del surgimiento de unidades mineras, sobre las cuales resaltamos las que se encuentran en el sur del País, como las ciudades de Arequipa, Moquegua y Tacna.

Además, reconociendo la importancia al desarrollo económico del País y regiones, teniendo la perspectiva el surgimiento de diversas obras como proyectos civiles en las unidades mineras, se hace urgente la presencia de un manual para identificar las restricciones y optimizar la programación de los proyectos civiles, teniendo una amplia diversidad de tipos de proyectos civiles por naturaleza no pueden cumplir con el alcance y tiempo por una ausencia o mala gestión para identificar las restricciones en las diferentes etapas.

La investigación realizada contempla una herramienta para optimizar la programación de obras en proyectos civiles, la cual es implementar un manual de identificación de restricciones el cual contiene procedimientos para las diferentes etapas de la vida de un proyecto, atacándolo de manera ordenada hasta lograr identificar y mitigar las restricciones y de esta manera cumplir con la programación de actividades.

La presente investigación contempla los siguientes capítulos. En el Capítulo I se planteó el problema de investigación, definiéndolo y delimitándolo de acuerdo a los antecedentes de proyectos. Posterior se formuló el problema del estudio, en función a las restricciones de proyectos mineros, y consecuentemente, la justificación de la importancia de la investigación, y los objetivos que se pretenden alcanzar como resultados de esta investigación.

Así mismo en el Capítulo II, describe los antecedentes del problema, que surgieron en diferentes complejos mineros, como también el fundamento teórico que enmarca de las filosofías, estándares internacionales y herramientas necesarias que se utilizaran para desarrollar los resultados.

El capítulo III, se describe el marco metodológico a seguirse, se presenta la hipótesis, variables y se establece el tipo y diseño de investigación, ámbito de estudio, el tiempo social de la investigación, y la estructura del manual de manera teórica y los softwares utilizados.

En el capítulo IV, se describe la presentación, análisis e interpretación de los diagnósticos y resultados que se han obtenido mediante el procesamiento de la información mediante gráficos.

Finalizando, se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

## **CAPÍTULO I: EL PROBLEMA**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La ejecución de proyectos civiles en unidades mineras se desarrolla en entornos altamente complejos, caracterizados por condiciones geográficas adversas, exigencias normativas estrictas, limitaciones logísticas y elevados estándares de seguridad. Estas condiciones generan múltiples restricciones que afectan directamente la programación de obra, provocando retrasos, sobrecostos y disminución de la productividad.

A nivel internacional, diversos estudios evidencian que la identificación tardía de restricciones constituye una de las principales causas de incumplimiento en proyectos de construcción. Asimismo, se reconoce que muchas de estas limitaciones surgen durante la ejecución debido a deficiencias en la planificación inicial.

En el contexto nacional, especialmente en el sector minero peruano, las investigaciones se han enfocado principalmente en la gestión de riesgos y seguridad, dejando de lado la identificación sistemática de restricciones en la programación de obras.

A nivel regional, en Tacna, el crecimiento de proyectos civiles asociados a la actividad minera ha evidenciado problemas recurrentes en la planificación, debido a factores como la tramitología interna, la logística de materiales, la disponibilidad de recursos y las condiciones ambientales. Sin embargo, no se cuenta

con herramientas metodológicas estandarizadas que permitan identificar y gestionar estas restricciones de manera oportuna.

En este contexto, la ausencia de un enfoque sistemático genera una gestión reactiva de los problemas, afectando el cumplimiento de plazos y costos del proyecto. Por ello, surge la necesidad de desarrollar y aplicar un manual de identificación de restricciones que permita optimizar la programación de obras en proyectos civiles de unidades mineras. La industria de la construcción en el sector minero enfrenta desafíos de alta complejidad operativa, derivados de factores como la topografía accidentada, los accesos remotos, la logística de suministro, las condiciones climáticas extremas y las restricciones normativas. A nivel global, la gestión de proyectos de construcción se caracteriza por su exposición a “constraints” o limitantes que inciden directamente en el cumplimiento de los objetivos de tiempo, costo y calidad (Masoetsa et al., 2022). Diversos autores coinciden en que las restricciones más críticas provienen de deficiencias en la planificación, la coordinación interinstitucional y el marco regulatorio (Doloi, 2013; Masoetsa et al., 2022). Por ejemplo, en Sudáfrica se identificaron como factores determinantes las políticas organizacionales ineficaces y la falta de integración de sistemas de control (Masoetsa et al., 2022; Mills, 2001). A nivel internacional, se reconoce que muchas de estas restricciones emergen durante la ejecución debido a su detección tardía en la fase de planificación, lo que repercute en desviaciones significativas en cronogramas y presupuestos (Ignatius et al., 2023).

En el ámbito de la ingeniería minera, la aplicación de modelos híbridos de gestión de proyectos ha cobrado relevancia. Estas metodologías integran el enfoque de gestión de riesgos con la teoría de las restricciones (TOC), buscando mejorar la eficiencia del desempeño global del proyecto (Hurtado-Martell & Ros, 2025; Millhiser & Szmerekovsky, 2012). El modelo “Master Plan” desarrollado por Hurtado-Martell & Ros (2025) aplicado en un proyecto minero en Puno, Perú demostró que la inclusión de la gestión del cambio y la previsión de restricciones permite superar los límites de la tradicional triple restricción. Sin embargo, la

literatura aún no registra adaptaciones de estos modelos al contexto operativo de obras civiles mineras locales, especialmente en regiones del sur peruano como Tacna, donde los factores geográficos y logísticos presentan particularidades.

A nivel nacional, los estudios peruanos en ingeniería de la construcción se han centrado principalmente en la gestión de riesgos y la seguridad operativa, dejando en segundo plano la identificación sistemática de restricciones en la programación de obra. Por ejemplo, (Sanchez & Vizcardo, 2016) analizó los peligros geográficos en movimientos de tierra en minería, pero sin profundizar en un enfoque metodológico de detección temprana de limitantes. De igual modo, Sánchez & Minchola (2021) planteó lineamientos generales de gestión en la gran minería, aunque sin especificar herramientas operativas de control de restricciones. Investigaciones recientes en gestión de la construcción subrayan la importancia de pasar de un enfoque reactivo a uno predictivo, integrando matrices de restricciones dentro del planeamiento (Tamayo & Famadico, 2024; Tawfek & Bera, 2022).

En el contexto regional del sur del Perú, la región de Tacna se caracteriza por una actividad minera creciente y una expansión de proyectos de infraestructura civil vinculados a unidades operativas de mediana y gran escala. Las obras civiles mineras en Tacna enfrentan desafíos singulares, como la tramitología interna, la gestión ambiental, la coordinación interárea, la disponibilidad de equipos homologados, la logística de materiales importados y los conflictos socioambientales recurrentes (Figuerola & Condori, 2025). No obstante, no se han encontrado estudios empíricos que analicen cómo cada una de estas restricciones influye de manera diferenciada en la programación de obras civiles mineras. Esto evidencia un vacío metodológico que limita la eficiencia de la planificación y la toma de decisiones.

La ausencia de una herramienta estandarizada y validada para la identificación sistemática de restricciones en obras civiles mineras en Tacna conduce a una gestión reactiva de los problemas, generando reprogramaciones frecuentes, sobrecostos y pérdida de productividad (AlSehaimi et al., 2013; Masoetsa et al., 2022). Este escenario se agrava en entornos donde las decisiones

dependen de múltiples actores institucionales, lo que incrementa la incertidumbre y retrasa la ejecución. Desde el punto de vista técnico y científico, no se dispone de evidencia cuantitativa o cualitativa que evalúe el impacto directo de un manual de identificación de restricciones sobre la optimización del cronograma en este tipo de proyectos en el contexto tacneño.

De este modo la falta de conocimiento de cómo gestionar las restricciones y la ausencia de un manual de identificación de restricciones, hace que no funcione adecuadamente la programación del proyecto. Ello no permite la adecuada ejecución de actividades la cual tiene como base la programación de las partidas de acuerdo al cronograma de obra.

Al tener no tener un cronograma obra optimo, genera una oportunidad clara de investigación aplicada: desarrollar y validar un manual adaptado para la identificación de restricciones en la programación de obras civiles mineras en la región Tacna. Dicha herramienta permitiría sistematizar la detección temprana de limitantes, mejorar la eficiencia operativa y fortalecer la gestión preventiva de los proyectos (Kerzner, 2022). Además, contribuiría a generar conocimiento técnico local, con potencial de transferencia hacia otras regiones con condiciones similares en los Andes del sur peruano.

## 1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.2.1 Problema principal

¿Cómo influye la aplicación de un manual de identificación de restricciones en la optimización de la programación de obras en proyectos civiles de unidades mineras en la región Tacna, 2025?

### 1.2.2 Problemas secundarios

- ¿Cuáles son las principales restricciones que afectan la programación de obras civiles en unidades mineras de la región Tacna?
- ¿Cómo debe diseñarse un manual de identificación y gestión de restricciones aplicable a proyectos civiles en unidades mineras?

- ¿Qué efectos genera la aplicación del manual propuesto en un proyecto civil minero piloto sobre la programación de obra?
- ¿En qué medida la aplicación del manual impacta en la reducción de restricciones y en la mejora del cumplimiento de la programación de obra?

### 1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En el ámbito de ingeniería, la mayor parte de los proyectos civiles de mineras conllevan dificultades en su ejecución por sus diversas disciplinas, los cuales deben ser evaluados por las empresas antes de su ejecución, inspeccionando su plazo y recursos que se debe aplicar. Es aquí donde toma importancia el presente estudio a fin elaborar y aplicar un manual de identificación de restricciones para optimizar la programación de obras en proyectos civiles de unidades mineras.

En la ejecución de proyectos, se generan retrasos por las restricciones no mapeadas desde un inicio, de las cuales son por permisos de seguridad no aprobados y homologaciones de seguridad, por información incompleta de las actividades a desarrollar tanto de materia de ingeniería como materia de seguridad, por la adquisición de equipos y sus traslados hacia el punto de obra, por materiales de difícil adquisición, personal especializado para tareas específicas, por los diferentes requisitos y permisos que se debe tener antes de iniciar actividades y los espacios limitados y reducidos para ejercer las actividades.

Al implementar un manual que identifique las restricciones, se estandarizará los procedimientos de las diferentes actividades los cuales son realizados previa ejecución de actividades, de esta manera se podrá implementar herramientas para monitorear las restricciones y que eviten generar atrasos en la programación. Por lo que el cronograma conllevaría a una mejora en el ámbito de la productividad y confiabilidad en sus tareas programadas.

Para las empresas, los atrasos en la programación producen impacto negativo del punto de vista económico, generando aumento de recursos significativos no planificados y en algunos casos generan sobrecostos en el costo

directo del proyecto, sus gastos generales e incluso gastos en penalidades. En muchos casos los leves atrasos se convierten en atrasos graves que pueden causar hasta la resolución de contratos y multas para las empresas.

La implementación del manual disminuirá la aparición de restricciones importantes. Se podrá identificar de manera temprana la restricción y evaluarlas oportunamente, monitorearlas para después mitigarlas, por lo que todas las áreas involucradas actuarán conforme al cronograma generando una mayor dinámica y produciendo eficiencia en los proyectos de las empresas.

El factor por restricciones ambientales genera paralización de actividades por interrupción en la mayoría de los casos de tormentas eléctricas o en raras veces de sismos. Pero la implementación y aplicación del manual se podrá percibir e identificar los periodos de estos fenómenos y sus duraciones.

Finalmente, la investigación es importante porque contribuye a alinearse con el ODS 9: Industria innovación e infraestructura, ya que se propondrá una metodología viable para la ejecución de proyecto de infraestructura civil.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivo general

Aplicar un manual de identificación de restricciones para optimizar la programación de obras en proyectos civiles de unidades mineras, Tacna 2025

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar las principales restricciones que afectan la programación de obras civiles en unidades mineras de la región Tacna.
- Diseñar un manual de identificación y gestión de restricciones aplicable a proyectos civiles en unidades mineras.
- Aplicar el manual propuesto en un proyecto civil minero piloto para evaluar su eficacia en la optimización de la programación de obra.

- Evaluar el impacto de la aplicación del manual en la reducción de restricciones y mejora del cumplimiento de la programación de obra.

## **CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL**

### **2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

Rahimi, (2026), el estudio se centra en el desarrollo de un sistema avanzado de soporte de decisiones (DSS) para la planificación a largo plazo de minas a cielo abierto. La investigación integra métodos de optimización a gran escala como la búsqueda de vecindario grande (LNS), el recocido simulado (SA) y la descomposición de Dantzig-Wolfe, dentro de un marco acelerado por GPU para abordar la incertidumbre geológica. Las variables estudiadas incluyen la confianza geológica, el grado de mineral y las tasas de procesamiento. El caso de estudio utilizó 50,000 bloques de minería, cada uno caracterizado por diferentes grados de mineral, tipos de roca y coordenadas espaciales. El diseño de la muestra, utilizando múltiples escenarios geológicos, busca simular los desafíos reales de la minería. El procedimiento metodológico involucró la optimización algorítmica con cálculos mejorados por GPU para el análisis en tiempo real de escenarios, mejorando significativamente la eficiencia computacional. Los resultados mostraron un NPV promedio de 1,514 millones de dólares con una exposición limitada al riesgo (P90 Valor en Riesgo de 1,488 millones de dólares). La conclusión resalta la robustez del DSS en la gestión de la incertidumbre y la optimización de la programación minera a largo plazo, con una mejora del 37% en la velocidad en comparación con los métodos tradicionales.

Wang et al., (2023), en el artículo titulado “Stochastic Project Scheduling Optimization for Multi-stage Prefabricated Building Construction with Reliability

Application”. Las variables estudiadas incluyen las duraciones de las actividades y las capacidades de los recursos, que se modelan como variables estocásticas. Se utiliza una metodología híbrida basada en un algoritmo metaheurístico DEPSO (diferencial evolución y optimización de partículas) para encontrar soluciones óptimas bajo restricciones de recursos. La población se constituye de proyectos reales de construcción, y el modelo de programación estocástica se aplica en escenarios prácticos, como la construcción de edificios prefabricados. El procedimiento metodológico incluye la derivación de la fiabilidad de la duración en las fases de producción, transporte y ensamblaje, y se verifica mediante un caso de estudio práctico. Los resultados demuestran que el algoritmo DEPSO mejora la fiabilidad del proyecto, maximizando la probabilidad de completar el proyecto sin retrasos. En conclusión, el modelo propuesto ofrece una herramienta valiosa para los gestores de proyectos en la toma de decisiones en entornos inciertos.

Yuanyao et al., (2025), con el objetivo de mejorar la eficiencia en la construcción de componentes prefabricados, este estudio propone un modelo de optimización para la programación de la producción de prefabricados (PCPS) utilizando aprendizaje de refuerzo profundo (DRL). Se centra en minimizar tanto las penalizaciones por entregas anticipadas y tardías, como la duración total de la construcción. Las variables analizadas incluyen los tiempos de fabricación, las penalizaciones y las limitaciones de recursos como personal y moldes. El modelo DRL preentrenado se aplica para gestionar la reprogramación de pedidos con fechas de entrega variables, comparándose con métodos tradicionales como las reglas de despacho (DP) y el algoritmo genético (AG). La muestra utilizada son datos reales de estudios de campo. En cuanto al procedimiento metodológico, el enfoque propuesto utiliza un espacio de acción restringido para optimizar la programación sin necesidad de recalcular constantemente las configuraciones iniciales. Los resultados indican que el método basado en DRL supera a los enfoques tradicionales en términos de estabilidad, capacidad de reprogramación y tiempo de cálculo. En conclusión, el método propuesto proporciona una solución práctica y

eficiente para optimizar la programación de producción en entornos de producción paralela.

Essam et al., (2023), en este estudio, se busca explorar el potencial de los modelos de optimización multiobjetivo (MOO) aplicados a la programación de proyectos de construcción, mediante la integración de la Modelización de Información de la Construcción (BIM). Los investigadores se centran en cómo los algoritmos genéticos (GA) pueden optimizar objetivos conflictivos como el tiempo, el costo y los recursos en proyectos de construcción. Las actividades analizadas incluyen las actividades del proyecto, la duración estimada de las tareas y la asignación de recursos, considerando las restricciones de espacio y equipos. El estudio se basa en una revisión de literatura que abarca enfoques heurísticos y metaheurísticos para la resolución de problemas complejos en la programación. Los resultados indican que la integración de BIM con MOO no solo mejora la eficiencia de la programación, sino que también facilita la toma de decisiones y reduce los errores en los proyectos. En resumen, la investigación concluye que la combinación de BIM con herramientas de optimización tiene el potencial de transformar la gestión y planificación de la construcción.

Zou et al., (2022), el artículo titulado “Time-cost optimization in repetitive project scheduling with limited resources”. Las variables estudiadas incluyen el tiempo de ejecución de actividades, los costos directos e indirectos, los incentivos por finalización anticipada y las penalizaciones por retrasos. La muestra se basa en dos casos prácticos: uno para la construcción de un edificio residencial y otro para la remodelación de un hotel, aplicando el modelo en cuatro escenarios diferentes. El procedimiento metodológico se basa en un modelo de programación con restricciones (CP) que integra características de actividades repetitivas y modos de ejecución. Se implementa una estrategia de aceleración bidireccional para optimizar la programación. Los resultados muestran que el modelo CP supera a los modelos matemáticos equivalentes en cuanto a velocidad y calidad de resolución, además de mejorar el rendimiento del proyecto en comparación con modelos anteriores. En conclusión, el modelo propuesto ofrece una solución efectiva para equilibrar tiempo

y costo en proyectos repetitivos con recursos limitados, con una alta capacidad de replicabilidad y adaptabilidad.

He et al., (2021), el objetivo de este estudio es desarrollar un modelo de optimización de programación para la construcción de edificios prefabricados, considerando las restricciones de recursos. Las variables clave del estudio incluyen la duración de las actividades de construcción, la disponibilidad de recursos y los costos asociados. La población se basa en un caso práctico de un edificio residencial de gran altura. El modelo propuesto divide el proceso de construcción en tres espacios de trabajo: ensamblaje, logística y producción. El procedimiento metodológico emplea un algoritmo genético para coordinar la programación de estos espacios, optimizando la asignación de recursos y el tiempo de construcción. Los resultados muestran que el modelo propuesto reduce el tiempo de construcción en un 19.9% y los costos en un 9%, mejorando la eficiencia y la programación en comparación con métodos tradicionales. En conclusión, el modelo proporciona una solución efectiva para gestionar proyectos de construcción prefabricada, optimizando los recursos y los plazos de entrega.

Tomczak & Jaśkowski, (2024), este estudio tiene como objetivo desarrollar un sistema de programación que optimice proyectos de construcción repetitivos, integrando la optimización de duración y el tiempo de inactividad de los recursos. Las variables clave incluyen la duración de los procesos, la asignación de recursos (equipos de trabajo) y la secuencia de entrega de unidades del proyecto. El modelo se aplica a un proyecto real de expansión de un terminal intermodal. El procedimiento metodológico utiliza un algoritmo de optimización basado en partículas (PSO), modificado con un “factor de revuelta” para evitar la estancación de los resultados. Los resultados muestran que el sistema optimiza la programación, garantizando una alta calidad y ajustándose a las limitaciones del proyecto. En conclusión, el algoritmo PSO personalizado es eficaz para coordinar los recursos y reducir los tiempos de inactividad, mejorando la eficiencia general del proyecto.

Liu et al., (2023), este trabajo se centra en la optimización de la programación de proyectos de construcción de edificios prefabricados, específicamente bajo condiciones de incertidumbre. Las variables principales incluyen las duraciones de las actividades y las capacidades de los recursos, modeladas de manera estocástica. Para abordar este desafío, se utiliza un algoritmo híbrido DEPSO (Differential Evolution Particle Swarm Optimization), que combina las técnicas de optimización evolutiva y de enjambre de partículas. El estudio se valida mediante un caso práctico, demostrando que DEPSO ofrece mejores soluciones en términos de tiempo de computación y optimización de la programación que otros métodos tradicionales. La conclusión clave es que este enfoque híbrido proporciona una solución efectiva para la programación de proyectos de construcción, maximizando la confiabilidad y eficiencia en escenarios de incertidumbre.

Sepúlveda, (2024), La tesis titulada “Uso de Modelo de Programación Directo de Bloques (DBS) con Restricción de Forma para Generar Planes de Mitigación de Corto Plazo en División Radomiro Tomic”. Las variables estudiadas incluyen el valor presente neto (VPN), las restricciones operativas de ancho de minería y la tasa de hundimiento del bloque. La muestra corresponde a los datos del Plan de Negocios y Desarrollos (PND) 2022, específicamente para un horizonte de 4 años. Se utiliza el software Bubble Scheduler para optimizar los planes de producción, considerando escenarios operativos y restricciones técnicas. El principal resultado muestra una mejora significativa en la eficiencia operativa y la viabilidad económica de los planes de mitigación propuestos. En conclusión, el modelo implementado mejora la toma de decisiones estratégicas, maximizando la rentabilidad y optimizando la utilización de los activos mineros.

El-Abbasy et al., (2016), en el siguiente artículo titulado “MOSCOPEA: Multi-objective construction scheduling optimization using elitist non-dominated sorting genetic algorithm”. Las variables estudiadas incluyen la duración de los proyectos, los costos totales, la demanda máxima de crédito y las fluctuaciones de recursos. Se utilizaron estudios de caso para validar el modelo en proyectos de

diferentes tamaños, mostrando que MOSCOPEA superó los modelos tradicionales en términos de tiempo y calidad de la solución. Los resultados demostraron que el sistema optimiza las asignaciones de recursos y mejora la planificación financiera. Las conclusiones sugieren que el modelo es eficaz para la programación multi-objetivo, ofreciendo flexibilidad para seleccionar los objetivos a optimizar, aunque aún se requiere más validación en proyectos más grandes.

Cortez, (2020), tuvo como objetivo proponer un modelo de planificación optimizante de mediano y largo plazo para las obras de preparación interior mina del proyecto Andes Norte – Nuevo Nivel Mina, orientado a integrar las áreas de minería e infraestructura y mejorar la eficiencia del proceso de planificación. Las variables estudiadas, de carácter general, fueron el tiempo de planificación, la eficiencia en la secuencia de actividades y la utilización de recursos. La población correspondió a las obras de preparación minera del proyecto Andes Norte y la muestra se definió de forma intencional mediante dos casos de estudio (caso base y caso modificado), sin diseño experimental, bajo un enfoque aplicado. El procedimiento metodológico incluyó revisión bibliográfica, recopilación de datos operacionales, entrevistas a expertos y la construcción de modelos de planificación en el software Deswik, utilizando herramientas Lean y la metodología Last Planner; como instrumentos se emplearon bases de datos del proyecto, modelos CAD y módulos Deswik.Sched e IS. Los resultados evidenciaron una reducción significativa de los tiempos de planificación y una mejor identificación de conflictos por sobreasignación de recursos. Se concluyó que el modelo propuesto constituye un aporte relevante a la planificación minera, al integrar distintas áreas en un solo esquema y aumentar la confiabilidad entre lo planificado y lo ejecutado.

Cornejo, (2024), el objetivo de esta investigación fue proponer un modelo de gestión de integración aplicando la metodología PMBOK 6ta edición complementada con Front End Loading (FEL) para mejorar la ejecución de proyectos mineros en términos de alcance, tiempo, costo y calidad. Las variables estudiadas incluyen el control de cambios, los hitos contractuales, el cronograma (SPI), el costo (CPI y valor ganado), y los criterios de calidad. Se aplicó el modelo

en un megaproyecto minero en el sur del Perú, donde se evaluaron los impactos de una mala integración en el alcance, el costo y los plazos del proyecto. El procedimiento metodológico consistió en analizar la situación actual del proyecto mediante la recopilación de datos sobre la gestión de integración, utilizando los indicadores del PMBOK y FEL. Los resultados mostraron que la implementación de la propuesta de gestión mejoró significativamente la planificación del proyecto, reduciendo los retrasos y sobrecostos. La conclusión principal es que una adecuada gestión de integración mejora la eficiencia y el éxito del proyecto, mitiga riesgos y asegura el cumplimiento de los plazos contractuales.

Leon, (2024), el objetivo principal del proyecto fue incrementar la capacidad operativa para el abastecimiento continuo de combustible, respondiendo al aumento de la flota de transporte y mitigando riesgos operativos. Las variables clave del estudio incluyen la capacidad de almacenamiento, autonomía operativa, y riesgos operativos. En cuanto al procedimiento metodológico, se utilizaron herramientas de diseño como AutoCAD y Civil 3D para la elaboración de planos constructivos, con un enfoque en la resistencia estructural y la viabilidad técnica del diseño. Los resultados destacaron el diseño de tanques de almacenamiento y estructuras complementarias, con planes detallados que aseguran la durabilidad y funcionalidad del sistema. La principal conclusión fue que las soluciones propuestas optimizan el uso del espacio y permiten una operación más eficiente y segura, alineándose con las normativas internacionales.

Gómez & Malaga, (2024), en la tesis titulada “Contribución al Diseño y Gestión de Obras Civiles para la Ejecución del Proyecto “Ampliación de Capacidad de Autonomía Combustible Mina” Cajamarca 2024”. Las variables estudiadas, de carácter general, fueron el tiempo de planificación, la eficiencia de la secuencia constructiva y la utilización de recursos. La población estuvo conformada por las obras de preparación minera del proyecto y la muestra se definió de manera intencional mediante dos casos de estudio representativos, sin diseño experimental. El procedimiento metodológico incluyó revisión bibliográfica, análisis de datos operacionales del proyecto, entrevistas a especialistas y la construcción de modelos

de planificación mediante el software Deswik, utilizando herramientas Lean y la metodología Last Planner, apoyándose en bases de datos, diseños CAD y módulos de planificación. Los resultados mostraron una reducción significativa de los tiempos dedicados a la planificación y una mejor detección de conflictos por sobreasignación de recursos. Se concluyó que el modelo propuesto mejora la eficiencia y confiabilidad del proceso de planificación minera al integrar distintas áreas en un solo esquema de trabajo.

## 2.2 NORMATIVA VIGENTE

- **Teoría de Restricciones (TOC)**

El Dr. Eliyahu Goldratt es el creador de la Teoría de las Restricciones (TOC: Theory of Constraints), conceptualizada como una filosofía de mejoramiento continuo que permite construir soluciones de sentido común, basadas en un razonamiento de relaciones causa – efecto.

En la gestión de proyectos, la teoría de las restricciones (TOC) se presenta como un enfoque para resolver problemas que permite detectar el principal obstáculo o limitación que impide alcanzar los objetivos del proyecto. Por ejemplo, si los lanzamientos de productos suelen demorarse, esta metodología ayuda a identificar el factor que más interfiere en ese proceso. Una vez localizado, se aplican los cinco pasos de enfoque para eliminar o reducir dicha restricción y evitar que siga afectando negativamente los resultados.

De acuerdo con este enfoque, todo proyecto cuenta con una restricción clave, basada en la idea de que una cadena es tan fuerte como su eslabón más débil. Al solucionar ese punto crítico, se logra optimizar el flujo general del proyecto.

Después de identificar la principal limitación de un proceso, es posible mejorarla de manera continua hasta que deje de ser un impedimento. Sin

embargo, al superar esa restricción, surgirá otra que pasará a ser la más relevante.

Una limitación puede surgir en cualquiera de los componentes de un proyecto o proceso, ya sea durante la etapa de planificación, en la fase productiva o en la implementación, e incluso dentro del mismo equipo de trabajo. Entender las distintas clases de restricciones presentes en un proyecto o sistema facilita su identificación en etapas posteriores.

**Restricción Política:** Los procedimientos de la empresa pueden estar ralentizando los procesos o generando tareas manuales adicionales y repetitivas. Este tipo de limitaciones, conocidas como restricciones de política, son las más frecuentes dentro de un proyecto o proceso.

**Restricción Interna:** Miembros del equipo no tienen las habilidades suficientes para desarrollar las actividades.

**Restricciones Externas:** Factores fuera del control de la organización, como normativas gubernamentales, restricciones ambientales o de seguridad

**Restricción de Capacidad/Mercado:** Limitaciones de equipos y/o maquinaria, mano de obra o la demanda del mercado que supera la capacidad de producción.

**Restricción de recursos:** Se dispone de menos recursos, herramientas o personal (capital humano) para el proyecto en relación con lo establecido en el plan de gestión de recursos.

**Restricción financiera:** Se presenta una carencia imprevista de fondos para invertir en el proyecto o surgen costos operativos no contemplados inicialmente.

**Restricciones Abiertas:** Limitaciones activas que afectan la ejecución

Restricciones Desactivadas: Problemas o limitaciones que ya fueron resueltos.

Los autores Goldratt y Cox, definieron los siguientes pasos para eliminar restricciones o cuellos de botella: (a) **Identificar** las restricciones del sistema, (b) Decidir cómo **explotar** las restricciones del sistema, (c) **Subordinar** todo lo demás a la decisión del paso anterior, (d) **Superar** la restricción del sistema, (e) ¡Advertencia! En caso se haya identificado otra restricción en los pasos anteriores, regrese al primer paso, para no permitir que la inercia sea la causa de las restricciones en el sistema.

Acorde con estas actividades, la TOC basa su modelo en verificar cada sistema o entorno complejo; considerando un proceso simple, con un ciclo que permite la mejora del sistema analizado. El ciclo de la TOC, al identificar las restricciones, los considera como puntos de apalancamiento o puntos de soporte para la eliminación de los cuellos de botella. Por ende, se debe identificar las restricciones de acuerdo a las clases mencionadas por TOC, para después seguir los pasos para indicados para desactivarlas.

- **Guía del PMBOK® 6ta Edición**

Con respecto al Pmbok Guide nos indica un grupo de procesos correspondientes al ciclo de vida de un proyecto que son inicio, planificación, ejecución, seguimiento y control y cierre.

El Triángulo de Hierro, también conocido como la Triple Restricción, es un modelo fundamental en la gestión de proyectos que describe la relación de interdependencia entre tres variables críticas: Alcance, Tiempo y Costo. Según la Guía PMBOK, el éxito de un proyecto depende de la capacidad del director para equilibrar estas restricciones, ya que cualquier cambio en una de ellas afectará inevitablemente a las otras dos y, en última instancia, a la Calidad.

### Los tres pilares del triángulo

**Alcance:** Se trata de delimitar el trabajo y los resultados esperados. Si se añaden nuevas tareas, el proyecto demandará inevitablemente una mayor inversión de dinero o una extensión del calendario.

**Tiempo:** Es el periodo estipulado para finalizar el proyecto. Si se busca acortar los plazos, será necesario inyectar más recursos financieros para acelerar el ritmo o, en su defecto, recortar las metas planteadas.

**Costo:** Se refiere a los recursos económicos disponibles. Una reducción en el financiamiento obliga a limitar los objetivos del proyecto o a aceptar un desarrollo más lento por la carencia de medios.

Para los procesos se determina una estructura rígida del proyecto, de los cuales el PMBOK indica que si uno de estas tres restricciones sufre algún cambio se ve afectado por los otras dos, por eso en los proyectos se debe contemplar los escenarios para estas restricciones y generar buenas practicas para controlarlas.

- **Last Planner System (LPS) – Lean Construction**

Su objetivo principal consiste en mejorar la confiabilidad de la planificación, garantizando que el flujo de trabajo en obra sea constante y predecible a través de la participación directa de quienes llevan a cabo las tareas.

En la cual para generar la planificación se utiliza el plan maestro, realizando la programación de obra y a su vez esta programación pasa al lookAhead en tareas de tres semanas.

Los 7 flujos clave para liberar trabajo son: información, materiales, equipos, mano de obra, espacio, tareas precedentes y seguridad/permisos. Esto garantiza un flujo continuo y reduce la variabilidad en la obra de tres semanas.

**Información:** Planos, especificaciones técnicas, RFI (solicitudes de información) y detalles constructivos necesarios.

**Materiales:** Disponibilidad en obra, componentes prefabricados y suministros a tiempo (*Just in Time*).

**Equipos:** Maquinaria, herramientas y andamios necesarios para la tarea.

**Mano de Obra:** Disponibilidad del personal calificado y cuadrillas necesarias.

**Espacio/Área de trabajo:** Frente de trabajo despejado y habilitado para operar.

**Tareas Precedentes:** Finalización de los trabajos anteriores que habilitan la nueva tarea.

**Seguridad y Permisos:** Documentación de seguridad, EPP (equipos de protección) y licencias requeridas.

Los 05 niveles de planificación de trabajos:

Plan Maestro (Lo que **se debe** hacer): Establece los objetivos estratégicos y las fechas clave del contrato.

Pull Planing (Lo que **se debería** hacer): Diseña la secuencia de atrás hacia adelante para asegurar que el flujo sea lógico.

LookAhead (Lo que **se puede** hacer): Limpia el camino a 3-6 semanas, eliminando cualquier traba logística o técnica.

Plan Semanal (lo que **se hará**): Los responsables pactan las metas de la semana basándose solo en lo que ya está listo para hacerse.

Aprendizaje (lo que **se hizo**): Evalúa el éxito con el PPC y estudia los fallos para optimizar los siguientes ciclos.

En el Last Planner (LPS), como una de sus principales herramientas del Lean construction para gestionar las restricciones, nos brinda la identificación

de las restricciones y lo mas importante como ejecutar su desarrollo en función a los 5 niveles de planificación. Tomando como punto de partida el Plan maestro, los 8 flujos de producción y el LookAhead de tres semanas para su planificación intermedia.

### 2.3 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS BÁSICOS

- **Optimización de la programación:**

La optimización de la programación consiste en ajustar y mejorar los planes de trabajo de un proyecto para hacer más eficiente su desarrollo, reducir costos y acortar los tiempos de ejecución sin afectar la calidad. Esto implica reorganizar las tareas y los recursos de manera que se obtenga el mejor rendimiento posible, respetando las limitaciones del proyecto. Las técnicas usadas incluyen asignar recursos de manera efectiva, reducir tiempos muertos y mejorar la coordinación entre las actividades. Es fundamental en proyectos complejos, donde mantener la eficiencia y cumplir los plazos es crucial para el éxito (Carvajal et al., 2024).

- **Restricciones en proyectos:**

Las restricciones en proyectos son factores que limitan o condicionan el progreso de un proyecto, afectando aspectos como el alcance, los plazos, los costos o la calidad. Estas limitaciones pueden ser internas, como problemas con los recursos, o externas, como cambios en las regulaciones o el entorno. Reconocer y gestionar estas restricciones correctamente es esencial para asegurar que el proyecto se desarrolle según lo planeado y evitar desviaciones que puedan afectar su éxito (Ohoa & Alvarado, 2021).

En proyectos complejos, como los de minería o construcción, las restricciones son especialmente importantes debido a factores impredecibles, como las condiciones geológicas o cambios en las leyes ambientales. Además, las restricciones pueden estar relacionadas con la capacidad del equipo, la disponibilidad de materiales o los plazos ajustados. Es fundamental abordar estas limitaciones desde el principio para desarrollar estrategias que maximicen los recursos y reduzcan los riesgos, garantizando que el proyecto alcance sus objetivos de manera eficiente (Cabrera et al., 2023).

- **Gestión de riesgos:**

La gestión de riesgos consiste en identificar, evaluar y priorizar los riesgos que podrían afectar un proyecto, con el fin de reducir sus efectos negativos y aprovechar las posibles oportunidades. Este proceso implica detectar los problemas potenciales de forma temprana, analizar su probabilidad y gravedad, y aplicar estrategias para mitigarlos o gestionarlos adecuadamente. También es crucial realizar un seguimiento constante para asegurarse de que las soluciones aplicadas sigan siendo efectivas a lo largo del tiempo (Bustamante & Giraldo, 2024).

En proyectos complejos, como los mineros, la gestión de riesgos es aún más relevante debido a las incertidumbres que estos proyectos presentan. Los riesgos pueden surgir tanto de factores internos, como errores en la planificación, como de factores externos, como condiciones geológicas impredecibles o cambios en las leyes ambientales. Por ello, es esencial contar con un enfoque estructurado para identificar y evaluar los riesgos, crear planes de contingencia y, cuando sea necesario, transferir algunos riesgos a otras partes. Una gestión de riesgos bien ejecutada ayuda a que el proyecto se desarrolle de manera segura y cumpla con los plazos y presupuestos establecidos (Cespedes & Mellado, 2024).

- **Proyectos civiles:**

Los proyectos civiles son aquellas obras de infraestructura que tienen como objetivo mejorar el entorno y satisfacer las necesidades sociales y económicas de una comunidad. Incluyen la construcción de edificaciones, carreteras, puentes, sistemas de agua potable y saneamiento, y otras infraestructuras clave para el desarrollo de la sociedad. Estos proyectos requieren una planificación detallada y el cumplimiento de normativas técnicas y ambientales. Además, suelen ser de gran envergadura y complejidad, lo que implica una gestión rigurosa de recursos y tiempos (Horna, 2025).

- **Unidades mineras:**

Las unidades mineras son instalaciones especializadas en la extracción y tratamiento de minerales, desempeñando un papel clave dentro de la industria minera. Estas incluyen tanto las minas donde se realiza la extracción como las plantas donde los minerales obtenidos son procesados y convertidos en productos comercializables. En el ámbito de los proyectos civiles para unidades mineras, estas infraestructuras deben construirse siguiendo rigurosas normas de seguridad, eficiencia y sostenibilidad. Además, suelen situarse en regiones específicas con importantes recursos minerales, lo que obliga a adaptar las obras de infraestructura a las condiciones del terreno y el entorno local (Ministerio de Minas y Energía, 2020).

La gestión de proyectos en las unidades mineras resulta desafiante debido a las múltiples limitaciones que deben enfrentarse, como las variaciones geológicas, las dificultades de acceso y la necesidad de cumplir con las regulaciones medioambientales y de seguridad. Estas unidades operan en circunstancias que requieren una planificación detallada, que no solo abarca los aspectos técnicos de la extracción, sino también los factores logísticos, económicos y sociales. La optimización en la programación de las obras dentro de estas unidades es esencial para aumentar la productividad, reducir costos y garantizar la viabilidad económica de los proyectos mineros (Quijano et al., 2024).

- **Programación con restricciones:**

La programación con restricciones es una forma de planificación que toma en cuenta las limitaciones del proyecto, como la cantidad de recursos disponibles, el tiempo y las regulaciones externas. Su objetivo es organizar los recursos y las tareas de manera eficiente para cumplir con los objetivos del proyecto dentro de esas limitaciones. Este enfoque es clave en proyectos complejos, donde las condiciones pueden cambiar y es necesario ajustarse a las restricciones a medida que surgen. Al considerar estas limitaciones desde el

principio, se logra una mejor eficiencia y se reducen los riesgos de problemas inesperados (Cordoba, 2025).

- **Estrategias de programación:**

Las estrategias de programación son métodos que se utilizan para organizar y planificar las tareas de un proyecto, con el objetivo de hacer un uso eficiente de los recursos y cumplir con los tiempos establecidos. Estas incluyen técnicas como la programación en secuencia, la distribución de recursos limitados y la planificación de actividades que dependen unas de otras. Al elegir la estrategia más adecuada para cada proyecto, se optimiza el rendimiento y se reducen las posibilidades de retrasos. Son fundamentales en proyectos complejos, donde una planificación precisa es clave para su éxito (Jones et al., 2022).

- **Identificación de restricciones:**

La identificación de restricciones es un paso fundamental en la gestión de proyectos, que implica detectar los factores que pueden limitar el avance o el éxito de un proyecto. Estas limitaciones pueden ser de diferentes tipos, como problemas con los recursos financieros, el tiempo, la capacidad de los equipos, regulaciones legales, o factores externos como el clima o las condiciones del terreno. En proyectos complejos, como los de minería, identificar estas restricciones desde el principio ayuda a prever posibles problemas y tomar decisiones adecuadas para solucionarlos, garantizando que el proyecto se realice según lo planeado (García, 2023).

Este proceso no solo se centra en encontrar las restricciones más evidentes, sino también en identificar aquellos aspectos menos obvios que pueden impactar en el desarrollo del proyecto. Esto incluye reconocer problemas en los procesos, restricciones operativas que disminuyen la eficiencia y factores externos que pueden interrumpir el flujo del proyecto. En proyectos mineros, esto es crucial debido a que las variaciones en el terreno o los permisos ambientales pueden alterar el cronograma y el desarrollo de la obra. Detectar y gestionar estas restricciones desde el principio es esencial para mejorar la planificación y asegurar que el proyecto sea exitoso (Curo & Tintaya, 2023).

- **Programación de obras:**

La programación de obras consiste en planificar y organizar todas las actividades necesarias para llevar a cabo un proyecto de construcción, desde el comienzo hasta su finalización. Establece el orden y los plazos de las tareas, así como la asignación de recursos como trabajadores, materiales y equipos. El objetivo es garantizar que el proyecto se realice de manera eficiente, cumpliendo con los plazos y reduciendo costos y retrasos. Una programación bien hecha es clave para el éxito de la obra, especialmente en proyectos grandes con varias fases y recursos limitados.

- **Gestión de proyectos:**

La gestión de proyectos es el proceso de planificar, organizar, ejecutar y controlar todos los recursos, actividades y plazos de un proyecto para lograr los objetivos establecidos de manera eficiente. Implica coordinar aspectos como el presupuesto, el tiempo, la calidad y el alcance del proyecto, asegurando que los recursos se utilicen de forma efectiva y que las tareas se realicen según lo planeado. Además, se necesita un seguimiento constante para identificar y resolver problemas que surjan durante el desarrollo del proyecto, asegurando que se cumplan los plazos y que los interesados estén satisfechos (Cruz et al., 2020).

En proyectos complejos, como los de minería, la gestión de proyectos se vuelve aún más esencial debido a las múltiples limitaciones y riesgos que hay que manejar. Estos proyectos requieren una planificación exhaustiva, una correcta asignación de recursos y una gestión detallada de los riesgos, normativas y factores externos que pueden afectar el desarrollo. Para garantizar el éxito del proyecto, se utilizan herramientas y técnicas de gestión como la programación de actividades, la identificación de riesgos y la gestión de la calidad, lo que permite cumplir con los requisitos técnicos, económicos y ambientales establecidos (Flores, 2025).

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA Y DISEÑO DEL PROYECTO**

### **3.1 DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN APLICADA**

#### **3.1.1 Tipo de investigación**

La presente investigación se define como aplicada, puesto que su propósito trasciende la teoría para intervenir directamente en la praxis de la ingeniería civil minera. Este enfoque se materializa en la creación y aplicación de un manual de identificación de restricciones, una herramienta diseñada no solo para elevar los índices de productividad, sino para humanizar la labor del programador de obra. Al sistematizar la detección de obstáculos, la investigación transforma la gestión técnica en una solución pragmática que reduce la incertidumbre y el estrés operativo, garantizando que el flujo de trabajo en la Unidad Minera Toquepala sea más previsible, eficiente y alineado con los objetivos del equipo humano en campo.

#### **3.1.2 Nivel de investigación**

La presente investigación se posiciona en un nivel explicativo, ya que su propósito no se limita a describir las deficiencias en la programación, sino a desvelar las relaciones de causalidad entre la identificación prematura de restricciones y el éxito en el cumplimiento de plazos. Al aplicar un manual estructurado, el estudio busca comprender el fenómeno de la variabilidad en obras civiles mineras, demostrando cómo una gestión consciente de los obstáculos actúa como el motor que estabiliza el flujo de trabajo. Este enfoque humaniza la

ingeniería al otorgar sentido y previsibilidad a la labor del equipo técnico, explicando que la eficiencia no es una métrica aislada, sino la consecuencia directa de una organización diseñada para proteger la integridad y el esfuerzo del talento humano frente a las incertidumbres del entorno operativo.

### 3.1.3 Justificación del enfoque aplicado

El enfoque aplicado adoptado en la presente investigación se fundamenta en la necesidad de dar respuesta directa al objetivo general, orientado a implementar un manual de identificación de restricciones que permita mejorar la programación de obras en proyectos civiles de unidades mineras en la región Tacna. En este contexto, la investigación no se limita únicamente al análisis teórico del problema, sino que busca intervenir en la realidad mediante una propuesta práctica que contribuya a optimizar el desempeño de los proyectos.

De igual manera, el enfoque cuantitativo resulta pertinente, ya que permite desarrollar los objetivos específicos a través de la identificación de las principales restricciones, la elaboración del manual y su aplicación en un caso piloto. Este proceso facilita la medición objetiva de los resultados obtenidos, considerando indicadores como el avance de obra, el cumplimiento de plazos y el comportamiento de la curva S, lo que permite evidenciar mejoras en la programación.

En concordancia con la hipótesis planteada, la cual establece que la aplicación del manual de identificación de restricciones incide en la optimización de la programación de obras, el enfoque metodológico permite analizar la relación entre ambas variables. De esta forma, se evalúa cómo la implementación del manual influye en la reducción de desviaciones y en el cumplimiento del cronograma, evidenciando un vínculo directo entre la causa y el efecto.

Asimismo, el diseño no experimental se justifica porque la investigación se desarrolla en un entorno real de ejecución de proyectos, sin alterar las condiciones propias del proceso constructivo. Esto permite observar el comportamiento del

proyecto en condiciones normales, otorgando mayor validez a los resultados obtenidos y facilitando su aplicación en contextos similares.

Finalmente, el enfoque aplicado se fortalece con la incorporación de metodologías reconocidas como el Last Planner System, la Guía PMBOK y la Teoría de Restricciones, las cuales respaldan la estructura del manual propuesto. En conjunto, este enfoque permite cumplir con los objetivos de la investigación, validar la hipótesis planteada y aportar una herramienta útil para mejorar la gestión y programación de obras en el sector minero.

### 3.2 DISEÑO DEL PROYECTO

#### 3.2.1 Etapas del proyecto

En el ambiente de proyectos civiles en unidades mineras, contemplan diferentes tipos de actividades para ejercer obras o servicios, los cuales tienen requisitos para sus programaciones, teniendo el siguiente diagnóstico:

El marco regulatorio de seguridad y la gestión de permisos, los cuales impacta al proyecto antes de que se inicie sus actividades. Se tienen casos que se genera lentitud en los tramites por la complejidad de información como también produciéndose cambios en los procedimientos.

La falta de información en los planos y especificaciones técnicas genera incertidumbre en la programación porque tenemos actividades identificadas a nivel básico, las cuales por tener información restringida no se logra concretar de manera completa la identificación de actividades.

Las restricciones por logística albergan varios puntos importantes teniendo en cuenta que, al ser un proyecto civil en minera, se requiere materiales, equipos especiales lo que genera problemas en la disponibilidad de insumos y equipos, a menudo se realizan importaciones. Otro factor dentro de este ámbito son las

ubicaciones remotas y su infraestructura deficiente lo que genera que el traslado incremente costos operativos y demoras.

Los factores geográficos y ambientales, los cuales por la condición geológica compleja se deben realizar otros procedimientos para ejecución de actividades, el clima extremo teniendo más exposición a los rayos UV y por las noches temperaturas que pueden llegar bajo 0 grados centígrados son factores diarios y en temporadas que pueden alcanzar hasta 3 meses se presentan lluvias torrenciales, tormentas eléctricas, granizada y vientos huracanados. Teniendo que paralizar las actividades que se ejecutan en la intemperie.

La restricción por Recursos Humano y la productividad se genera que al tener actividades especiales se requiere mano de obra especializada y por consecuencia se genera una restricción por mano de obra limitada ya que muchas veces este personal no cumple con los requisitos para sus pases laborales de las mineras.

Para el presente proyecto de tesis denominado Aplicación de un manual de restricciones para optimizar la programación de obras de proyectos civiles en unidades mineras, se considerará la estructura de las fases de guía del PMBOK y herramientas del LastPlanner como el lookahead y el acrónimo SIEMPRE.

La primera fase será la de INICIO, en donde nos comunicaran el comienzo de un proyecto, teniendo fechas de reuniones con los stakeholders y fijando compromisos en ellas las cuales generaran actividades que tendremos que identificar los riesgos potenciales del proyecto: Alcance, tiempo y costo. Se generarán entregables por cada reunión en las cuales serán formatos de seguimiento y control.

La segunda fase será la de ORGANIZACIÓN Y PREPARACIÓN, la más importante los involucrados crearan un plan de trabajo en conjunto con la planificación completa del proyecto, utilizando los acrónimos de SIEMPRE / Seguridad, Información, Equipos, Materiales, Personal, Requisitos y Espacio. Cada

actividad deberá ser analizada mediante este acrónimo para identificar las restricciones que afectaran el proyecto.

La tercera fase EJECUCIÓN DEL TRABAJO, se realizará una programación de 3 semanas conocida como Lookahead, en la cual se tendrá actividades más detalladas, donde las restricciones se estarán controlando mediante el acrónimo SIEMPRE. En esta fase se controlarán las restricciones surgidas por los cambios de los alcances y vicios ocultos.

La cuarta fase CIERRE, se verificarán los hitos o entregables del proyecto para entregarlos al cliente, las actividades generadas por observaciones del cliente de igual manera se controlarán con el acrónimo SIEMPRE.

Este diseño estará aplicado a un proyecto civil ubicado en una unidad minera, la cual se medirá desde el inicio hasta el cierre del proyecto, verificando la programación y las restricciones que impactan al proyecto, teniendo un cuadro de cumplimiento de actividades y con el diagnostico de impacto de las restricciones por partida. Las mediciones se verificarán mediante la Curva “S” de manera semanal, en función a la programación base. De esta manera se identificarán las restricciones y también se gestionarán para su mitigación y control teniendo porcentajes positivos durante la ejecución del proyecto, en caso se tenga actividades no programadas surgidas por cambios imprevistos en el alcance o por vicios ocultos.

### 3.2.2 Herramientas y/o software utilizado

En esta investigación, las herramientas y los programas seleccionados cumplen un papel clave para mejorar la planificación y el control de las obras civiles en unidades mineras. El Lookahead Three Week se utilizará como una herramienta de planificación a corto plazo que permitirá anticipar posibles restricciones y coordinar las actividades con mayor eficiencia. La Curva S la cual registrara el avance ejecutado vs programado, como también la Matriz SIEMPRE.

En el ámbito digital, el WBS (Estructura de Desglose del Trabajo) para verificar los EDT y Microsoft Project y Microsoft Excel apoyará el análisis de datos y el control de restricciones detectadas.

### 3.3 EVALUACIÓN TÉCNICA Y FACTIBILIDAD

#### 3.3.1 Análisis de Restricciones

El diseño del manual de identificación de restricciones es viable, tanto en su aplicación práctica como en sus requerimientos técnicos mínimos. El estudio se sustenta en metodologías de gestión de proyectos de la construcción ampliamente utilizadas, apoyadas por herramientas como Lookahead, formatos “SIEMPRE”, WBS entre otros, que garantizan eficiencia en la programación, análisis y control de obra. Además, aseguran la detección temprana de limitaciones y la mejora continua del proceso constructivo. Los recursos tecnológicos, humanos y logísticos disponibles en la ejecución de proyectos civiles en las unidades mineras de Tacna permiten implementar el manual de forma efectiva.

Las principales restricciones se suscitan por los altos Standares de Seguridad, en las cuales se evalúan las actividades en función a los controles de acuerdo a un Sistema de Gestión de Seguridad, en los que por naturaleza tienden a ser actividades de alto riesgo, lo que provoca demora en elaboración de documentos y en la aprobación de estos. Por otro lado, también está sujeto a la homologación del personal lo que tarda entre seis a ocho días y en algunos casos el personal no llega a completar su homologación. Como también para las actividades se preveen los controles administrativos ya que algunas veces se generan costos adicionales para su implementación y por ultimo los epps específicos que están en función a las actividades y por lo general son de alto riesgo. Y todo esto al no ser identificado apropiadamente genera un retraso en la programación por los tiempos para su implementación.

Las restricciones de información, se identifican por documentación que engloba planos, alcances, fichas técnicas, certificados de calidad, planes de trabajo

y procedimientos constructivos, que deben estar realizados y aprobados previa ejecución de actividades y al tener actividades complejas por naturaleza se genera una demora en la realización y aprobación, resulta que por data existente deficiente que genera incompatibilidades en el diseño del alcance y por consecuencia retrasos y una mala programación al no tener información suficiente para la actividad.

La restricción de equipos, vehículos, maquinarias y herramientas, en las unidades minera se identifican por su tiempo de traslado, al estar en una zona geográfica de acceso difícil se genera una logística compleja lo que resulta en lo ya mencionado, tiempo de traslado. Incluso si no se identifica apropiadamente en la programación su tiempo de traslado esto genera impactos negativos como atrasos, como también la homologación de las maquinarias y vehículos deben estar programados adecuadamente porque si por algún factor no cumple con la homologación correcta se genera más atrasos y desviaciones. En casos especiales al tener actividades complejas, se requieren maquinarias, equipos y herramientas especiales lo que también genera una complejidad en la logística por el tránsito limitado hacia el punto de obra, y por todo lo expuesto se debe identificar apropiadamente la adquisición, homologación y tiempos de traslados de herramientas, equipos, vehículos y maquinarias.

Para las restricciones causadas por materiales, tienden a estar en función a su complejidad por la adquisición al ser actividades complejas y estar sujetos a normas internacionales, tiende en el mayor de los casos a realizar importaciones por su escaso stock en el mercado local, y por lo general se generan demoras por el tiempo de su adquisición, que a su vez puede ser materiales de compra directa y en otros casos de fabricación del suministro que también está en función a compra de materia prima para su confección hasta el producto final. Por ello se debe identificar apropiadamente sus tiempos de suministro y traslado en la programación, porque incluso en ocasiones se demora más en su fabricación y traslado que en la instalación, que puede llegar a consumir todo el plazo contractual si no se hace una correcta identificación desde la fase de inicio.

En caso del personal que participara de los proyectos civiles en unidades mineras, se genera restricciones por disponibilidad y homologación, porque esta en función a la complejidad de las actividades y en muchos casos necesitan homologación de su especialidad, por lo tanto, se debe disponer el tiempo con holguras suficientes para la programación de ingreso del personal para las diferentes actividades. Y casos recurrentes el personal no puede aprobar la homologación por la minera, por lo que el sistema de estos tiene una base de datos de personas no aptas para ingreso a las unidades mineras.

Para los casos de requisitos, se generan restricciones por permisos, documentos, aprobaciones y condiciones adecuadas ambientales para realizar la actividad, por esto se debe absolver cualquiera de estos puntos para poder iniciar la actividad.

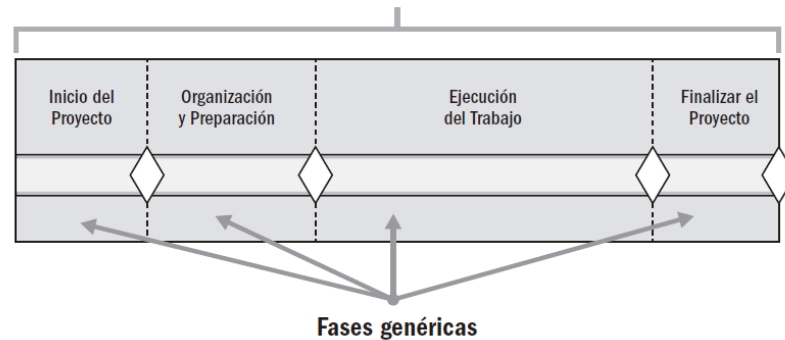
Las restricciones por espacio, se evalúan mediante una visita técnica, las cuales siempre se realiza previo al inicio del proyecto, por lo que se debe verificar las rutas de acceso, las rutas de tránsito del personal y equipos, los espacios para campamentos y de la zona de trabajo. De esta manera realizar las evaluaciones correspondientes de acuerdo a la necesidad del proyecto y su espacio, ya que muchas veces se predispone realizar trabajos con equipos de mayor tamaño en los cuales no pueden ingresar por esta restricción, lo que genera cambios de rendimientos y afectación en la cuantificación de días de la programación del proyecto.

### 3.3.2 Modelado estructural

El Manual de restricción se basa en su aplicación en el ciclo de vida del proyecto:

**Figura 1**

*Ciclo de vida de proyecto.*



El manual se genera por el ciclo de vida del proyecto, teniendo el inicio del proyecto, Organización y Preparación, ejecución del trabajo y finalización del proyecto.

En la fase de inicio de proyecto, se generan reuniones de manera general mediante dialogo se identifican las diferentes restricciones permanentes del proyecto. Las cuales identificamos por la peligrosidad de las partidas y la gestión de seguridad que se debería emplear. La información requerida de las acciones cotidianas que suceden en el entorno del proyecto y de esa manera identificarlas.

Posterior se realiza la organización y preparación del proyecto, en la cual tomamos las restricciones ya identificadas, colocando los tiempos con las holguras necesarias de acuerdo a la necesidad de la actividad. El tiempo de duración de cada actividad está en función al análisis de lo que resulta en la pregunta ¿Qué gestión de seguridad se debe implementa?, ¿Se tiene definidos los alcances, planos y procesos constructivos para la actividad?, ¿Para ejecutar esta partida tendré listo mis equipos implementados para la fecha?, ¿Los materiales a utilizar son comerciales o los tendré que importar?, ¿Se tendrá para la fecha al personal técnico y mano calificada?, ¿Para realizar las actividades se tiene que pedir algún permiso?, ¿El espacio que tengo es reducido o restringido?.

De esta manera se puede utilizar los acrónimos SIEMPRE para generar una programación en función a las restricciones encontradas.

En la fase de ejecución, se deberá utilizar la programación base para identificar la cronología de partidas y sus duraciones, como también analizarlo a través del Look A Head three week. Se utilizará la matriz SIEMPRE por cada una de las actividades y/o partidas a desarrollar. Para este punto es recomendable utilizar partidas próximas a ejecutarte. En caso de partidas que estén en función a un material o equipo de importación se deberá identificarlo en la fase de planificación.

**Tabla 1**

*Ejemplo de Matriz S.I.E.M.P.R.E para identificar restricciones de obras.*

| <i>Item</i> | <i>Actividades</i>    | <i>Seguridad</i>                                                  | <i>Información</i>                                  | <i>Equipos</i>                     | <i>Materiales</i> | <i>Personal</i>       | <i>Requisitos</i>       | <i>Espacio</i>                           |
|-------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------------------------|
| 1           | Movimiento tierras    | Pets Mov. Tierras<br>Capacitación                                 | Planos<br>Ensayo de suelos                          | Retroexcavadora<br>Camión Volquete | Agua              | Operario Mov. Tierra  | Permiso de Excavación   | Tráfico vehicular<br>Tormenta eléctrica  |
| 2           | Concreto simple       | Pets Concreto<br>Capacitación                                     | Planimetrías<br>Diseño de mezcla                    | Mezcladora                         | Cemento           | Capataz               | Liberación topográfica  | Espacio reducido                         |
| 3           | Concreto armado       | Pets Concreto<br>Petar<br>Capacitación                            | Planimetrías<br>Diseño de acero<br>Diseño de mezcla | Auto hormigonera                   | Cemento<br>Acero  | Albañil<br>Carpintero | Desencofrado            | Bajas Temperaturas                       |
| 4           | Pavimentos            | Pets Asfalto<br>Hojas MDS<br>Capacitación                         | Topografía<br>Diseño de asfalto<br>Fichas técnicas  | Rodillo<br>Neumático               | Agregado          | Capataz               | Pruebas de calidad      | Tránsito Peatonal<br>Tránsito vehicular  |
| 5           | Estructura metálica   | Pets Estructura Metálica<br>Plan Manejo Ambiental<br>Capacitación | Fichas técnicas<br>Planos fabricación               | Camión Grúa                        | Pernos            | Montajista            | Pruebas de alineamiento | Espacio confinado                        |
| 6           | Instalación eléctrica | Pets I. E<br>Epp<br>Dieléctricos                                  | Fichas técnicas                                     | Telurómetro                        | Conductor         | Electricista          | Pruebas de resistencia  | Espacio reducido<br>tránsito peatonal    |
| 7           | Instalación sanitaria | Pets I. S                                                         | Planos aprobados                                    | Balde Hidrostático                 | Válvulas          | Gasfitero             | Prueba Hidrostática     | Espacio reducido<br>transito maquinarias |

|    |                      |                                        |                         |                   |                |               |                           |                                    |
|----|----------------------|----------------------------------------|-------------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------------------|------------------------------------|
| 8  | Instalación de data  | Pets I.C                               | Fichas técnicas equipos | Tagger            | Tuberías       | Ing. Sistemas | Aprobación de supervisión | Espacio reducido tránsito peatonal |
| 9  | Instalación mecánica | Pets I.M                               | Planos fabricación      | Camión Grúa       | Tuberías       | Ing. Mecánico | Aprobación de supervisión | Espacio reducido tránsito peatonal |
| 10 | Mobiliario           | Pets Movilización equipos y materiales | Fichas técnicas         | Camión plataforma | Planchas acero | Ing. Material | Aprobación de supervisión | Cierre de vías                     |

### 3.3.3 Simulación de impacto ambiental

**Tabla 2**

*Matriz de impacto ambiental de proyecto civil minero.*

| <b>Etapas del Proyecto</b> | <b>Actividad Impactante</b>        | <b>Factor Ambiental Afectado</b>         | <b>Tipo de Impacto</b> | <b>Magnitud (1-5)</b> | <b>Medida de Mitigación (Restricción a Liberar)</b> |
|----------------------------|------------------------------------|------------------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>Construcción</b>        | Movimiento de tierras / Excavación | <b>Aire</b> (Polvo/Material Particulado) | Negativo (-)           | 4                     | Humectación constante y barreras físicas.           |
| <b>Construcción</b>        | Uso de maquinaria pesada           | <b>Sonoro</b> (Ruido excesivo)           | Negativo (-)           | 3                     | Mantenimiento preventivo y horarios restringidos.   |
| <b>Construcción</b>        | Instalación de campamentos         | <b>Suelo</b> (Generación de residuos)    | Negativo (-)           | 2                     | Plan de manejo de residuos y pozos sépticos.        |
| <b>Operación</b>           | Vertido de excedentes              | <b>Agua</b> (Alteración de escorrentía)  | Negativo (-)           | 5                     | Canales de coronación y sedimentadores.             |
| <b>Cierre</b>              | Reforestación / Revegetación       | <b>Flora y Fauna</b> (Recuperación)      | <b>Positivo (+)</b>    | 4                     | Uso de especies nativas de la zona (Tacna).         |

### 3.4 PLANIFICACIÓN Y EJECUCIÓN

#### 3.4.1 Cronograma de actividades

El cronograma de actividades se ajusta a la Tabla 3.

**Tabla 3**

Cronograma de actividades de ejecución de la investigación.

| Nº  | Actividades.                                           | Tiempo (meses) 2025-2026 |   |   |   |   |   |   |
|-----|--------------------------------------------------------|--------------------------|---|---|---|---|---|---|
|     |                                                        | O                        | N | D | E | F | M | A |
| 1.  | <b><i>Planificación del plan de investigación.</i></b> |                          |   |   |   |   |   |   |
| 1.1 | Planteamiento del problema.                            | X                        |   |   |   |   |   |   |
| 1.2 | Marco teórico.                                         | X                        |   |   |   |   |   |   |
| 1.3 | Diseño metodológico.                                   | X                        |   |   |   |   |   |   |
| 1.4 | Presentación del plan de investigación.                | X                        |   |   |   |   |   |   |
| 2.  | <b><i>Autorización de ejecución.</i></b>               |                          |   |   |   |   |   |   |
| 2.1 | Presentación a Dirección de Investigación de la EPG.   | X                        |   |   |   |   |   |   |
| 2.2 | Aprobación.                                            |                          | X |   |   |   |   |   |
| 3.  | <b><i>Ejecución del proyecto de investigación.</i></b> |                          |   |   |   |   |   |   |
| 3.1 | Preparación de instrumentos.                           |                          | X |   |   |   |   |   |
| 3.2 | Validación de instrumentos.                            |                          | X |   |   |   |   |   |
| 3.3 | Selección de muestras.                                 |                          |   | X |   |   |   |   |
| 3.4 | Toma de datos de campos.                               |                          |   | X |   |   |   |   |
| 3.5 | Sistematización y organización de datos.               |                          |   |   | X |   |   |   |
| 3.6 | Análisis e interpretación de datos.                    |                          |   |   |   | X |   |   |
| 4.  | <b><i>Redacción de la tesis.</i></b>                   |                          |   |   |   |   |   |   |
| 4.1 | Redacción del informe.                                 |                          |   |   |   |   | X |   |
| 4.2 | Conclusiones y sugerencias.                            |                          |   |   |   |   | X |   |
| 4.3 | Sustentación                                           |                          |   |   |   |   | X |   |

#### 3.4.2 Asignación de recursos

La asignación e recursos para la realización de la presente investigación corresponden a los humanos y materiales.

#### 3.4.3 Costos y financiamiento

Los costos de la investigación se detallan en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Costos a precios reales de la ejecución de la investigación.*

| <b>Rubro</b>                 | <b>Unidad de medida</b> | <b>Cantidad</b> | <b>Precio unitario</b> | <b>Precio sub total</b> |
|------------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------|-------------------------|
| <b>1. Personal</b>           |                         |                 |                        |                         |
| -Asesoramiento               | Glb                     | 01              | 6000.00                | 6000.00                 |
| -Personal de apoyo. (global) | Mes                     | 01              | 360.00                 | 360.00                  |
| <b>2. Material y Equipo</b>  |                         |                 |                        |                         |
| -Lapiceros.                  | Und.                    | 05              | 2.00                   | 10.00                   |
| -Papel bond 80g. A4.         | Millar                  | 01              | 26.00                  | 26.00                   |
| -Folder.                     | Und.                    | 02              | 0.50                   | 1.00                    |
| -Tinta de impresora.         | Und.                    | 01              | 240.00                 | 240.00                  |
| -Fotocopiado de hojas.       | Ciento                  | 01              | 10.00                  | 10.00                   |
| -USB (16 GB).                | Und                     | 01              | 40.00                  | 40.00                   |
| -Impresora.                  | Und.                    | 01              | 500.00                 | 500.00                  |
| <b>3. Servicios</b>          |                         |                 |                        |                         |
| -Internet. (horas)           | Mes.                    | 04              | 70.00                  | 280.00                  |
| -Impresión informe.          | Und.                    | 02              | 8.00                   | 16.00                   |
| -Refrigerio.                 | Glb.                    | 01              | 100.00                 | 100.00                  |
| -Tipeo de proyecto.          | Und.                    | 01              | 100.00                 | 100.00                  |
| <b>4. Otros</b>              |                         |                 |                        |                         |
| -Pasajes                     | Glb.                    | 01              | 500                    | 500                     |
| Total S/.                    |                         |                 |                        | 7683.00                 |

El proyecto es autofinanciado en un 100% por el tesista

## **CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 DESARROLLO DEL PROYECTO Y VALIDACIÓN DEL DISEÑO**

#### **4.1.1 Diagnóstico de las principales restricciones que afectan la programación de obras de proyectos civiles en unidades mineras.**

En el ámbito de ejecución de proyectos civiles en unidades mineras, se generan diferentes restricciones y a razón de esto se realiza un diagnóstico, identificando la línea de vida de un proyecto, como ha sido su desarrollo hasta su culminación, teniendo en cuenta que las condiciones para ejecutar proyectos civiles en unidades mineras son complejas.

Se ha realizado un análisis utilizando la matriz S.I.E.M.P.R.E, para identificar las restricciones generales para proyectos civiles en unidades mineras desde la fase de planificación del proyecto. Esta matriz lleva cambios constantes por vicios ocultos o por cambios en los alcances los que deben estar realizando su análisis de manera three week.

**Tabla 5***Matriz de identificación de restricciones generales en unidades mineras.*

| FASES DE OBRA              | MATRIZ SIEMPRE - IDENTIFICACION DE RESTRICCIONES |                                              |                                                              |                               |                                        |                                        |                                |
|----------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
|                            | SEGURIDAD                                        | INFORMACIÓN                                  | EQUIPOS                                                      | MATERIALES                    | PERSONAL                               | REQUISITOS                             | ESPACIO                        |
| INICIO                     | Documentos de gestión                            | Desconocimiento de ubicación campamento      |                                                              |                               | Profesionales                          | Permisos para ingreso de personal      |                                |
|                            |                                                  | Desconocimiento de instalación existentes    |                                                              |                               |                                        | Permisos para ingreso de vehículos     |                                |
| ORGANIZACIÓN Y PREPARACIÓN | Documentos de gestión de seguridad               | Compatibilidad de terreno                    | Unidad transporte materiales y equipos                       | Materiales civiles            | Profesionales                          | Permisos de intervención               | Vía restringida para vehículos |
|                            | Homologación personal                            | Compatibilidad de expediente                 | Unidad transporte de personal                                | Materiales Sanitarios         | Personal obrero                        | Permiso para circulación               | Espacio reducido en obra       |
|                            | Control ingeniería                               | Procedimientos Constructivos                 | Unidad transporte de maquinarias                             | Materiales eléctricos         | Personal especializado                 | Permiso para instalación de campamento | Espacio para campamento        |
|                            | Control administrativo                           | Planes de trabajo                            | Herramientas                                                 | Materiales mecánicos          | Conductores                            | Difusión de planes                     | Factores climatológicos        |
|                            | Protección Colectiva                             | Plan de calidad                              | Maquinarias                                                  | Materiales de importación     | Operadores                             | Acta entrega terreno                   | Vía restringida para peatones  |
|                            | Epps                                             | Cronograma y curvas<br>Horarios de trabajo   |                                                              | Materiales a pedido           |                                        |                                        |                                |
| EJECUCIÓN                  | Control ingeniería                               | Horarios de trabajo                          | Mantenimiento unidades de transporte de materiales y equipos | Fabricación                   | Vencimiento de documentos de identidad | Permisos de seguridad                  | Tipo de terreno                |
|                            | Control administrativo                           | Ordenes de cambio                            | Mantenimiento de unidad de transporte de personal            | Traslado de materiales        | Permanencia de personal                | Permisos de ingeniería                 | Acceso restringido             |
|                            | Protección Colectiva                             | Incompatibilidad de instalaciones existentes | Mantenimiento de maquinarias y equipos                       | Importación de materiales     | personal indisponible                  |                                        | Factor climático               |
|                            | Epps                                             |                                              |                                                              |                               |                                        |                                        |                                |
| CIERRE                     | Dossier Seguridad                                | Punch List                                   | Desmovilización de equipos                                   | Desmovilización de materiales | Desmovilización de Personal            | Permiso para desmovilización           | Acceso restringido             |
|                            |                                                  | Dossier Calidad                              |                                                              |                               |                                        | Acta de Terminó                        | Factores climatológicos        |
|                            |                                                  | Dossier Proyectos                            |                                                              |                               |                                        |                                        |                                |

Para el diagnóstico, los proyectos evaluados se encuentran ubicados en el Sur del Perú, Departamento de Tacna, Provincia de Jorge Basadre, Distrito de Ilabaya, Unidad Minera Toquepala a 3000 m.s.n.m.

Las áreas de estudio contempladas para el presente proyecto de tesis, contempla la región de Tacna. Ubicadas en zonas superiores a los 2800 m.s.n.m y con ingresos especiales, siendo la unidad minera de Toquepala, pertenecientes a Southern Cooper Corporation.

#### Proyecto 01: Asfaltado en vía plaza Toquepala – Barrio desamparados

Un proyecto que contempla un plazo de ejecución de 90 días calendarios, organizados en 14 semanas laborales.

La cual se analizará semana por semana para verificar su comportamiento durante su ejecución. Este análisis contempla la programación de actividades, la ejecución de actividades, las restricciones identificadas y los porcentajes de cumplimiento reflejados en el desfase.

**Tabla 6**

*Reporte de programación y avance de la obra.*

| Reportes          | %Prog.        | %Avace       | Desfase %     | %Prog.Acum    | %Ava.Acum.    | Desfase %      |
|-------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| LINEA BASE 0      |               |              |               |               |               |                |
| SEM 01            | 0.43%         | 0.44%        | 0.01%         | 0.43%         | 0.44%         | 0.01%          |
| SEM 02            | 1.54%         | 0.75%        | -0.79%        | 1.97%         | 1.19%         | -0.78%         |
| SEM 03            | 3.79%         | 3.80%        | 0.01%         | 5.76%         | 4.99%         | -0.77%         |
| SEM 04            | 7.53%         | 3.39%        | -3.95%        | 13.29%        | 8.57%         | -4.72%         |
| SEM 05            | 11.13%        | 6.82%        | -4.31%        | 24.42%        | 15.20%        | -9.22%         |
| SEM 06            | 13.15%        | 7.25%        | -5.90%        | 37.56%        | 22.45%        | -15.11%        |
| <b>SEM 07</b>     | <b>13.22%</b> | <b>9.03%</b> | <b>-4.19%</b> | <b>50.78%</b> | <b>31.48%</b> | <b>-19.30%</b> |
| SEM 08            | 13.38%        | 1.05%        | -12.33%       | 64.16%        | 32.53%        | -31.63%        |
| REPROGRAMACIÓN 01 |               |              |               |               |               |                |
| <b>SEM 09</b>     | <b>7.93%</b>  | <b>4.31%</b> | <b>-3.62%</b> | <b>65.96%</b> | <b>33.73%</b> | <b>-32.23%</b> |
| SEM 10            | 7.36%         | 5.72%        | -1.64%        | 73.31%        | 39.45%        | -33.86%        |
| SEM 11            | 7.36%         | 8.86%        | 1.50%         | 80.68%        | 53.42%        | -32.36%        |
| SEM 12            | 5.35%         | 8.05%        | 2.70%         | 86.03%        | 62.33%        | -29.66%        |
| SEM 13            | 4.17%         | 9.11%        | 4.94%         | 90.20%        | 65.48%        | -24.72%        |
| SEM 14            | 2.29%         | 7.14%        | 4.85%         | 92.50%        | 72.63%        | -19.87%        |
| SEM 15            | 2.21%         | 6.55%        | 4.34%         | 94.70%        | 79.44%        | -15.26%        |
| SEM 16            | 3.05%         | 5.50%        | 2.45%         | 97.75%        | 84.95%        | -12.80%        |
| REPROGRAMACIÓN 02 |               |              |               |               |               |                |
| <b>SEM 17</b>     | <b>3.45%</b>  | <b>3.55%</b> | <b>0.10%</b>  | <b>99.27%</b> | <b>88.40%</b> | <b>-10.87%</b> |

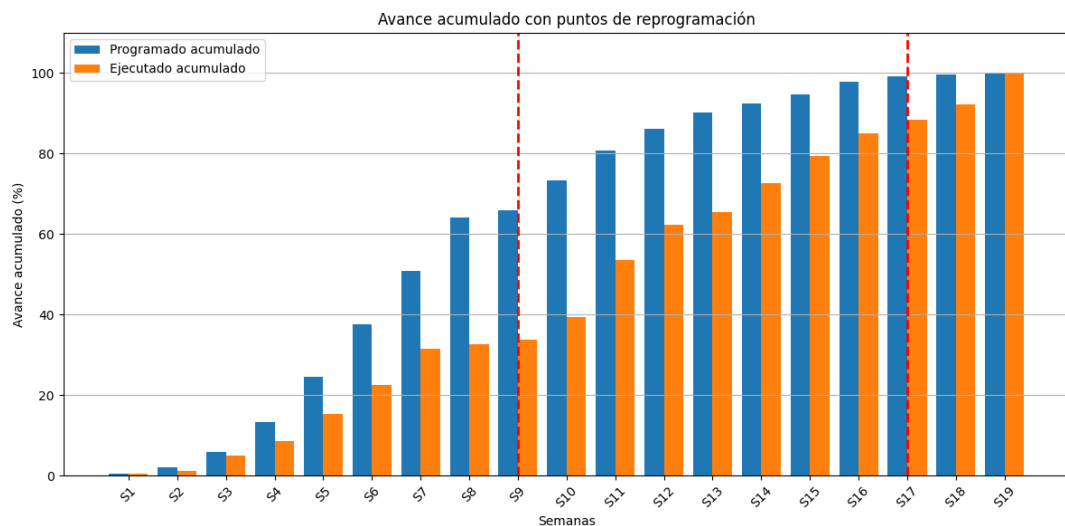
|        |       |       |       |         |         |        |
|--------|-------|-------|-------|---------|---------|--------|
| SEM 18 | 0.44% | 3.76% | 3.32% | 99.70%  | 92.16%  | -7.54% |
| SEM 19 | 0.30% | 7.84% | 7.54% | 100.00% | 100.00% | 0.00%  |

En la Tabla 6, se diagnostico el problema principal de la ejecución del proyecto verificando los desfases negativos críticos, lo cual precede por restricciones no identificadas en la etapa de la planificación, lo que genera un cronograma ineficiente.

En análisis referente a la tabla 06, indica que el proyecto desde a semana 01 hasta la semana 06 ha venido sufriendo retrasos, por restricciones no identificadas, lo que genero que a la semana 07 se tenga un programado acumulado de 50.78% mientras que un ejecutado acumulado de 31.58%. Por lo que genero un desfase de -19.30%.

## Figura 2

*Programación acumulada vs avance acumulado de la obra asfaltado vía plaza Toquepala - Desamparados.*



En la Figura 2, se consolidaron todas las tablas y programaciones en un único gráfico, lo que permitió analizar de manera integral el comportamiento del avance del proyecto. Se observa que, durante las primeras semanas, específicamente desde la semana 01 hasta la semana 09, el avance real presenta un incremento progresivo del atraso respecto al avance programado, generándose un

desfase acumulado en el cronograma. A partir de este punto, se identifica un hito crítico, en el cual se implementa una reprogramación de obra N.º 01, correspondiente al periodo comprendido entre la semana 10 y la semana 17. No obstante, durante esta etapa el desfase continúa persistiendo, lo que evidencia que las medidas adoptadas no fueron suficientes para revertir el retraso acumulado. Como consecuencia de ello, se procede a una segunda reprogramación de obra (Reprogramación N.º 02); sin embargo, el desfase se mantiene, lo que finalmente provoca la extensión del plazo del proyecto, prolongándose su ejecución hasta la semana 19 para su culminación.

En las siguientes tablas se detalla la lista de partidas, programación base por entregables con la cual se realizó la curva S del proyecto.

**Tabla 7**

*Partidas y subpartidas de la obra.*

| Item            | Entregables                                                          |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>01</b>       | <b>Obras preliminares</b>                                            |
| <b>01.01</b>    | Movilización y desmovilización de equipos, herramientas y materiales |
| <b>01.02</b>    | Trazo, niveles y replanteo permanente                                |
| <b>01.03</b>    | Oficina, almacén, talleres y obras provisionales                     |
| <b>01.04</b>    | Programa de seguridad, señalización y medio ambiente                 |
| <b>01.05</b>    | Mantenimiento de accesos                                             |
| <b>02</b>       | <b>Pavimento asfáltico en caliente</b>                               |
| <b>02.01</b>    | <b>Movimiento de tierras</b>                                         |
| <b>02.01.01</b> | Demoliciones de estructuras existentes                               |
| <b>02.01.02</b> | Remoción carpeta asfáltica existente                                 |
| <b>02.01.03</b> | Excavación en roca fija                                              |
| <b>02.01.04</b> | Excavación en material suelto                                        |
| <b>02.01.05</b> | Transporte de desechos y excedentes a dme para d= 15km               |
| <b>02.01.06</b> | Transporte de desechos y excedentes a dme para d= 3km                |
| <b>02.01.07</b> | Perfilado y compactado en zona de corte                              |
| <b>02.01.08</b> | Conformación de terraplenes con material de préstamo                 |
| <b>02.02</b>    | <b>Carpeta asfáltica en caliente</b>                                 |
| <b>02.02.01</b> | Base granular (e=0.225 m)                                            |
| <b>02.02.02</b> | Imprimación asfáltica                                                |

**02.02.03** Pavimento de concreto asfáltico en caliente (e=5cm)

**03 Drenaje**

**03.01 Obras de arte**

**03.01.01** Excavación no clasificada para estructuras

**03.01.02** Relleno para estructuras

**03.01.03** Cama de arena

**03.01.04** Perfilado y compactado de superficie de apoyo

**03.01.05** Concreta clase ( $f'c=100$  kg/cm<sup>2</sup>)

**03.01.06** Concreta clase ( $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>)

**03.01.07** Encofrado y desencofrado

**03.01.08** Acero de refuerzo  $f'y=4200$  kg/cm<sup>2</sup>

**03.01.09** Tubería tmc 36" para alcantarilla

**03.01.10** Tubería tmc 60" para alcantarilla

**03.01.11** Tubería hdpe de 12"

**03.01.12** Cuneta triangular

**03.01.13** Sardinel

**03.01.14** Bordillo

**03.01.15** Emboquillado de piedra

**03.01.16** Grating metálico

**03.01.17** Juntas de dilatación

**04 Obras de seguridad vial**

**04.01** Señales preventivas

**04.02** Señal reglamentaria

**04.03** Señales informativas

**04.04** Tacha retro reflectiva

**04.05** Pintado de parapetos de muros, alcantarillas y sardineles

**04.06** Marcas en el pavimento temporal y definitiva

**04.07** Poste de seguridad

En la tabla 7, se visualiza las actividades que corresponde al diagnóstico del primer proyecto, las cuales se dividen en cuatro entregables. Obras Preliminares, Pavimento en caliente, drenaje y Obras de seguridad vial.

**Tabla 8**

*Programación de actividades correspondiente a Obras Preliminares.*

| Edt          | Actividades               | sem. 1       | sem. 2        | sem. 3        | sem. 4        | sem. 5        | sem. 6        | sem. 7        | sem. 8        | sem. 9        | sem. 10       | sem. 11       | sem. 12       | sem. 13       | sem. 14        |
|--------------|---------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| <b>01</b>    | <b>Obras Preliminares</b> | <b>4.16%</b> | <b>11.39%</b> | <b>19.25%</b> | <b>27.22%</b> | <b>35.20%</b> | <b>43.17%</b> | <b>51.14%</b> | <b>59.11%</b> | <b>67.08%</b> | <b>75.05%</b> | <b>83.03%</b> | <b>91.00%</b> | <b>98.97%</b> | <b>100.00%</b> |
| <b>01.01</b> | Movilización              | 4.49%        | 12.36%        | 20.22%        | 28.09%        | 35.96%        | 43.82%        | 51.69%        | 59.55%        | 67.42%        | 75.28%        | 83.15%        | 91.01%        | 98.88%        | 100.00%        |
| <b>01.02</b> | Topografía                | 4.82%        | 12.82%        | 20.64%        | 28.47%        | 36.29%        | 44.11%        | 51.94%        | 59.76%        | 67.59%        | 75.41%        | 83.23%        | 91.06%        | 98.88%        | 100.00%        |

|       |                          |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |
|-------|--------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 01.03 | Oficinas                 | 4.49% | 12.36% | 20.22% | 28.09% | 35.96% | 43.82% | 51.69% | 59.55% | 67.42% | 75.28% | 83.15% | 91.01% | 98.88%  | 100.00% |
| 01.04 | Programa seguridad       | 4.49% | 12.36% | 20.22% | 28.09% | 35.96% | 43.82% | 51.69% | 59.55% | 67.42% | 75.28% | 83.15% | 91.01% | 98.88%  | 100.00% |
| 01.05 | Mantenimiento de accesos | 0.00% | 0.00%  | 7.89%  | 17.11% | 26.32% | 35.53% | 44.74% | 53.95% | 63.16% | 72.37% | 81.58% | 90.79% | 100.00% | 100.00% |

En la tabla 8, se muestra la programación realizada en la etapa de preparación y planificación, la cual indica la incidencia de partidas como en avance acumulado de los entregables hasta la semana 14.

Tabla 9

*Programación de actividades correspondiente a Pavimento asfáltico en caliente.*

| Edt      | actividades                                         | sem. 1 | sem. 2 | sem. 3 | sem. 4 | sem. 5 | sem. 6  | sem. 7  | sem. 8  | sem. 9  | sem. 10 | sem. 11 | sem. 12 | sem. 13 | sem. 14 |
|----------|-----------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 02       | Pavimento asfáltico en caliente                     | 0.00%  | 1.59%  | 8.10%  | 21.82% | 36.18% | 50.37%  | 62.10%  | 70.10%  | 79.58%  | 88.05%  | 93.66%  | 99.20%  | 100.00% | 100.00% |
| 02.01    | Movimiento de tierras                               | 0.00%  | 2.81%  | 14.30% | 38.53% | 57.50% | 74.94%  | 85.48%  | 92.84%  | 98.41%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 02.01.01 | Demoliciones                                        | 0.00%  | 0.00%  | 83.33% | 83.33% | 83.33% | 83.33%  | 83.33%  | 83.33%  | 83.33%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 02.01.02 | Remoción carpeta asfáltica                          | 0.00%  | 46.87% | 75.00% | 75.00% | 75.00% | 87.50%  | 87.50%  | 87.50%  | 87.50%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 02.01.03 | Excavación en roca fija                             | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 43.82% | 87.64% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 02.01.04 | Excavación en material suelto                       | 0.00%  | 0.00%  | 20.40% | 56.11% | 66.82% | 83.48%  | 93.48%  | 98.48%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 02.01.05 | Eliminación a 15km                                  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 24.00%  | 52.00%  | 80.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 02.01.06 | Eliminación a 3km                                   | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 24.00%  | 52.00%  | 80.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 02.01.07 | Perfilado y compactación                            | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 27.00% | 58.50% | 80.00%  | 90.00%  | 95.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 02.01.08 | Terraplenes con material préstamo                   | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 45.00% | 90.00% | 95.00%  | 95.00%  | 95.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 02.02    | Carpeta asfáltica en caliente                       | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 8.34%  | 18.29%  | 31.58%  | 40.41%  | 55.00%  | 72.45%  | 85.37%  | 98.16%  | 100.00% | 100.00% |
| 02.02.01 | base granular                                       | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 12.57% | 27.57%  | 39.00%  | 44.00%  | 66.00%  | 88.00%  | 92.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 02.02.02 | Imprimación                                         | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%   | 33.33%  | 33.33%  | 33.33%  | 50.00%  | 77.78%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 02.02.03 | pavimento de concreto asfáltico en caliente (e=5cm) | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 33.33%  | 33.33%  | 33.33%  | 66.67%  | 88.89%  | 100.00% | 100.00% |

En la tabla 9, corresponde la programación inicial del entregable de pavimento asfáltico en caliente, en la cual se verifico que se tenía planificado culminar las actividades en la semana 13

Tabla 10

*Programación de actividades correspondiente a Drenajes.*

| Edt | Actividades | sem. 1 | sem. 2 | sem. 3 | sem. 4 | sem. 5 | sem. 6 | sem. 7 | sem. 8 | sem. 9 | sem. 10 | sem. 11 | sem. 12 | sem. 13 | sem. 14 |
|-----|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
|-----|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|

|          |                           |       |       |       |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|----------|---------------------------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 03       | Drenaje                   | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 1.41%  | 10.90%  | 25.48%  | 42.85%  | 64.59%  | 73.51%  | 81.98%  | 93.51%  | 96.73%  | 100.00% | 100.00% |
| 03.01    | Obras de arte             | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 1.41%  | 10.90%  | 25.48%  | 42.85%  | 64.59%  | 73.51%  | 81.98%  | 93.51%  | 96.73%  | 100.00% | 100.00% |
| 03.01.01 | Excavación no clasificada | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 12.50% | 23.44%  | 40.63%  | 55.21%  | 75.00%  | 81.25%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 03.01.02 | Relleno estructuras       | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00%  | 18.75%  | 37.50%  | 53.12%  | 71.88%  | 78.13%  | 93.75%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 03.01.03 | Cama de arena             | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 25.00% | 75.00%  | 75.00%  | 75.00%  | 75.00%  | 75.00%  | 75.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 03.01.04 | Perfilado y compactado    | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 12.50% | 20.31%  | 35.42%  | 50.00%  | 68.75%  | 77.08%  | 95.83%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 03.01.05 | Concreto f'c=100 kg/m2    | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00%  | 16.67%  | 33.33%  | 50.00%  | 66.66%  | 83.33%  | 83.33%  | 83.33%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 03.01.06 | Concreto f'c=210 kg/cm2   | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00%  | 0.00%   | 22.22%  | 50.00%  | 66.67%  | 77.78%  | 77.78%  | 77.78%  | 77.78%  | 100.00% | 100.00% |
| 03.01.07 | Encofrado y desencofrado  | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00%  | 0.00%   | 22.22%  | 45.56%  | 66.67%  | 77.78%  | 77.78%  | 77.78%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 03.01.08 | Acero de refuerzo         | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00%  | 5.56%   | 27.78%  | 66.67%  | 72.22%  | 77.78%  | 77.78%  | 77.78%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 03.01.09 | Tubería tmc 36"           | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 16.67% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 03.01.10 | Tubería tmc 60"           | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00%  | 50.00%  | 50.00%  | 50.00%  | 50.00%  | 50.00%  | 50.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 03.01.11 | Tubería hdpe de 12"       | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 03.01.12 | Cuneta triangular         | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00%  | 0.00%   | 31.67%  | 65.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 03.01.13 | Sardinell                 | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 25.00%  | 25.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 03.01.14 | Bordillo                  | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 60.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 03.01.15 | Emboquillado de piedra    | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 12.43%  | 57.52%  | 87.57%  | 87.57%  | 87.57%  | 87.57%  | 100.00% | 100.00% |
| 03.01.16 | Grating                   | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 03.01.17 | Juntas de dilatación      | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00%  | 0.00%   | 7.14%   | 28.57%  | 57.14%  | 71.43%  | 78.57%  | 92.86%  | 92.86%  | 100.00% | 100.00% |

En la tabla 10, corresponde a la programación inicial del entregable de Drenaje, la cual empezaba en la semana 04 y finalizaba en la semana 13.

Tabla 11

Programación de actividades correspondiente a Obras de seguridad vial.

| Edt   | Actividades                                               | sem. 1 | sem. 2 | sem. 3 | sem. 4 | sem. 5 | sem. 6 | sem. 7 | sem. 8 | sem. 9 | sem. 10 | sem. 11 | sem. 12 | sem. 13 | sem. 14 |
|-------|-----------------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 04    | Obras de seguridad vial                                   | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 36.55%  | 95.87%  | 100.00% |
| 04.01 | Señales preventivas                                       | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 04.02 | Señal reglamentaria                                       | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 04.03 | Señales informativas                                      | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 66.67%  | 100.00% | 100.00% |
| 04.04 | Tacha retrorreflectiva                                    | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 100.00% | 100.00% |
| 04.05 | Pintado de parapetos de muros, alcantarillas y sardineles | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 100.00% | 100.00% |
| 04.06 | Marcas en el pavimento temporal y definitiva              | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 77.78%  | 100.00% |
| 04.07 | Poste de seguridad                                        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 66.67%  | 100.00% | 100.00% |

En la tabla 11, corresponde a la programación del entregable de obras de seguridad vial, la cual iniciaba en la semana 12 y culminaba en la semana 14.

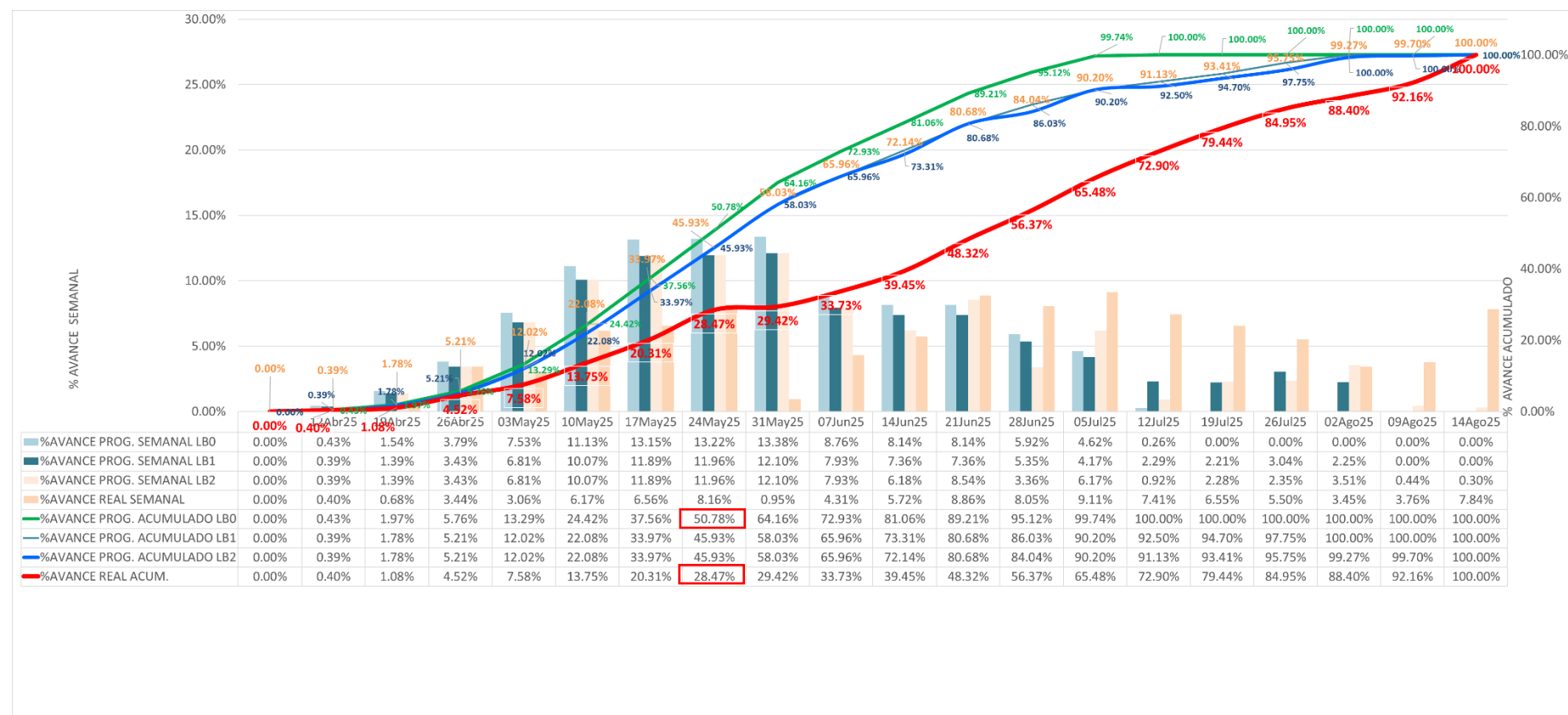
Por lo tanto, para el diagnóstico de este primer proyecto tenemos una planificación realizada por entregables, la cual se demostrará de cómo ha sido su programación

vs su ejecución, lo cual estará visualizado por la curva s de manera semanal, verificando sus porcentajes de avances semanales y acumulados vs los programados semanales y acumulados, como también los desfases surgidos.

La ejecución de obra correspondiente al proyecto asfaltado de vía Plaza Toquepala – Desamparados, en resumen, correspondiente a la curva S, se presenta en la **Figura 3**, cuyo inicio del 09 de abril hasta 14 de agosto.

Figura 3

Curva S Asbuilt, de la ejecución de la obra asfaltado de vía Plaza Toquepala – Desamparados.

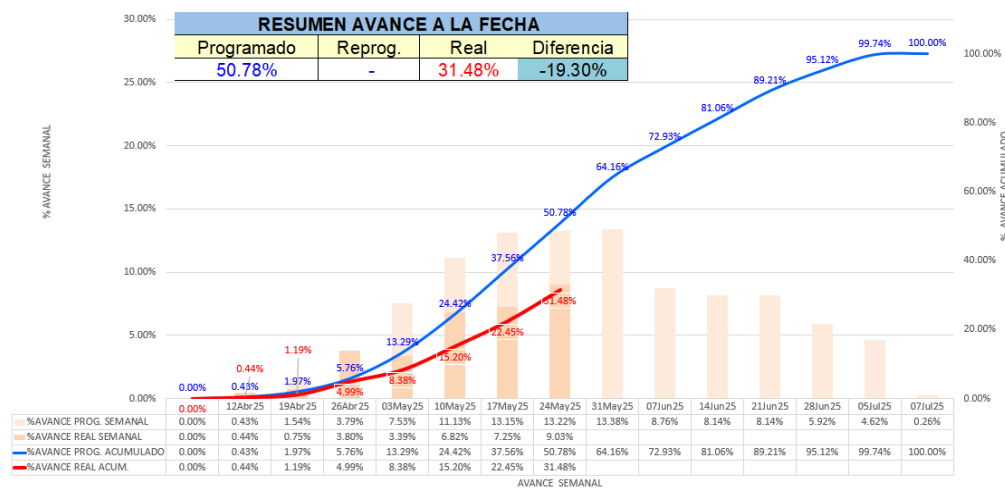


En la figura 3, La Curva S As Built evidencia un comportamiento irregular durante la ejecución del proyecto, caracterizado por un atraso progresivo respecto a la programación base. En la fase inicial, entre las semanas 01 y 05, el avance real se mantiene por debajo del programado, generando un desfase que pasa aproximadamente de -0.89% a -5.71%, lo que indica un inicio con restricciones no identificadas ni gestionadas oportunamente. Posteriormente, en la fase crítica comprendida entre las semanas 06 y 09, el atraso se incrementa significativamente, alcanzando valores cercanos al -34.74%, evidenciando un bajo control del cronograma y acumulación de restricciones durante la ejecución. En la etapa intermedia, entre las semanas 10 y 14, el proyecto no logra revertir el desfase, llegando a registrar un atraso máximo aproximado de -40.89%, lo que refleja la ineficiencia de las reprogramaciones aplicadas. Finalmente, en la fase de cierre, desde la semana 15 hasta la semana 19, se observa una recuperación acelerada del avance hasta alcanzar el 100% de ejecución, reduciendo progresivamente el desfase mediante la intensificación de recursos. En conjunto, este comportamiento evidencia una gestión reactiva del proyecto, con bajo nivel de planificación preventiva y control de restricciones, lo que genera una recuperación tardía del cronograma y posibles impactos en costos y productividad.

Se verificará el comportamiento del avance de la Semana 07 en función de la LB0 o línea base del proyecto asfaltado de vía Plaza Toquepala – Desamparados, correspondiente a la curva S, se presenta en la **Figura 4**, cuyo inicio del 18 de mayo hasta 24 de mayo.

**Figura 4**

*Curva S, avance semana 7 de la obra asfaltado de vía Plaza Toquepala – Desamparados.*



En la Figura 4, en función a la línea base inicial representa un -19.30% de desfase, en la cual mediante la matriz siempre se analizaron las restricciones por la cual el proyecto tubo incremento de atraso, lo cual se refleja en la tabla 12. Nota. Indicamos que por motivos de reajustes de cierre, los porcentajes usados en esta semana serán diferentes con los de la curva S as built.

**Tabla 12**

*Matriz S.I.E.M.P.R.E para identificar las restricciones de obras durante la semana 07.*

| <i>Item</i> | <i>Act.</i>    | <i>Seguridad</i>                  | <i>Información</i>                      | <i>Equipos</i>                               | <i>Material</i>       | <i>Personal</i> | <i>Requisitos</i>     | <i>Espacio</i> |
|-------------|----------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|----------------|
| 1           | Obras Prel.    | ✓                                 | ✓                                       | Cisterna de Agua                             | ✓                     | ✓               | ✓                     | ✓              |
| 2           | Pav. Asfáltico | Pets. de Imprima.<br>Pets. vigias | Planos construcción                     | Rodillo 10tn<br>Volquete<br>Cargador Frontal | Base Granular<br>Agua | Personal Piso   | Liberación topografía | Vía parcial    |
| 3           | Drenaje        | Pets Concreto<br>Pets Encofra.    | Planos construcción                     | Auto hormigonera<br>Cisterna de Agua         | Agua Madera           | Carpint. Peones | Liberación Topografía | Vía Parcial    |
| 4           | Seguridad Vial | Pets. Señales                     | --                                      | --                                           | --                    | --              | --                    | --             |
| 5           | Varios         | ✓                                 | Protocolos<br>Procedim.<br>Constructivo | Termómetro<br>Equipo                         | ✓                     | ✓               | ✓                     | ✓              |

En función a la tabla 12, El análisis de la tabla de restricciones evidencia que las principales actividades del proyecto presentan una alta concentración de restricciones en múltiples factores, especialmente en seguridad, equipos, materiales, requisitos y espacio. Actividades críticas como pavimento asfáltico y drenaje requieren la disponibilidad simultánea de recursos, información técnica y liberaciones previas, lo que incrementa la complejidad operativa. Se observa que restricciones como la liberación topográfica, la disponibilidad de equipos (rodillo, volquete, cisterna, auto hormigonera), así como la limitación de espacio de trabajo (vía parcial), constituyen factores críticos que condicionan el inicio y continuidad de las actividades. Asimismo, la presencia de múltiples requisitos de seguridad (PETS, protocolos) genera dependencias adicionales que, al no ser gestionadas oportunamente, afectan el flujo de trabajo. Este escenario se relaciona directamente con el comportamiento de la Curva S, donde se evidenció un atraso progresivo que alcanzó valores críticos cercanos al -40%, producto de la acumulación de restricciones no liberadas en las etapas iniciales y su gestión tardía durante la ejecución.

El proyecto presenta una alta dependencia de restricciones no gestionadas desde la planificación, lo que generó interrupciones en la continuidad de las actividades, reprogramaciones sucesivas y un bajo control del cronograma. La ausencia de un enfoque sistemático para la identificación y gestión de restricciones derivó en una gestión reactiva, reflejada en el desfase significativo de la Curva S y en la necesidad de recuperación acelerada en la fase final.

El atraso del proyecto no fue consecuencia de la ejecución, sino de la acumulación de restricciones no gestionadas desde la planificación

#### Proyecto 02: Mejora de campo deportivo Toquepala etapa 1

Un proyecto realizado en el año 2023, que contempla un plazo de ejecución de 75 días calendarios, organizados en 11 semanas laborales.

La cual se analizará semana por semana para verificar su comportamiento durante su ejecución. Este análisis contempla la programación de actividades, la ejecución de actividades, las restricciones identificadas y los porcentajes de cumplimiento reflejados en el desfase.

**Tabla 13**

*Reporte de programación y avance de la obra.*

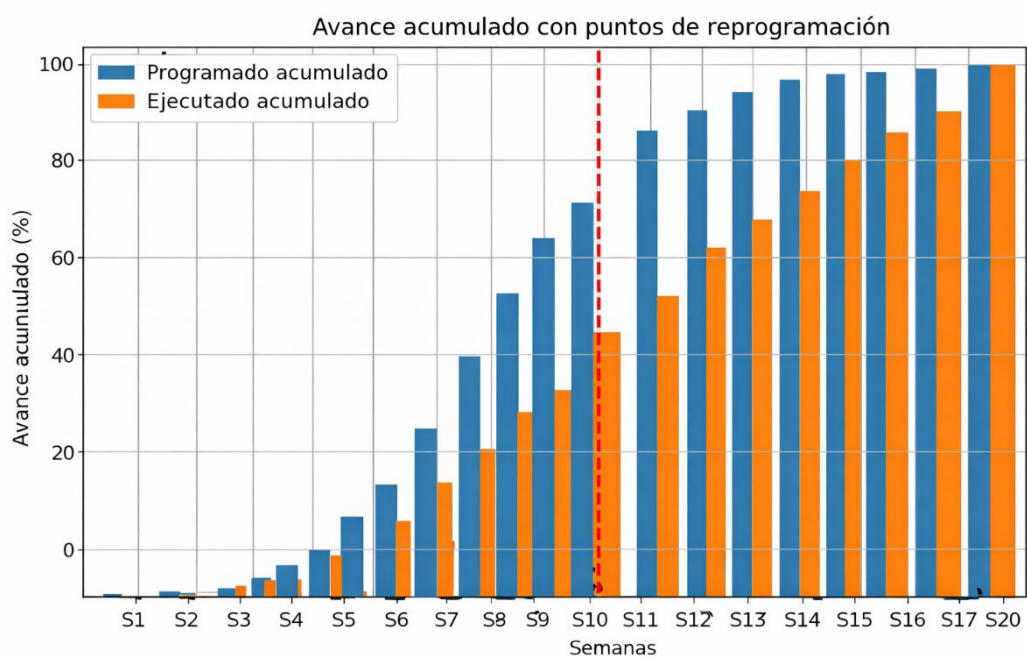
| Reportes | %Prog. | %Avance | Desfase %     | %Prog.Acum | %Ava.Acum. | Desfase %      |
|----------|--------|---------|---------------|------------|------------|----------------|
| SEM 01   | 4.56%  | 5.59%   | <b>-1.03%</b> | 4.56%      | 5.59%      | <b>1.03%</b>   |
| SEM 02   | 6.34%  | 5.25%   | <b>-1.09%</b> | 10.90%     | 10.84%     | <b>-0.06%</b>  |
| SEM 03   | 6.25%  | 3.99%   | <b>-2.26%</b> | 17.14%     | 14.83%     | <b>-2.32%</b>  |
| SEM 04   | 5.41%  | 4.35%   | <b>1.06%</b>  | 22.55%     | 19.18%     | <b>-3.37%</b>  |
| SEM 05   | 8.12%  | 2.36%   | <b>5.76%</b>  | 30.67%     | 21.54%     | <b>-9.13%</b>  |
| SEM 06   | 12.51% | 2.50%   | <b>10.01%</b> | 43.18%     | 24.04%     | <b>-19.14%</b> |
| SEM 07   | 13.16% | 5.70%   | <b>7.46%</b>  | 56.34%     | 29.74%     | <b>-26.59%</b> |
| SEM 08   | 13.27% | 12.15%  | <b>1.12%</b>  | 69.61%     | 41.89%     | <b>-27.72%</b> |
| SEM 09   | 12.05% | 0.22%   | <b>11.83%</b> | 81.66%     | 42.11%     | <b>-39.55%</b> |
| SEM 10   | 12.78% | 7.56%   | <b>5.22%</b>  | 94.44%     | 49.67%     | <b>-44.77%</b> |

|        |       |        |         |         |         |         |
|--------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|
| SEM 11 | 5.56% | 18.54% | -12.98% | 100.00% | 68.21%  | -31.79% |
| SEM 12 | 0.00% | 6.68%  | -6.68%  | 100.00% | 74.89%  | -25.11% |
| SEM 13 | 0.00% | 13.58% | -13.58% | 100.00% | 88.47%  | -11.53% |
| SEM 14 | 0.00% | 3.27%  | -3.27%  | 100.00% | 91.74%  | -8.26%  |
| SEM 15 | 0.00% | 1.29%  | -1.29%  | 100.00% | 93.03%  | -6.97%  |
| SEM 16 | 0.00% | 0.00%  | 0.00%   | 100.00% | 93.03%  | -6.97%  |
| SEM 17 | 0.00% | 0.00%  | 0.00%   | 100.00% | 93.03%  | -6.97%  |
| SEM 18 | 0.00% | 0.00%  | 0.00%   | 100.00% | 93.03%  | -6.97%  |
| SEM 19 | 0.00% | 5.18%  | -5.18%  | 100.00% | 98.21%  | -1.79%  |
| SEM 20 | 0.00% | 1.79%  | -5.18%  | 100.00% | 100.00% | 0.00%   |

En la Tabla 13, se ha marcado de color rojo el punto donde el proyecto debió acabar, pero se ha organizado los datos y se verifico que este proyecto se alargó hasta la semana 20 teniendo 09 semanas extra, un adelanto del mal manejo de restricciones para programación y ejecución del proyecto.

**Figura 5**

*Programación acumulada vs avance acumulado de la mejora de campo deportivo Toquepala.*



En la Figura 5, muestra la comparación del avance acumulado programado y ejecutado, evidenciando un comportamiento desfavorable del proyecto durante gran parte de su ejecución. En las primeras semanas, el avance ejecutado se mantiene consistentemente por debajo del programado, generando un desfase progresivo que se intensifica hasta alcanzar su punto crítico alrededor de la semana 10, donde la brecha entre ambas curvas es máxima. Este comportamiento refleja la acumulación de restricciones no gestionadas oportunamente y un bajo control del cronograma. A partir de la semana 11, identificada como punto de reprogramación, se observa un cambio en la tendencia, iniciándose una recuperación progresiva del avance ejecutado; sin embargo, esta mejora ocurre fuera del plazo originalmente planificado. En este sentido, el periodo comprendido entre la semana 11 y la semana 20 corresponde a un plazo no contemplado inicialmente, el cual fue necesario para completar el proyecto. Finalmente, en las últimas semanas se alcanza el 100% de avance, evidenciando que el cumplimiento del proyecto se logró mediante una extensión del tiempo y la intensificación de recursos. En conjunto, este comportamiento confirma una gestión reactiva del proyecto, caracterizada por retrasos acumulados, reprogramaciones y uso de plazos adicionales para cumplir con los objetivos establecidos.

En las siguientes tablas se detalla la lista de partidas, programación base por entregables con la cual se realizó la curva S del proyecto de mejora de campo deportivo etapa I.

**Tabla 14***Partidas y subpartidas de obra.*

| ITEM      | PARTIDA                                                                     |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>01</b> | <b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>                                                |
| 01.01     | TRANSPORTE DE MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS                            |
| 01.02     | OFICINAS, VESTIDORES, COMEDOR Y ALMACENES                                   |
| 01.03     | PROGRAMA DE SEGURIDAD                                                       |
| 01.04     | LIMPIEZA DE OBRA                                                            |
| 01.05     | TOPOGRAFÍA, TRAZO Y REPLANTEO                                               |
| <b>02</b> | <b>SISTEMA DE DRENAJE</b>                                                   |
| 02.01     | MOVIMIENTO DE TIERRAS                                                       |
| 02.01.01  | EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTADO PARA DRENAJE                               |
| 02.01.02  | RELLENO DE ZANJA CON GRAVA SELECCIONADA                                     |
| 02.02     | REDES DE DRENAJE                                                            |
| 02.02.01  | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS CORRUGADAS PERFORADAS HDPE 100mm DIAM. |
| 02.02.02  | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS CORRUGADAS PERFORADAS HDPE 150mm DIAM. |
| 02.02.03  | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS LISA HDPE 6" DIAM.                     |
| 02.02.03  | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOCOMPUESTO PARA DRENAJE - 2L 20.2 . MC DRAIN  |
| 02.03.01  | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS CORRUGADAS PERFORADAS HDPE 100mm DIAM. |
| <b>03</b> | <b>SISTEMA DE RIEGO</b>                                                     |
| 03.01     | MOVIMIENTO DE TIERRAS                                                       |
| 03.01.01  | EXCAVACIÓN EN TERRENO COMPACTADO PARA SIST. DE RIEGO                        |
| 03.01.02  | RELLENO DE ZANJA CON GRAVA SELECCIONADA                                     |
| 03.02     | REDES DE RIEGO                                                              |
| 03.02.01  | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE PVC SAP DE 3"                       |
| 03.02.02  | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE PVC SAP DE 2"                       |
| 03.02.03  | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE PVC SAP DE 1 1/2"                   |
| 03.02.04  | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE PVC SAP DE 1"                       |
| 03.02.05  | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VALVULA MANUAL DE 3"                            |
| 03.02.06  | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ASPERSORES EMERGENTES DE 3/4"                   |
| 03.03     | CAJA DE REGISTRO                                                            |
| 03.03.01  | CAJAS DE REGISTRO SEGÚN DETALLE                                             |
| <b>04</b> | <b>MEJORAMIENTO DE CANCHA</b>                                               |
| 04.01     | MOVIMIENTO DE TIERRAS                                                       |
| 04.01.01  | RETIRO Y ELIMINACIÓN DE GRASS                                               |
| 04.01.02  | CORTE DE TERRENO EN CAMPO DEPORTIVO                                         |
| 04.01.03  | RELLENO E INSTALACIÓN DE ARENA                                              |
| 04.01.04  | RELLENO E INSTALACIÓN DE TIERRA MEJORADA                                    |
| 04.01.05  | RELLENO E INSTALACIÓN DE COMPOST ABONO ORGÁNICO                             |
| 04.02     | GRASS NATURAL                                                               |
| 03.02.01  | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GRASS NATURAL                                   |
| 03.02.02  | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE ARCOS                                           |

En la tabla 14, se visualiza las actividades que corresponde al diagnóstico del primer proyecto, las cuales se dividen en cuatro entregables. Obras Preliminares, Sistema de drenaje, sistema de riego y mejoramiento de cancha.

**Tabla 15**

*Programación de actividades correspondiente a Trabajos Preliminares.*

| ITEM      | PARTIDA                                          | SEM 1   | SEM 2   | SEM 3   | SEM 4   | SEM 5   | SEM 6   | SEM 7   | SEM 8   | SEM 9   | SEM 10  | SEM 11  |
|-----------|--------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>01</b> | <b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>                     |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 01.01     | TRANSPORTE DE MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.02     | OFICINAS, VESTIDORES, COMEDOR Y ALMACENES        | 66.67%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.03     | PROGRAMA DE SEGURIDAD                            | 5.66%   | 15.09%  | 24.53%  | 33.96%  | 43.40%  | 52.83%  | 62.26%  | 71.70%  | 81.13%  | 90.57%  | 100.00% |
| 01.04     | LIMPIEZA DE OBRA                                 | 3.85%   | 13.46%  | 23.08%  | 32.69%  | 42.31%  | 51.92%  | 61.54%  | 71.15%  | 80.77%  | 90.38%  | 100.00% |
| 01.05     | TOPOGRAFÍA, TRAZO Y REPLANTEO                    | 9.09%   | 54.55%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |

En la tabla 15, se muestra la programación realizada en la etapa de preparación y planificación, la cual indica la incidencia de partidas como en avance acumulado de los entregables hasta la semana 12.

**Tabla 16**

*Programación de actividades correspondiente a sistema de drenaje.*

| ITEM         | PARTIDA                                        | SEM 1 | SEM 2 | SEM 3 | SEM 4  | SEM 5   | SEM 6   | SEM 7   | SEM 8   | SEM 9   | SEM 10  | SEM 11  |
|--------------|------------------------------------------------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>02</b>    | <b>SISTEMA DE DRENAJE</b>                      |       |       |       |        |         |         |         |         |         |         |         |
| <b>02.01</b> | <b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>                   |       |       |       |        |         |         |         |         |         |         |         |
| 02.01.01     | EXC. TERRENO COMPAC.                           | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 66.67% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 02.01.02     | RELLENO CON GRAVA                              | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 20.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| <b>02.02</b> | <b>REDES DE DRENAJE</b>                        |       |       |       |        |         |         |         |         |         |         |         |
| 02.02.01     | TUBERÍAS HDPE 100mm DIAM.                      | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00%  | 20.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 02.02.02     | TUBERÍAS HDPE 150mm DIAM.                      | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 02.02.03     | TUBERÍAS LISA HDPE 6" DIAM.                    | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 02.02.03     | GEOCOMPUESTO PARA DRENAJE - 2L 20.2 . MC DRAIN | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00%  | 0.00%   | 71.43%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| <b>02.03</b> | <b>CAJA DE REGISTRO</b>                        |       |       |       |        |         |         |         |         |         |         |         |
| 02.03.01     | TUBERÍAS HDPE 100mm DIAM.                      | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |

[illegible]

|          |                                 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |         |         |
|----------|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|
| 03.02.02 | INSTALACIÓN DE ARCOS            | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 100.00% | 100.00% |
| 03.02.03 | DELIMITACIÓN DE CAMPO DEPORTIVO | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00% | 0.00%   | 100.00% |

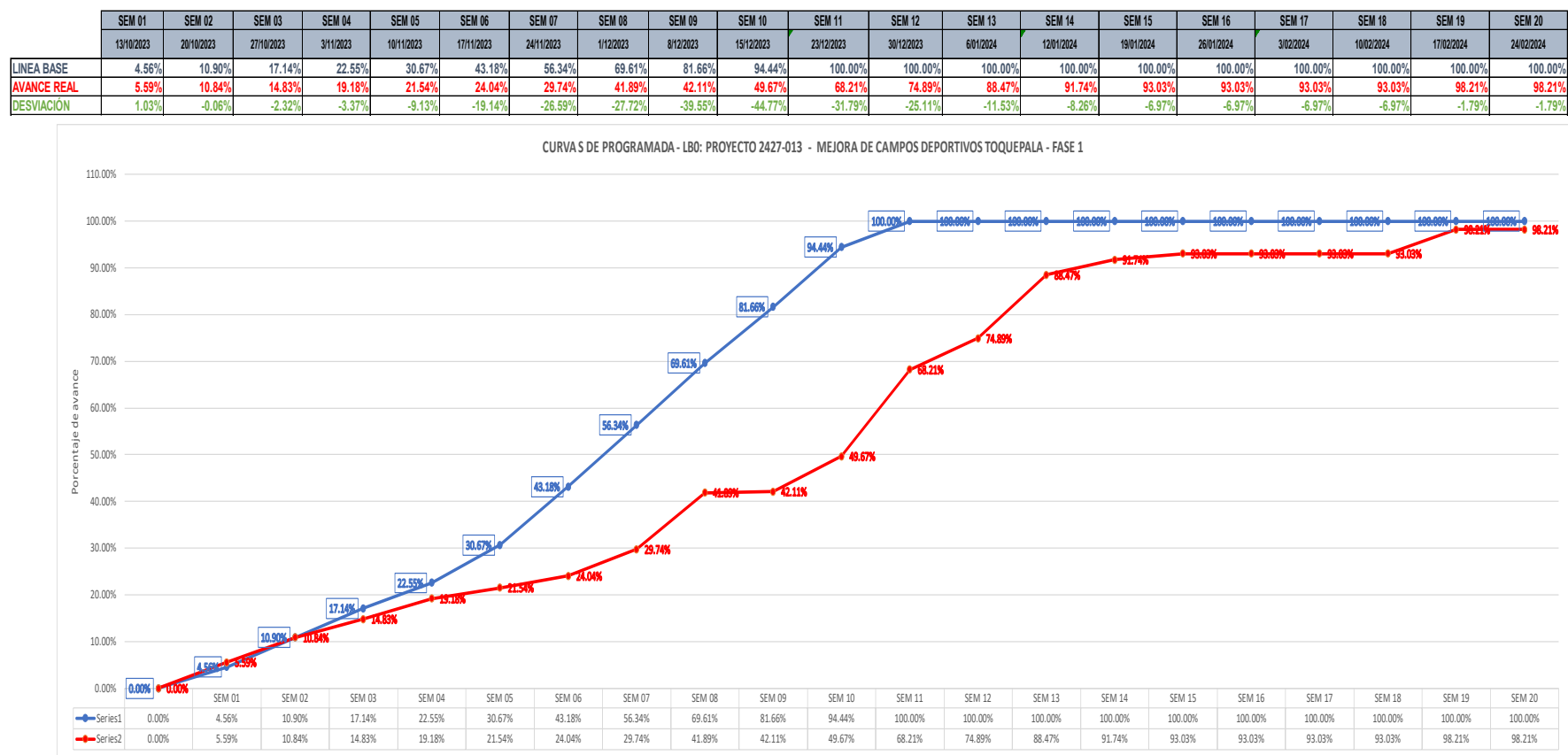
En la tabla 18, corresponde a la programación del entregable mejoramiento de cancha vial, la cual iniciaba en la semana 02 y culminaba en la semana 11.

Se realizará el diagnostico de este proyecto en función al avance realizado vs el programado, utilizando el grafico de la curva s, para verificar los desfases por semana y analizar cuando el desfase sobrepasa el quince por ciento negativos.

La ejecución de obra correspondiente al proyecto mejora de campo deportivo Toquepala etapa I, en resumen, correspondiente a la curva S, se presenta en la **Figura 6**, cuyo inicio del 13 de abril del 2023 hasta 24 de febrero del 2024.

Figura 6

*Curva S Asbuilt, Programado vs Ejecutado de la obra mejora de campo deportivo Toquepala.*



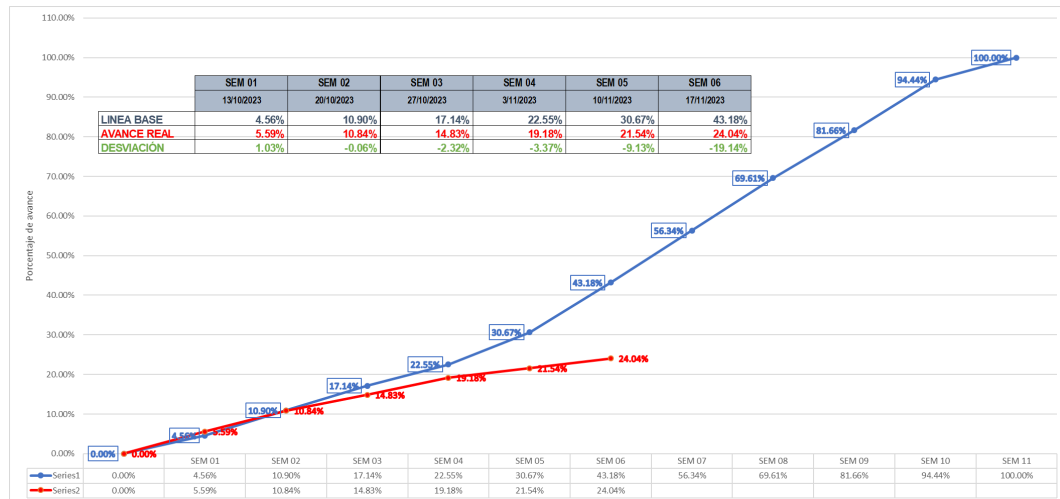
En la Figura 6, El análisis de la Curva S evidencia una brecha progresiva entre el avance programado y el avance real del proyecto. Durante las primeras semanas (SEM 01–SEM 04), el comportamiento se mantiene relativamente controlado; sin embargo, a partir de la SEM 05 se produce una pérdida sostenida del control del cronograma, incrementándose el desfase hasta alcanzar un valor crítico de -44.77% en la SEM 10. Este comportamiento refleja la acumulación de restricciones no identificadas ni gestionadas oportunamente, lo que afecta la continuidad de las actividades y genera retrasos significativos en la ejecución. A partir de la SEM 11, se observa una recuperación progresiva del avance; no obstante, esta se desarrolla dentro de un plazo no contemplado en la programación inicial (SEM 11–SEM 20), necesario para completar el proyecto. Este escenario evidencia que el cumplimiento final se logró mediante la extensión del tiempo y la aplicación de medidas correctivas tardías. En conjunto, los resultados reflejan una gestión reactiva del proyecto, propia de la ausencia de un manual de identificación de restricciones, lo que limita el control del cronograma y la eficiencia en la ejecución.

En síntesis, los atrasos del proyecto se deben a la acumulación de restricciones no identificadas ni gestionadas oportunamente, lo que generó un desfase progresivo y pérdida de control del cronograma. La ausencia de una planificación basada en restricciones ocasionó reprogramaciones y la necesidad de un plazo adicional para culminar el proyecto, evidenciando una gestión reactiva en lugar de preventiva.

A continuación, se extrajo la desviación más significativa para realizar el diagnóstico de las restricciones encontradas en la semana 06.

**Figura07**

Curva S, avance semana 6 de la obra mejora de campos deportivos Toquepala.



En la Figura 07, se observa que el avance real inicial de la sexta semana presenta una desviación negativa, dado que el programado acumulado representa 43.18% y el ejecutado 24.04% estableciéndose una desviación del -19.14%. En este punto de la semana 06 la desviación se incrementó en la cual verificaremos cuales fueron los motivos en función a la matriz del siempre.

**Tabla 19**

*Matriz S.I.E.M.P.R.E para identificar las restricciones de obras durante la semana 06.*

| Item | Act.          | Seguridad         | Información         | Equipos                             | Material      | Personal         | Requisitos            | Espacio                  |
|------|---------------|-------------------|---------------------|-------------------------------------|---------------|------------------|-----------------------|--------------------------|
| 1    | Obras Prel.   | ✓                 | ✓                   | Camión Grúa                         | ✓             | ✓                | ✓                     | Espacio ingreso reducido |
| 2    | Sist. Drenaje | Pets. de Tuberías | Planos construcción | Minicargador Volquete Rodillo 700kg | ✓             | Personal Piso    | Liberación topografía | Espacio Ingreso reducido |
| 3    | Sist. Riego   | Pets. de Tuberías | Planos construcción | Auto hormigonera Cisterna de Agua   | ✓             | Personal aspesor | Liberación Topografía | Espacio Ingreso reducido |
| 4    | Mejora cancha | Pets. grass       | Definición desagüe  | Maquina Soldar Rodillo 700kg        | Arcilla Grass | Personal Piso    | Liberación Topografía | Espacio Ingreso reducido |

El análisis de las restricciones del proyecto evidencia que las principales limitaciones se concentraron en seguridad, equipos, requisitos, información y espacio de trabajo, afectando directamente la continuidad de las actividades. Las exigencias de PETS y protocolos de seguridad condicionaron el inicio oportuno, mientras que la disponibilidad limitada de equipos clave (minicargador, rodillo, camión grúa, auto hormigonera y cisterna) generó tiempos muertos y baja productividad. Asimismo, la falta de liberación topográfica y de información técnica (planos) restringió la programación efectiva, y las condiciones de espacio e ingreso reducido dificultaron la ejecución operativa.

En conjunto, estas restricciones no gestionadas oportunamente provocaron interrupciones, reprogramaciones y retrasos acumulados en el proyecto. Esto evidencia que el bajo desempeño no se debió a la ejecución, sino a la falta de planificación preventiva basada en la identificación de restricciones, generando una gestión reactiva y el desfase observado en el cronograma.

En consecuencia, se concluye que el desempeño del proyecto estuvo condicionado principalmente por la falta de gestión oportuna de restricciones, evidenciando la necesidad de implementar un enfoque preventivo para garantizar el control del cronograma.

### Proyecto 03: Residuos peligrosos almacenamiento Toquepala.

Un proyecto que contempla un plazo de ejecución de 90 días calendarios, organizados en 13 semanas laborales.

La cual se analizará semana por semana para verificar su comportamiento durante su ejecución. Este análisis contempla la programación de actividades, la ejecución de actividades, las restricciones identificadas y los porcentajes de cumplimiento reflejados en el desfase.

**Tabla 19**

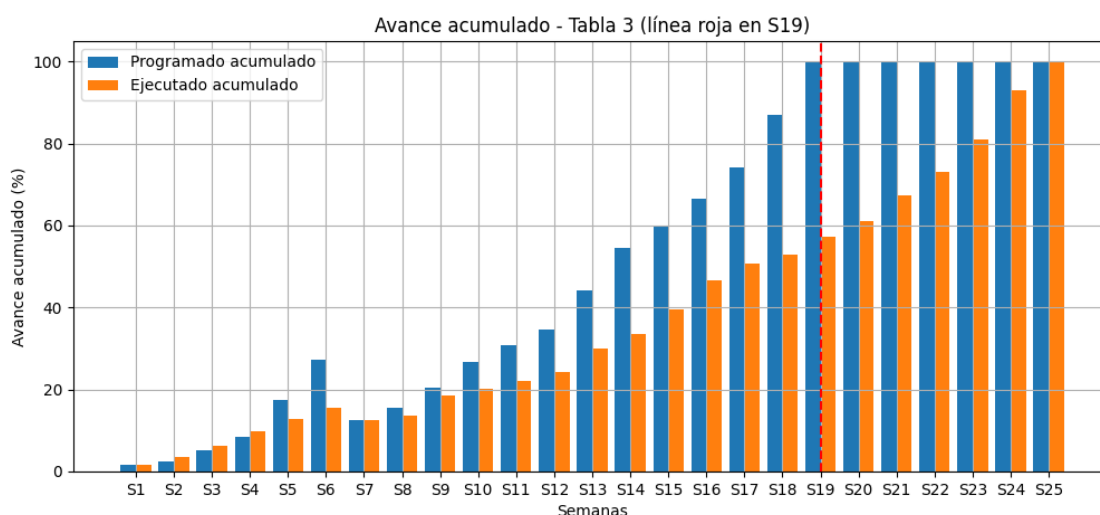
*Reporte de programación y avance de la obra.*

| Reportes | %Prog. | %Avance | Desfase % | %Prog.Acum | %Ava.Acum. | Desfase % |
|----------|--------|---------|-----------|------------|------------|-----------|
| SEM 01   | 1.59%  | 1.57%   | -0.02%    | 1.59%      | 1.27%      | 0.32%     |
| SEM 02   | 0.87%  | 1.93%   | 1.06%     | 2.46%      | 3.49%      | -0.37%    |
| SEM 03   | 2.73%  | 2.75%   | 0.02%     | 5.19%      | 6.24%      | 0.13%     |
| SEM 04   | 3.17%  | 3.48%   | 0.31%     | 8.36%      | 9.72%      | 0.48%     |
| SEM 05   | 9.10%  | 3.10%   | -6.00%    | 17.46%     | 12.82%     | 7.07%     |
| SEM 06   | 9.83%  | 2.60%   | -7.23%    | 27.29%     | 15.42%     | 14.80%    |
| SEM 07   | 0.08%  | 0.14%   | 0.06%     | 12.57%     | 12.63%     | -0.06%    |
| SEM 08   | 3.01%  | 1.11%   | -1.90%    | 15.58%     | 13.74%     | 1.84%     |
| SEM 09   | 7.79%  | 5.94%   | -1.85%    | 20.36%     | 18.58%     | 1.78%     |
| SEM 10   | 6.36%  | 1.59%   | -4.77%    | 26.73%     | 20.16%     | 6.57%     |
| SEM 11   | 4.16%  | 1.79%   | -2.37%    | 30.89%     | 21.96%     | 8.93%     |
| SEM 12   | 3.62%  | 2.40%   | -1.22%    | 34.51%     | 24.36%     | 10.40%    |
| SEM 13   | 9.73%  | 5.59%   | -4.14%    | 44.24%     | 29.94%     | 14.55%    |
| SEM 14   | 10.42% | 3.62%   | -6.80%    | 54.66%     | 33.57%     | 21.33%    |
| SEM 15   | 5.46%  | 5.95%   | 0.49%     | 60.13%     | 39.51%     | 22.17%    |
| SEM 16   | 6.46%  | 7.09%   | 0.63%     | 66.59%     | 43.85%     | 22.74%    |
| SEM 17   | 7.55%  | 4.00%   | -3.55%    | 74.14%     | 47.85%     | 26.29%    |
| SEM 18   | 12.74% | 2.20%   | -10.54%   | 86.89%     | 49.17%     | 37.72%    |
| SEM 19   | 13.11% | 4.38%   | -8.73%    | 100.00%    | 53.19%     | 46.81%    |
| SEM 20   |        | 3.83%   | 3.83%     | 100.00%    | 55.89%     | 44.11%    |
| SEM 21   |        | 6.28%   | 6.28%     | 100.00%    | 62.08%     | 37.92%    |
| SEM 22   |        | 5.76%   | 5.76%     | 100.00%    | 69.07%     | 30.93%    |
| SEM 23   | 13.22% | 11.83%  | -1.39%    | 100.00%    | 80.90%     | 19.10%    |
| SEM 24   | 12.01% | 10.27%  | -1.74%    | 93.26%     | 92.91%     | 7.09%     |
| SEM 25   | 6.74%  | 7.09%   | 0.35%     | 100.00%    | 100.00%    | 0.00%     |

En la tabla 20, se ha recolectado la información, en lo que representa una obra con 02 reprogramaciones, la cual una generada por orden de cambio en el alcance y en la segunda por trabajos retrasados. De tal manera se podría indicar un proyecto con muchas restricciones las cuales también generadas por cambios durante el proceso de ejecución.

### Figura 8

*Programación acumulada vs avance acumulado de la obra mejora de la zona de almacenamiento central de residuos sólidos peligrosos.*



En la figura 8, evidencia que el atraso del proyecto está directamente asociado a la no identificación oportuna de restricciones desde la fase de planificación. Si bien hasta la semana 10 el proyecto mantiene un avance relativamente cercano a lo programado, la presencia de restricciones no detectadas relacionadas con recursos, información técnica, equipos y condiciones operativas comienza a impactar progresivamente en la ejecución. Esto se refleja con mayor claridad entre las semanas 11 y 18, donde el desfase acumulado se incrementa de manera sostenida hasta alcanzar aproximadamente -34.10%, evidenciando la pérdida de control del cronograma.

Se generó una reprogramación a partir de la semana 10 la cual generó un hito extendiendo el proyecto a un total de 19 semanas, pero el problema persistió por que no se identificó las restricciones, las cuales continúan afectando la continuidad de las actividades. Recién en la semana 19, con la Reprogramación N.º 01, se establece un ajuste formal que permite reorganizar el cronograma; sin embargo, este se desarrolla dentro de un plazo no contemplado, confirmando que las acciones correctivas fueron implementadas de manera tardía. En conjunto, el análisis demuestra que el atraso no se originó en la ejecución, sino en la falta de identificación y gestión preventiva de restricciones, lo que generó una acumulación de interferencias, reprogramaciones y pérdida progresiva del control del proyecto.

En las siguientes tablas se detalla la lista de partidas, programación base por entregables con la cual se realizó la curva S del proyecto de mejora de la zona de almacenamiento central de residuos sólidos peligrosos.

**Tabla 20**

*Partidas y subpartidas de obra.*

| ITEM        | PARTIDA                                                              |
|-------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>1</b>    | <b>OBRAS CIVILES</b>                                                 |
| <b>1.01</b> | <b>OBRAS PROVISIONALES</b>                                           |
| 01.01.01    | MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS |
| 01.01.02    | FACILIDADES DE OBRA                                                  |
| 01.01.03    | PROGRAMA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO                          |
| 01.01.04    | TRAZO Y REPLANTEO EN OBRA                                            |
| <b>1.02</b> | <b>OBRAS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>                                |
| 01.02.01    | CONFORMACION DE TERRAPLEN PARA LOSA DE PISO                          |
| 01.02.02    | EXCAVACION LOCALIZADA EN TERRENO COMPACTADO                          |
| 01.02.03    | RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO SELECCIONADO                  |
| 01.02.04    | ELIMINACION MATERIAL EXCEDENTE                                       |
| <b>1.03</b> | <b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>                                      |
| 01.03.01    | SOLADO DE CONCRETO F'C= 100 KG/CM2                                   |
| 01.03.02    | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                                             |
| 01.03.03    | CONCRETO F'C=175 kg/cm2 PARA BANCO DE DUCTOS                         |
| <b>1.04</b> | <b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>                                      |
| 01.04.01    | ZAPATAS Y PEDESTALES                                                 |
| 01.04.02    | LOSA DE PISO, SARDINELES Y RAMPAS DE ACCESO                          |

[illegible]

|                 |                                                    |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-----------------|----------------------------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 01.04.01.04     | PERNOS DE ANCLAJE                                  | 8.00%  | 41.38%  | 41.38%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.01.05     | GROUT DE NIVELACION                                | 11.13% | 44.51%  | 77.88%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| <b>01.04.02</b> | <b>LOSA DE PISO, SARDINELES Y RAMPAS DE ACCESO</b> |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 01.04.02.01     | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                           | 36.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.02.02     | CONCRETO F' C=280 KG/CM2                           | 20.00% | 50.00%  | 97.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.02.03     | ACERO fy=4,200 kg/cm2                              | 63.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.02.04     | JUNTA DE CONTRACCION                               |        |         | 8.25%   | 58.25%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.02.05     | JUNTA DE DILATAACION                               |        |         | 8.25%   | 58.25%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.02.06     | JUNTA DE CONSTRUCCION                              |        |         | 8.25%   | 58.25%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| <b>01.04.03</b> | <b>CANALETAS DE DRENAJE Y SUMIDEROS</b>            |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 01.04.03.01     | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                           |        |         | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.03.02     | CONCRETO F' C=280 KG/CM2                           |        |         | 66.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.03.03     | ACERO fy=4,200 kg/cm2                              |        |         | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.03.04     | GRATING METÁLICO                                   |        |         |         | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.03.05     | INSERTOS METÁLICOS                                 |        |         | 80.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.03.06     | JUNTA DE CONSTRUCCION                              |        |         |         |         | 40.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| <b>01.04.04</b> | <b>SUBESTACIÓN ELECTRICA Y ANTENA PARARRAYO</b>    |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 01.04.04.01     | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                           |        |         | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.04.02     | CONCRETO F' C=280 KG/CM2                           |        |         | 50.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.04.03     | ACERO fy=4,200 kg/cm2                              |        |         | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.04.04     | PERNOS DE ANCLAJE                                  |        |         | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.04.05     | GROUT DE NIVELACION                                |        |         | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.04.06     | INSERTOS METÁLICOS                                 |        |         | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.04.07     | GRATING METÁLICO                                   |        |         | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| <b>01.04.05</b> | <b>MANHOLE</b>                                     |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 01.04.05.01     | ENCOFRADO Y DESENCOFRADO                           |        |         | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.05.02     | CONCRETO F' C=280 KG/CM2                           |        |         | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.05.03     | ACERO fy=4,200 kg/cm2                              |        |         | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.05.04     | SUMINISTRO TAPA METÁLICA                           |        |         | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 01.04.05.05     | INSERTOS METÁLICOS                                 |        |         | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |

En la tabla 22, corresponde a la programación inicial del entregable de obras civiles, con un inicio en la semana 2 y termino en la semana 10.

**Tabla 22**

|                                                |                                                                                                                                                                                                                             |        |         |         |         |         |         |         |         |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 02.02.06                                       | CONSTRUCCION DE POZO A TIERRA, CON SAL INDUSTRIAL Y CARBON VEGETAL, INCLUYE VARILLA DE COBRE DE 03/4" x 2400 mm CONCETOR DE VARILLA CON CABLE DE 4/0 AWG Y 2/0 AWG CAJA DE REGISTRO, ENTRE OTROS                            | 28.50% | 70.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 02.02.07                                       | MATERIALES MISCELANEOS MONTAJE DE BARRA DE COBRE, INCLUYE AISLADORES, PLETINA DE COBRE DE 500MM DE LONGITUD Y DE 5MM DE ESPESOR, TERMINACION TIPO COMPRESION #2/0 AWG, TUBERIAS, CINTA ROJA, PRUEBAS ELECTRICAS ENTRE OTROS |        |         |         |         | 5.00%   | 80.00%  | 100.00% |         |
| <b>02.03 SISTEMA DE PROTECCION ATMOSFERICA</b> |                                                                                                                                                                                                                             |        |         |         |         |         |         |         |         |
| 02.03.01                                       | MONTAJE DE TERMINAL AÉREO SOLIDO DE COBRE CON PUNTA TETRAPUNTAL DE 5/8" CON ADAPTADOR INCLUIDO, TIPO FRANKLIN                                                                                                               |        | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 02.03.02                                       | MONTAJE DE POSTE METALICO PARA PARARRAYO (TUBO SCHEDULE 40) H=18M                                                                                                                                                           | 50.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 02.03.03                                       | CONSTRUCCION DE POZO A TIERRA, CON SAL INDUSTRIAL Y CARBON VEGETAL, INCLUYE VARILLA DE COBRE DE 03/4" x 2400 mm CONCETOR DE VARILLA CON CABLE DE 4/0 AWG Y 2/0 AWG CAJA DE REGISTRO, ENTRE OTROS                            | 12.50% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
| 02.03.04                                       | MATERIALES MISCELANEOS MONTAJE DE POSTE METALICO, INCLUYE TERMINALES DE CONEXION #4/0 AWG, ABRAZADERAS, TUBERIAS, ENTRE OTROS                                                                                               |        |         | 35.00%  | 85.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% |         |

En la tabla 24, corresponde a la programación inicial del entregable de estructuras metálicas, con un inicio en la semana 7 y termino en la semana 14.

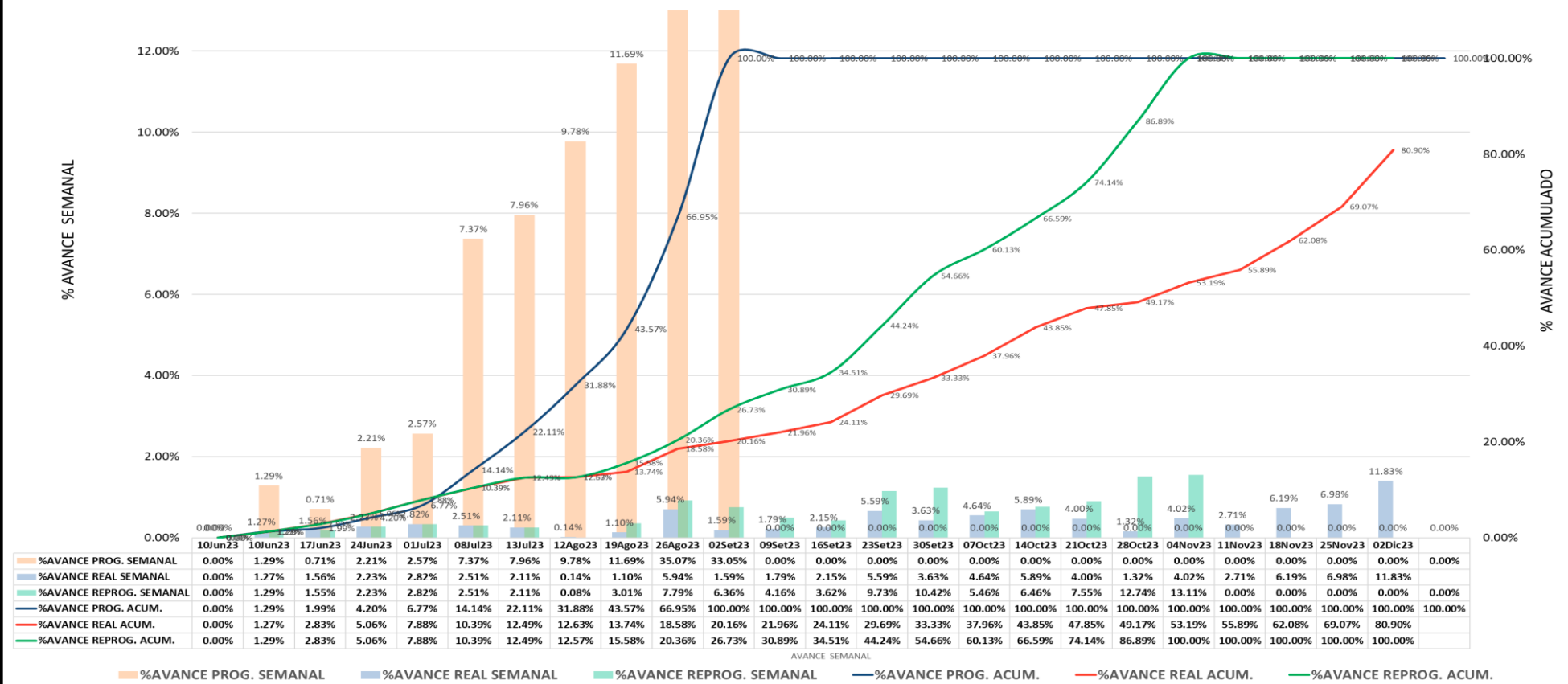
Se realizará el diagnostico de este proyecto en función al avance realizado vs el programado, utilizando el grafico de la curva s, para verificar los desfases por semana.

La ejecución de obra correspondiente al proyecto mejora de almacén de residuos peligrosos Toquepala, en resumen, correspondiente a la curva S, se presenta en la Figura 3, cuyo inicio del 10 de junio del 2023 hasta 02 de diciembre 2023.

### Figura09

Curva S Asbuilt, Programado vs Ejecutado de la obra mejora de almacén de residuos peligrosos Toquepala.

## CURVA S



En la figura 9, El análisis de la Curva S evidencia un desfase progresivo entre el avance programado, reprogramado y el avance real, originado por la no identificación y gestión oportuna de restricciones relacionadas con recursos, equipos, información y condiciones de trabajo. Este desfase se incrementa durante la fase intermedia del proyecto, alcanzando un valor crítico superior al 40% respecto a la programación original (semanas 09–12) y manteniéndose aún elevado frente a la reprogramación, con aproximadamente -34% hacia la semana 18, lo que refleja la persistencia de restricciones no resueltas.

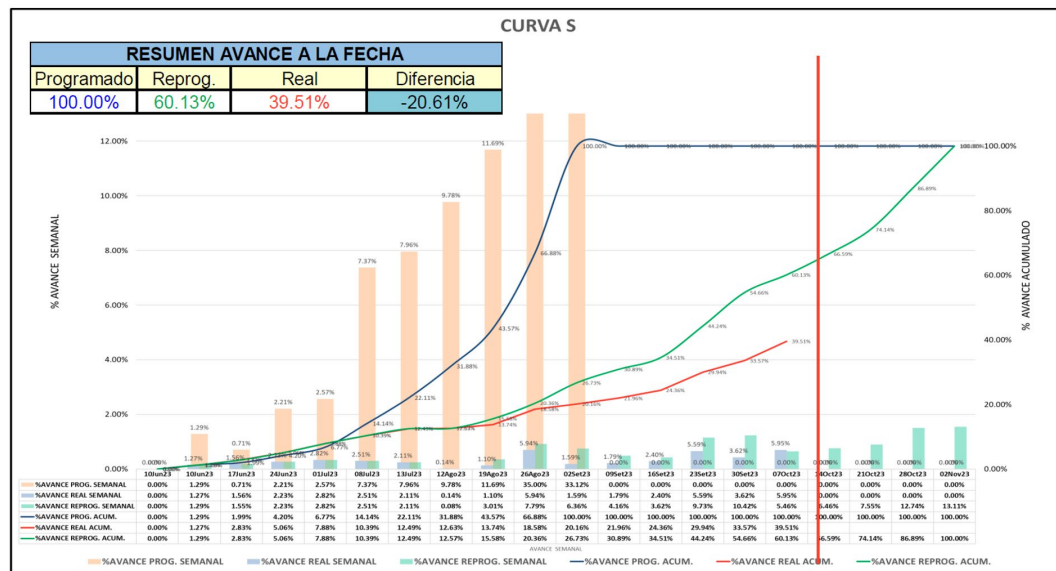
A partir de la semana 19, el proyecto entra en una fase de recuperación; sin embargo, esta se desarrolla dentro de un plazo no contemplado (semanas 19–25), utilizado para culminar la ejecución. Aunque se alcanza el 100% de avance, este resultado se logra mediante la extensión del tiempo y no por un control eficiente del cronograma. En conjunto, el comportamiento de la curva confirma una gestión reactiva, donde los atrasos se acumulan por falta de planificación basada en restricciones y se corrigen tardíamente mediante reprogramaciones y ampliaciones de plazo.

A continuación, se extrajo la desviación más significativa para realizar el diagnóstico de las restricciones encontradas en la semana 15.

El avance de obra correspondiente a la Semana 15 del proyecto mejora de la zona de almacenamiento central de residuos sólidos peligrosos, en resumen, correspondiente a la curva S, se presenta en la **Figura 55**, cuyo inicio se da el 07 de octubre

**Figura 10**

*Curva S, avance semana 15 de la obra mejora de la zona de almacenamiento central de residuos sólidos peligrosos.*



En la Figura 10, se observa que el avance real inicial de la décimo quinta semana presenta una desviación negativa, dado que el programado acumulado representa 60.13% y el ejecutado 39.51% estableciéndose una desviación del -20.61%. Surgió la restricción de equipos para vaciados de concreto y personal para instalación de geomembrana.

**Tabla 24**

*Matriz S.I.E.M.P.R.E para identificar las restricciones de obras durante la semana 15.*

|          | <i>Act.</i>         | <i>Seguridad</i> | <i>Información</i> | <i>Equipos</i>                   | <i>Material</i>                           | <i>Personal</i>        | <i>Requisitos</i>                       | <i>Espacio</i>                      |
|----------|---------------------|------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>1</b> | Obras civiles.      | ✓                | ✓                  | Minicargador<br>Auto hormigonera | ✓                                         | Personal Especializado | ✓                                       | Restricción del área 12y30 a 1y30pm |
| <b>2</b> | Estructura metálica | ✓                | ✓                  | Camión grúa                      | Columna<br>Viga<br>Tijerales<br>Cobertura | Personal Especializado | Predecesora<br>Liberación<br>Topografía | Restricción del área 12y30 a 1y30pm |
| <b>3</b> | Obras eléctricas    | ✓                | ✓                  | Elevadores electricos            | Tubería<br>RGS                            | Personal Especializado | Aprobación de fichas                    | Restricción del área 12y30 a 1y30pm |
| <b>4</b> | Orden de cambio     | ✓                | ✓                  | ✓                                | ✓                                         | Personal Especializado | Liberación<br>Topografía                | Restricción del área 12y30 a 1y30pm |

En este punto teniendo un 20.61% de desfase negativo, el análisis de las restricciones del proyecto evidencia limitaciones operativas relacionadas con la disponibilidad de equipos, materiales, personal especializado y liberación topográfica, las cuales condicionaron la continuidad de las actividades. Destaca la restricción del personal especializado, cuya disponibilidad se vio afectada debido a que parte del personal no cumplía con los requisitos de habilitación para el ingreso a la unidad minera, limitando la ejecución de actividades críticas.

Asimismo, las restricciones de espacio y condiciones operativas, junto con la dependencia de actividades predecesoras, generaron interrupciones y cuellos de botella en la programación. En conjunto, estas restricciones no gestionadas oportunamente provocaron tiempos muertos, reprogramaciones y atrasos acumulados, evidenciando una pérdida de control del cronograma y afectando el cumplimiento de los plazos del proyecto.

El proyecto estuvo condicionado por restricciones operativas y técnicas no gestionadas oportunamente, como la limitada disponibilidad de personal habilitado, restricciones de espacio y dependencias constructivas, lo que generó interrupciones,

retrasos y pérdida de control del cronograma. Esto evidencia que la planificación no consideró adecuadamente las condiciones reales del entorno, afectando directamente el cumplimiento de los plazos.

En síntesis, el diagnóstico realizado permitió identificar que la programación de obras en proyectos civiles en unidades mineras se ve afectada por una diversidad de restricciones operativas, técnicas y de entorno, las cuales inciden directamente en la continuidad de las actividades y en el cumplimiento de los plazos establecidos. El análisis de los proyectos evaluados evidenció que factores como la disponibilidad de equipos, la habilitación de personal, las condiciones de espacio, la liberación de frentes de trabajo y las dependencias constructivas generan interrupciones, tiempos muertos y reprogramaciones, reflejándose en desfases significativos en el cronograma y en el comportamiento de la Curva S.

Asimismo, se determinó que la principal problemática no radica en la ejecución de las actividades, sino en la falta de identificación y gestión oportuna de dichas restricciones desde la fase de planificación, lo que origina una gestión reactiva durante la ejecución del proyecto. En consecuencia, este diagnóstico confirma la necesidad de implementar un enfoque sistemático que permita anticipar, controlar y mitigar las restricciones, constituyéndose en la base para el desarrollo de una propuesta orientada a optimizar la programación de obras en proyectos civiles en unidades mineras

#### 4.1.2. Diseño de un manual de identificación y gestión de restricciones.

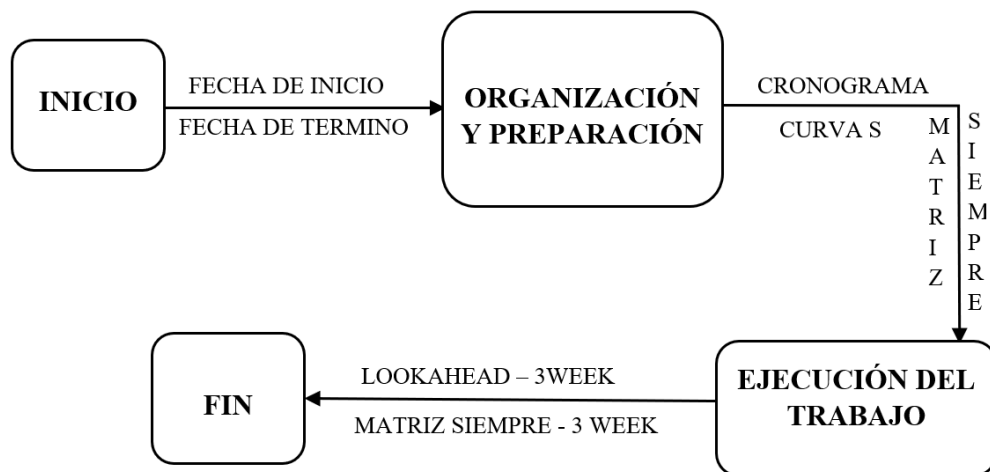
El diseño del manual de identificación y gestión de restricciones esta realizado en base a la utilización de herramientas del LAST PLANNER SYSTEM y buenas prácticas del PMBOK.

Se indica que el manual está dirigido a proyectos de unidades mineras, los cuales utilizan en sus proyectos programaciones de acuerdo a la filosofía Lean Construction y altos Standares de Seguridad y Calidad.

El manual se refleja en el siguiente flujograma el cual indica las fases de vida de un proyecto y las herramientas que se deben utilizar en cada fase.

**Figura 11**

*Flujograma de aplicación de manual en proyecto civil.*



En el **PASO 01** el cual en la fase 01 de **inicio** se genera una reunión virtual o presencial, en la cual participan todos los involucrados en el proyecto. Como finalidad definir los hitos principales del proyecto como la fecha de inicio y termino del proyecto.

En el **PASO 02** el cual está en la fase 02 de organización y preparación, se genera la matriz siempre por cada partida de cada entregable. Para realizar este paso se debe realizar visitas a la zona del proyecto, identificando todos los escenarios posibles para la ejecución de actividades.

En el **PASO 03** el cual está en la fase 02 de organización y preparación, desarrolla el cronograma base el cual está ligado a la curva S. Para realizar este paso se debe involucrar a todas las áreas que participaran en la ejecución del proyecto.

En el **PASO 04** el cual está en la fase 03 de ejecución de trabajo, se desarrolla la matriz siempre del paso 02 y se actualiza en función al look a head three week para monitorear, identificar y gestionar posibles ocurrencias de restricciones inesperadas. Para realizar este paso se debe realizar reuniones con los involucrados desde personal directo hasta personal indirecto, durante la apertura de la semana y el cierre de la semana.

En el **PASO 05** el cual está en la fase 04 de fin, se genera un barrido total mediante una matriz siempre para la documentación de cierre y una programación no mayor de 05 días para levantamiento de observaciones. Para realizar este paso se debe haber realizado la caminata de construcción de culminación de proyecto, en la cual se genera un Punch List con la lista de observaciones. Como paso final se registra las restricciones no previstas, ocurridas por cambios de alcance, la cual genera una base de datos para la mejora continua.

#### **4.1.3. Aplicar el manual propuesto en un proyecto civil minero piloto para evaluar su eficacia en la optimización de la programación de obra.**

El manual de identificación de restricciones se ha aplicado en el proyecto mejora del campo deportivo Toquepala, el cual se ejecutó desde el inicio del proyecto.

Proyecto 01: Mejora de campo deportivo Toquepala etapa II, Aplicación de manual desde el inicio hasta el fin del proyecto.

Como **primera fase** se realizó el inicio, en donde se invita a una reunión con los stakeholders, donde se define la fecha de inicio y termino del proyecto. En este caso iniciando el proyecto 2025-09-03 y finalizando el 2025-12-11. Como también la ubicación de los campamentos, alojamientos, rutas de tránsito.

Como **segunda fase** en organización y preparación, se generó una visita de campo en la cual se verifico la zona de trabajo y las zonas colindantes en conjunto con alojamientos, alimentación y rutas de trabajo. A raíz de esto se generó una matriz SIEMPRE para identificar las restricciones de acuerdo a los entregables que fueron 04.

En la **tabla 26**, se identifican las restricciones generales del proyecto de inicio hasta fin.

**Tabla 25**

*Reporte de programación y avance de la obra.*

| <i>Item</i> | <i>Act.</i>                        | <i>Seguridad</i>                               | <i>Información</i>              | <i>Equipos</i>                                    | <i>Material</i>                               | <i>Personal</i>                                                          | <i>Requisitos</i>                                                                                | <i>Espacio</i>      |
|-------------|------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>1</b>    | Cerco Perimétrico                  | Docs.<br>Epps.<br>Señalización<br>Homologación | Docs.<br>Fichas Tec.<br>Planos. | Equipo móvil<br>Equipo de poder                   | Material<br>importado<br>Material<br>nacional | Personal<br>civil<br>Operador<br>equipo                                  | Planimetría<br>de cerco<br>Permiso de<br>intervención<br>Permiso<br>Excavación                   | Espacio<br>reducido |
| <b>2</b>    | Remodelación de ss.hh y vestidores | Docs.<br>Epps.<br>Señalización<br>Homologación | Docs.<br>Fichas Tec.<br>Planos. | Equipo móvil<br>Línea amarilla<br>Equipo de poder | Material<br>nacional                          | Personal<br>civil<br>Operador<br>equipo<br>Personal<br>Especiali<br>zado | Permiso<br>Excavación<br>Permiso de<br>corte<br>eléctrico<br>Permiso de<br>conexión<br>para agua | Espacio<br>reducido |
| <b>3</b>    | Iluminación Campo deportivo        | Docs.<br>Epps.<br>Señalización<br>Homologación | Docs.<br>Fichas Tec.<br>Planos. | Equipo móvil<br>Línea amarilla<br>Equipo de poder | Material<br>nacional<br>Material<br>SPCC      | Operador<br>equipo<br>Personal<br>Especiali<br>zado                      | Permiso de<br>excavación<br>Permiso de<br>Cut out.                                               | Espacio<br>reducido |
| <b>4</b>    | Astas de bandera                   | Docs.<br>Epps.<br>Señalización<br>Homologación | Docs.<br>Fichas Tec.<br>Planos. | Equipo móvil<br>Equipo de poder                   | Material<br>nacional                          | Personal<br>civil<br>Operador<br>equipo<br>Personal                      | Liberación<br>Topografía<br>Permiso<br>excavación                                                | Espacio<br>reducido |

En la **tabla 26**, se identificaron las restricciones de manera general verificando por entregables las restricciones antes del proyecto, lo cual nos permitió identificar de manera temprana las restricciones.

Como **tercera fase** en organización y preparación, se realizó una reunión con el Residente de Obra, Ingeniero de Seguridad, Ingeniero de Calidad, Administración, Logístico e Ingeniero de Planeamiento para la elaboración del cronograma base, fijando tiempos por actividad e hitos de inicio de las partidas principales, generando la curva S.

Como **cuarta fase** en ejecución, el ingeniero de planeamiento en conjunto con el Residente de Obra y el maestro de obra, se reúnen para generar la matriz SIEMPRE en función a tres semanas la cual debe estar gestionada para el ingreso al LookAhead three week, en el cual las reuniones se realizaron los lunes y viernes.

En la **tabla 27**, se identificaron las restricciones de manera específica el entregable de cerco perimétrico.

**Tabla 26**

*Matriz siempre específica del entregable de cerco perimétrico.*

| Item     | CERCO PERIMETRICO                                                              | Seguridad                                                                                | Información                            | Equipos                                                                                           | Material                               | Personal                                   | Requisitos                                | Espacio                        |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------|
| 2.01     | MOVIMIENTO DE TIERRA                                                           |                                                                                          |                                        |                                                                                                   |                                        |                                            |                                           |                                |
| 02.01.01 | corte y excavación para cimentación                                            | Pets<br><br>Epp<br>Homolog Personal.                                                     | Proce.<br><br>Planos.                  | Generador<br><br>Martillo demolidor<br>Pala<br>pico<br>barreta                                    | combustible<br><br>agua                | Peón<br><br>oficial                        | Permiso exc.<br><br>Permiso intervención  | Transito solo por vía atlética |
| 02.01.02 | relleno y compactación con material propio seleccionado                        | Pets<br><br>Epp<br>Homolog Personal.<br>Dispositivo control tránsito.                    | Proce.<br><br>Planos.<br>Doc. calidad. | Vibropisonador<br><br>Pala<br>minicargador<br>radio común.<br>Equipo densidad.<br>Estación total. | combustible<br><br>agua                | Peón<br><br>Operador<br>vigía<br>topógrafo | Zona cercada<br><br>Permiso intervención  | Transito solo por vía atlética |
| 02.01.03 | nivelación de terreno para el cerco                                            | Pets<br><br>Epp<br>Homolog Personal.<br>Homolog Equipo.<br>Dispositivo control tránsito. | Proce.<br><br>Planos.                  | Rastrillo<br><br>Pala<br>minicargador<br>radio común.<br>Estación total.                          | combustible<br><br>agua                | Peón<br><br>Operador<br>vigía<br>topógrafo | Zona cercada<br><br>Permis intervención   | Transito solo por vía atlética |
| 02.01.04 | eliminación de material excedente a botadero ubicado a una distancia prom. 5km | Pets<br><br>Epp<br>Homolog Personal.<br>Homolog Equipo.                                  | Proce. ruta<br><br>tránsito.           | minicargador<br><br>Camión volquete.<br>camioneta                                                 | combustible                            | Peón<br><br>Operador<br>vigía              | Permiso eliminacion.<br>Permiso de ploteo | Transito solo por vía atlética |
| 2.02     | OBRAS DE CONCRETO                                                              |                                                                                          |                                        |                                                                                                   |                                        |                                            |                                           |                                |
| 02.02.01 | preparación, transporte y vaciado de concreto f'c=175 kg/cm2                   | Pets<br><br>Epp<br>Homolog Personal.<br>Homolog Equipo.                                  | Proce.<br><br>Planos.<br>Doc. calidad. | minicargador<br><br>carretilla<br>mezcladora<br>equipo topográfico<br>equipo de calidad           | cemento<br><br>piedra<br>arena<br>agua | Peón<br><br>Albañil<br>vigía               | Permiso eliminación.<br>Permiso de ploteo | Transito solo por vía atlética |
| 2.03     | OBRAS MECANICAS FABRICACIÓN Y MONTAJE                                          |                                                                                          |                                        |                                                                                                   |                                        |                                            |                                           |                                |
| 02.03.01 | desmontaje y eliminación de cerco existente                                    | Pets<br><br>Epp<br>Homolog Personal.                                                     | Proce.<br><br>Alcance                  | Grúa<br><br>Generador electrico<br>Amoladora                                                      | combustible                            | Peón<br><br>Operador<br>vigía              | Permiso eliminación.<br>Permiso de ploteo | Transito solo por vía atlética |

### Figura 12

[illegible]

En la **figura 12**, demuestra las primeras tres semanas de programación de las partidas, las cuales son extraídas del cronograma base, esta programación trabaja

en función a la tabla 27, verificando las restricciones identificadas y si se han controlado y/o mitigado para la ejecución de las actividades. Este proceso se llevó a cabo con cada entregable el cual al tener cambios repentinos se puede identificar teniendo una holgura de 02 semanas para llevar el control de contingencias.

**Tabla 27**

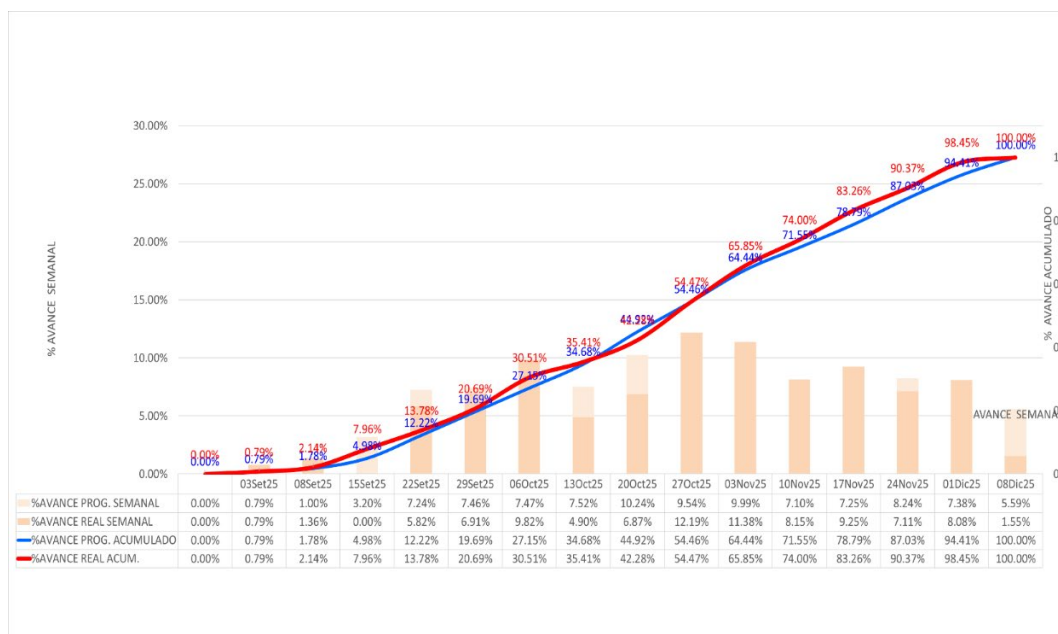
*Reporte de programación y avance de la obra.*

| Reportes | %Prog. | %Avance | Desfase % | %Prog.Acum | %Ava.Acum. | Desfase % |
|----------|--------|---------|-----------|------------|------------|-----------|
| SEM 01   | 0.79%  | 0.79%   | 0.00%     | 0.79%      | 0.79%      | 0.00%     |
| SEM 02   | 1.00%  | 1.36%   | 0.36%     | 1.78%      | 2.14%      | 0.36%     |
| SEM 03   | 3.20%  | 5.82%   | 2.62%     | 4.98%      | 7.96%      | 2.98%     |
| SEM 04   | 7.24%  | 5.82%   | -1.42%    | 12.22%     | 13.78%     | 1.56%     |
| SEM 05   | 7.46%  | 9.00%   | 1.54%     | 19.69%     | 20.69%     | 1.00%     |
| SEM 06   | 7.47%  | 9.00%   | 1.53%     | 27.15%     | 30.51%     | 3.36%     |
| SEM 07   | 7.52%  | 6.87%   | -0.65%    | 34.68%     | 35.41%     | 0.73%     |
| SEM 08   | 10.24% | 12.19%  | 1.95%     | 44.92%     | 42.28%     | -2.64%    |
| SEM 09   | 9.54%  | 11.38%  | 1.84%     | 54.46%     | 54.47%     | 0.01%     |
| SEM 10   | 9.99%  | 8.15%   | -1.84%    | 64.44%     | 65.85%     | 1.41%     |
| SEM 11   | 7.10%  | 9.25%   | 2.15%     | 71.55%     | 74%        | 2.45%     |
| SEM 12   | 7.25%  | 9.25%   | 2.00%     | 78.79%     | 83.26%     | 4.47%     |
| SEM 13   | 8.24%  | 7.11%   | -1.13%    | 87.03%     | 90.37%     | 3.34%     |
| SEM 14   | 7.25%  | 8.08%   | 0.83%     | 78.79%     | 98.45%     | 19.66%    |
| SEM 15   | 5.59%  | 1.55%   | -4.04%    | 100.00%    | 100.00%    | 0.00%     |

En la tabla 28, se muestra que el proyecto se ha ejecutado de manera estable, no cayendo por debajo del 10% de atraso e incluso teniendo semanas adelantadas. Por lo que la aplicación del manual de restricciones nos brinda resultados positivos para la programación del proyecto.

**Figura 13**

*Curva S Asbuilt de la ejecución del proyecto “Mejora de campo deportivo Toquepala etapa II”.*



En la **Figura 13**, se observa como fue el transcurso del proyecto en el cual se aplicó el manual de identificación de restricciones, teniendo una curva de ejecución similar a la programada, como picos adelantados en casi todas las semanas y no cayendo en desviaciones mayores al 3%.

Como **quinta fase** en cierre, el ingeniero Residente gestiona la caminata de construcción una vez culminada las actividades, esto genera un punch list con observaciones en la cual dependiendo de la envergadura se gestionó 10 días para el levantamiento de observaciones y cierre documentario lo que resulta en una matriz SIEMPRE y un LookAhead por esos 10 días y la documentación de cierre.

Aplicar el manual de identificación de restricciones desde el inicio de un proyecto no solo permite una adecuada planificación, sino que también favorece la optimización de los recursos y del tiempo. Esto contribuye a evitar retrasos en la programación, ya que las restricciones se identifican con la suficiente anticipación para gestionarlas eficazmente. De esta manera, se asegura el cumplimiento de los objetivos de costo, tiempo y alcance.

Proyecto 02: Construcción de veredas peatonales, drenaje y cerco perimétrico en módulos de alojamiento de contratista de ing. planta Toquepala, se aplicó el manual no desde el inicio sino a mitad del proyecto.

El manual se aplicó a partir de la semana 04, la cual se reflejó un desfase del 12.51%, en este proyecto surgió un vicio oculto en excavación de terreno rocoso.

**Tabla 28**

*Reporte de programación y avance de la obra.*

| Reportes | %Prog. | %Avance | Desfase %      | %Prog.Acum | %Ava.Acum. | Desfase %      | Restricciones |
|----------|--------|---------|----------------|------------|------------|----------------|---------------|
| SEM 01   | 5.43%  | 2.65%   | <b>2.78%</b>   | 5.43%      | 2.65%      | <b>-2.78%</b>  | <b>Si</b>     |
| SEM 02   | 10.40% | 2.58%   | <b>7.82%</b>   | 15.83%     | 5.23%      | <b>-10.60%</b> | <b>Si</b>     |
| SEM 03   | 15.34% | 13.43%  | <b>1.91%</b>   | 31.17%     | 18.66%     | <b>-12.51%</b> | <b>Si</b>     |
| SEM 04   | 15.14% | 19.05%  | <b>-3.91%</b>  | 46.31%     | 37.71%     | <b>-8.60%</b>  | <b>Si</b>     |
| SEM 05   | 10.71% | 26.10%  | <b>-15.39%</b> | 57.01%     | 63.81%     | <b>6.80%</b>   | <b>No</b>     |
| SEM 06   | 14.22% | 15.36%  | <b>-1.14%</b>  | 71.23%     | 79.17%     | <b>7.94%</b>   | <b>No</b>     |
| SEM 07   | 14.98% | 10.16%  | <b>4.82%</b>   | 86.21%     | 89.33%     | <b>3.12%</b>   | <b>No</b>     |
| SEM 08   | 8.83%  | 7.71%   | <b>1.12%</b>   | 95.05%     | 97.04%     | <b>2.00%</b>   | <b>No</b>     |
| SEM 09   | 4.95%  | 2.95%   | <b>2.00%</b>   | 100.00%    | 100.00%    | <b>0.00%</b>   | <b>No</b>     |

En la tabla 29, se recopilaban los datos los cuales demuestran que se tuvo retraso en las primeras 03 semanas, teniendo hasta 12.51% de desviación negativa, y aplicando el manual de identificación de restricciones se revirtió la desviación lo cual se demuestra en los desfases desde la semana 04 hasta la semana 09.

Como **primera fase** se ejecutó el paso 04 del manual, motivo que al tener un cambio de alcance se debe desarrollar una reprogramación mejorada para reducir la brecha del desfase, por lo que se realizó lo siguiente. Se identificaron las restricciones mediante la matriz SIEMPRE. Para ello, se reunió a los principales involucrados: jefes de frente de cada cuadrilla, residente de obra, ingeniero de seguridad, ingeniero de calidad e ingeniero de planeamiento, con el objetivo de consolidar información clave como rendimientos, tiempos de ejecución y alcances de las actividades. Una vez identificadas todas las restricciones se procedió a realizar el Look a Head Three Week de acuerdo a los rendimientos y tiempos

**Tabla 29**

*Matriz siempre de saldo de partidas de la obra: Construcción de veredas peatonales, drenaje y cerco perimétrico en módulos de alojamiento de contratista de ing. planta Toquepala.*

| <i>Item</i>        | <i>VEREDAS PEATONALES</i>                                     | <i>Seguridad</i> | <i>Información</i>    | <i>Equipos</i>                       | <i>Material</i>                             | <i>Personal</i>    | <i>Requisitos</i>            | <i>Espacio</i>                |
|--------------------|---------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------|------------------------------|-------------------------------|
| <b>2.02</b>        | Obras de concreto                                             |                  |                       |                                      |                                             |                    |                              |                               |
| <b>02.02.01</b>    | Habilitación y colocación de acero de refuerzo                |                  |                       |                                      | Alambre nro 16                              | Fierro<br>Peón     |                              | Paños intercalados            |
| <b>02.02.02</b>    | Encofrado y desencofrado de veredas                           |                  |                       |                                      | Desmoldante<br>Tecnopor                     | Carpintero<br>Peón |                              | Paños intercalados            |
| <b>03.02.03</b>    | Vaciado de concreto<br>f <sub>c</sub> =175 kg/cm <sup>2</sup> |                  |                       | Mezcladora<br>Carretilla             | agua                                        | Peón<br>Albañil    |                              | Tránsito peatonal             |
|                    |                                                               | Pets             | Procc. ruta           | Pistola calafateo                    | Material elastómero                         | Peón               | Fraguado de 28 días concreto | Tránsito peatonal             |
| <b>03.02.04</b>    | Juntas                                                        | Epp              |                       | Batidor<br>Generador<br>brocha       | sikaprim<br>cinta maskingtape               | Albañil            |                              |                               |
| <i>Item</i>        | <i>CERCO PERIMÉTRICO</i>                                      | <i>Seguridad</i> | <i>Información</i>    | <i>Equipos</i>                       | <i>Material</i>                             | <i>Personal</i>    | <i>Requisitos</i>            | <i>Espacio</i>                |
| <b>3.01</b>        | Movimiento de tierras                                         |                  |                       |                                      |                                             |                    |                              |                               |
| <b>03.01.01</b>    | Excavación en terreno compactado                              |                  | Homologación personal |                                      |                                             | Peon               |                              | Transito peatonal y vehicular |
| <b>3.02</b>        | Cerco de malla olímpica                                       |                  |                       |                                      |                                             |                    |                              |                               |
| <b>03.02.01</b>    | Suministro e instalación de cerco perimétrico                 |                  |                       |                                      | Estructura cerco                            | Montajista         |                              |                               |
| <b>03.02.03</b>    | Suministro e instalación de malla olímpica h=8 ft             |                  |                       |                                      | Malla olímpica                              | Montajista         |                              |                               |
| <b>03.02.06</b>    | Suministro e instalación de alambre de púas (4 hileras)       |                  |                       |                                      | Alambre galvanizado n°16<br>Alambre de púas | Montajista         |                              |                               |
| <i>Item</i>        | <i>Canal de mampostería de piedra</i>                         | <i>Seguridad</i> | <i>Información</i>    | <i>Equipos</i>                       | <i>Material</i>                             | <i>Personal</i>    | <i>Requisitos</i>            | <i>Espacio</i>                |
| <b>04.01.01</b>    | Movimiento de tierras                                         |                  |                       |                                      |                                             |                    |                              |                               |
| <b>04.01.01.01</b> | Excavación en terreno rocoso                                  |                  |                       | Punta martillo hidraulico excavadora | Combustible                                 | Peon               |                              | Transito peatonal y vehicular |
| <b>04.01.01.02</b> | Excavación en terreno suelto                                  |                  |                       |                                      | Combustible                                 |                    |                              |                               |
| <b>04.01.01.03</b> | Perfilado y compactado de sección de zanja                    |                  |                       |                                      | Combustible                                 |                    |                              |                               |
| <b>04.01.01.04</b> | Relleno y compactación con material propio                    |                  |                       |                                      | Combustible                                 |                    |                              |                               |

|             |                                                                            |                        |                     |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------|
| 04.01.02    | Mampostería de piedra                                                      |                        |                     |
| 04.01.02.01 | Encofrado y desencofrado                                                   | Desmoldante            |                     |
| 04.01.02.02 | Emboquillado de piedra, $f_c=175$ kg/cm <sup>2</sup> + 60% p.m. $e=0.20$ m | Piedra de 6"           |                     |
| 04.01.02.03 | Tubería PVC SAP Ø2"                                                        | Tubería pvc 2" de 10cm |                     |
|             |                                                                            | Material elastómero    | Fraguado de 28 días |
| 04.01.02.04 | Juntas de expansión                                                        | sikaprimer             |                     |
|             |                                                                            | cinta maskingtape      |                     |

En la tabla 30, se aplicó la matriz siempre para identificar las restricciones y realizar una reprogramación del saldo de partidas. Una vez que se identificaron las restricciones se procedió a la realización del lookahead three week, mostrado a continuación.

La programación de partidas una vez identificadas las restricciones se realizó mediante el look a head three week para ejecutar las actividades pendientes sin ningún atraso por restricciones, lo que garantiza cumplir con los rendimientos y plazos de ejecución, se presenta en la **Figura 13**, cuyo inicio de la semana 04 hasta la semana 09.

#### **Figura 14**

*Look a head three week de las semanas 04, 05 y 07 de la obra Construcción de*

*veredas peatonales, drenaje y cerco perimétrico en módulos de alojamiento de contratista de ing. planta Toquepala.*

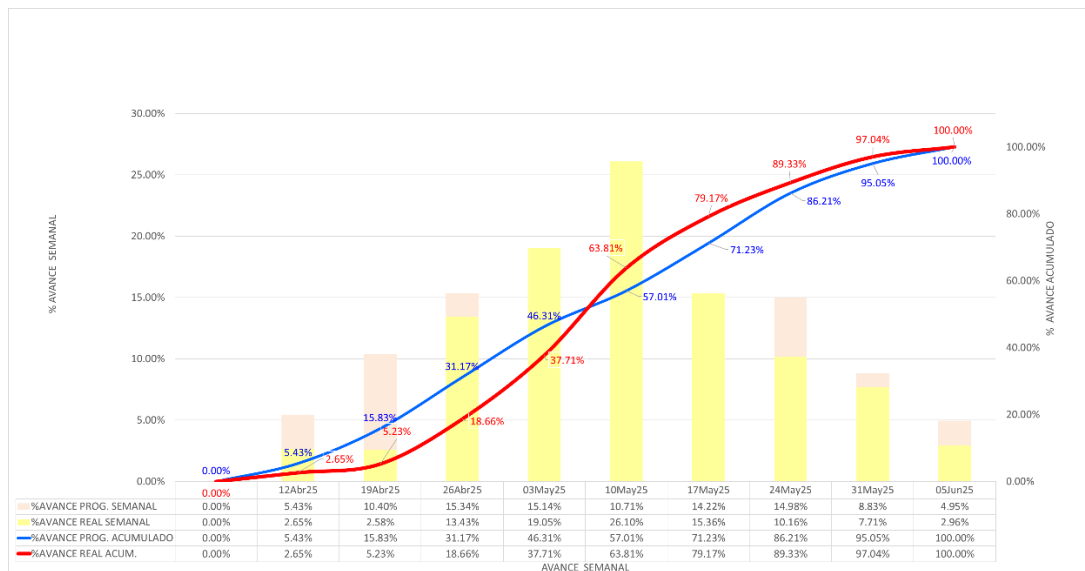
[illegible]

En la Figura 14, se observa que los entregables planificados se encuentran libre de restricciones, los cuales fueron analizadas mediante la **tabla 30**, por ende, de esta manera la ejecución de obra quedo sin retraso hasta la semana 09.

El avance de obra correspondiente de la semana 01 hasta la semana 09 del proyecto Construcción de veredas peatonales, drenaje y cerco perimétrico en módulos de alojamiento de contratista de ing. planta Toquepala, en resumen, correspondiente a la curva S, se presenta en la **Figura 15** cuyo inicio del 07 de abril hasta 05 de junio.

**Figura 15**

*Curva S Asbuilt de la obra “Construcción de veredas peatonales, drenaje y cerco perimétrico en módulos de alojamiento de contratista de ing. planta Toquepala”.*



En la Figura 15, se observa que el avance de las 03 primeras semanas que por no tener una identificación y control de restricciones la ejecución de los trabajos no correspondía con la programación por lo que causo retrasos por restricciones no identificadas, en este punto se llegó a tener hasta -12.51% de desfase de acuerdo a la figura 70, correspondiente a la semana 3. Se aplico el manual de identificación de restricciones para las semanas 04, 05, 06, 07, 08 y 09.

Como **segunda fase** se ejecutó el paso 05 del manual, se realizó la caminata de construcción en la cual se registraron observaciones en un punch list, la cual genero 7 días de plazo para levantamiento de observaciones y cierre documentario. Generando una base de datos de las restricciones identificadas en la matriz siempre para su mejora continua.

Los resultados evidencian que la aplicación del manual de identificación de restricciones genera una mejora significativa en la programación de obra. En el proyecto donde el manual fue aplicado desde el inicio, la curva S mostró un

comportamiento alineado con la programación base, presentando desviaciones positivas controladas.

Por otro lado, en el proyecto donde el manual fue implementado durante la ejecución, se logró recuperar un desfase negativo aproximado del 12%, permitiendo cumplir con el plazo establecido. Estos resultados demuestran que la gestión sistemática de restricciones contribuye a mejorar la confiabilidad del cronograma y el desempeño del proyecto.

**Tabla 31**

*Resumen comparativo de la aplicación del manual del proyecto 01 y proyecto 02*

| Indicador                    | Proyecto 01:<br>Mejora de campo<br>deportivo<br>Toquepala etapa II | Proyecto 02: Construcción de<br>veredas peatonales, drenaje y cerco<br>perimétrico en módulos de<br>alojamiento de contratista de ing.<br>planta Toquepala | Análisis técnico                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Aplicación del manual        | Desde SEM 01                                                       | A partir de SEM 04                                                                                                                                         | Diferencia clave en el momento de intervención                                                                                                                                                                           |
| Nº de semanas                | 15                                                                 | 9                                                                                                                                                          | Diferente duración de evaluación                                                                                                                                                                                         |
| Desfase acumulado máximo (+) | <b>+19.66% (SEM 14)</b>                                            | <b>+7.94% (SEM 06)</b>                                                                                                                                     | Manifiesta porcentajes positivos de desfase ejecución vs programación Proyecto 01, evidencia un desfase negativo no mayor al 3%, mientras que el proyecto 02, presenta recuperación positiva una vez aplicado el manual. |
| Desfase acumulado mínimo (-) | <b>-2.64% (SEM 08)</b>                                             | <b>-12.51% (SEM 03)</b>                                                                                                                                    | Proyecto 02 evidencia falta de control antes del manual                                                                                                                                                                  |
| Comportamiento inicial       | Estable                                                            | Crítico (alto desfase negativo)                                                                                                                            | Impacto de no gestionar restricciones desde el inicio                                                                                                                                                                    |
| Fase previa al manual        | No aplica                                                          | SEM 01–03 con desfase creciente (- 12.51%)                                                                                                                 | Mejora evidente tras aplicación del manual                                                                                                                                                                               |
| Fase posterior al manual     | Desafe positivo                                                    | Recuperación de desfase del 12.51%                                                                                                                         | Culminación de actividades en plazo estimado                                                                                                                                                                             |
| Cierre del proyecto          | Ajuste abrupto a 0%                                                | Alineación progresiva a 0%                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                          |

En la tabla 31, el análisis comparativo evidencia que en el proyecto 01, donde el manual fue aplicado desde el inicio, presenta un comportamiento relativamente estable en sus primeras etapas; sin embargo, se observó un desfase no mayor al 3% lo que no genera un impacto significativo en alteración de la ejecución, demostrando que al aplicarse el manual desde un inicio genera reportes

positivos en la ejecución de actividades demostrados en a la curva S de cada semana. Por otro lado, en el Proyecto 02, inicia sin la aplicación del manual, evidenciando un desfase crítico de hasta -12.51% en la semana 03. No obstante, a partir de la implementación del manual en la semana 04, se observa una mejora progresiva en el control del desfase, logrando estabilizar el avance y alinearlos con la programación hacia el cierre del proyecto. Estos resultados demuestran que la aplicación del manual permite recuperar y controlar el desfase incluso cuando se implementa en etapas intermedias del proyecto, siempre y cuando el desfase negativo no sea mayor al 13%.

#### **4.1.4. Evaluación del impacto de la aplicación del manual de identificación de restricciones.**

##### **Impacto Técnico:**

Empoderamiento del equipo: En lugar de imponer órdenes, el manual otorga a los trabajadores la capacidad de prever dificultades, transformándolos en solucionadores proactivos y no solo en ejecutores de tareas.

Reducción del caos cognitivo: Al clarificar qué impide avanzar, se elimina la frustración de trabajar en tareas "bloqueadas", permitiendo que el personal se enfoque en lo que realmente sabe hacer bien, lo que refuerza su autoestima profesional.

Seguridad psicológica: Saber que existe un proceso formal para identificar riesgos técnicos (como falta de información o herramientas) reduce el miedo a cometer errores por factores ajenos al talento del trabajador.

##### **Impacto Social**

Bienestar emocional: Un entorno donde las restricciones se gestionan con antelación reduce los niveles de estrés, ansiedad y agotamiento (burnout) causados por las emergencias constantes y los retrasos de último minuto.

Equilibrio vida-trabajo: La previsibilidad que ofrece el manual permite una planificación más humana de las jornadas, evitando las horas extras forzadas para "recuperar tiempo perdido" y protegiendo el tiempo que el trabajador dedica a su familia.

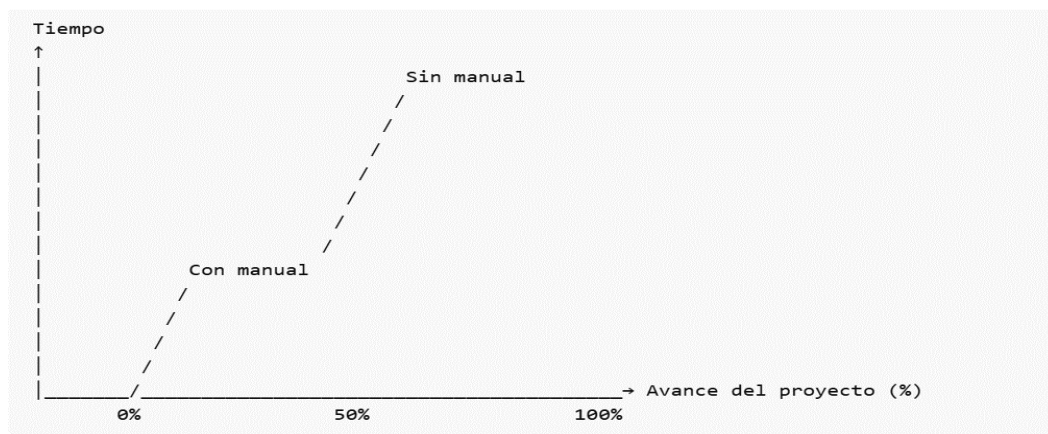
Confianza comunitaria: Al identificar restricciones sociales temprano, el proyecto respeta los tiempos y necesidades de los vecinos, transformando la obra en un buen vecino en lugar de una molestia invasiva

##### **Impacto en tiempo**

La aplicación del manual de identificación de restricciones en proyectos civiles generó un impacto temporal variable a lo largo del ciclo del proyecto. Cuando se aplica en un proyecto que ya empezó logra revertir los atrasos cuando no sobrepasan el 15% y de esta manera terminando el proyecto en los plazos contractuales, pero cuando se aplica desde un inicio en la fase de planificación, incrementa moderadamente el tiempo debido al análisis anticipado de restricciones; sin embargo, esta inversión reduce la incertidumbre. Durante la ejecución, disminuye interrupciones y reprocesos, mejorando la continuidad del flujo de trabajo. En la etapa de cierre, favorece el cumplimiento de plazos y reduce ampliaciones. En conjunto, optimiza la duración total del proyecto.

**Figura 16**

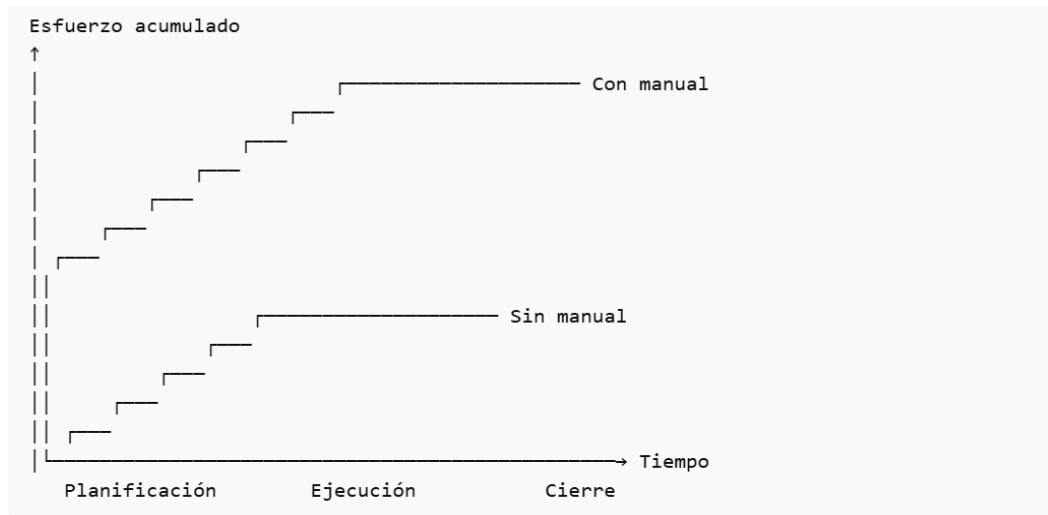
*Curva comparativa de duración del proyecto (Tiempo vs. Avance)*



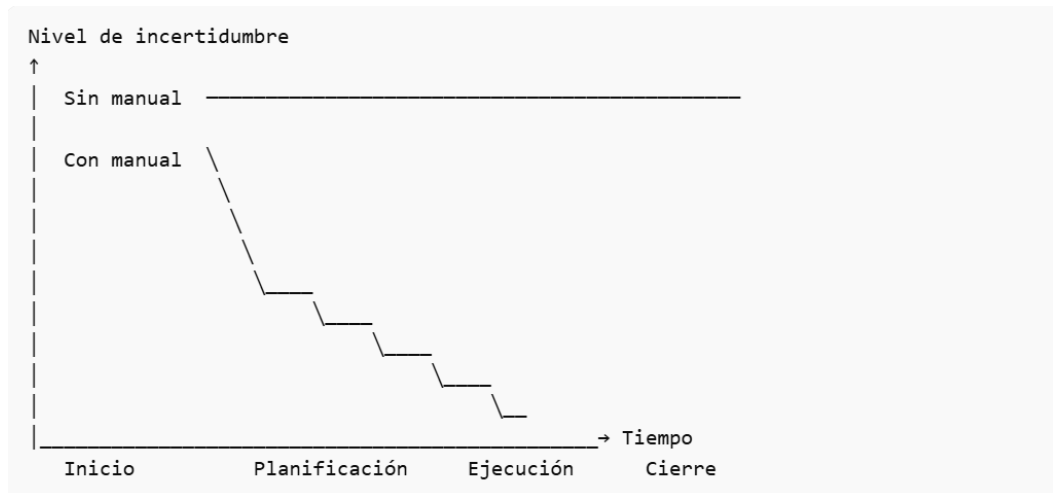
En la **Figura 16**, La curva sin aplicación del manual presenta una mayor pendiente, lo que indica un incremento del tiempo requerido para alcanzar el mismo nivel de avance. En cambio, la aplicación del manual reduce la pendiente de la curva, evidenciando una mayor eficiencia en la ejecución del proyecto y una optimización del tiempo total de duración.

**Figura 17**

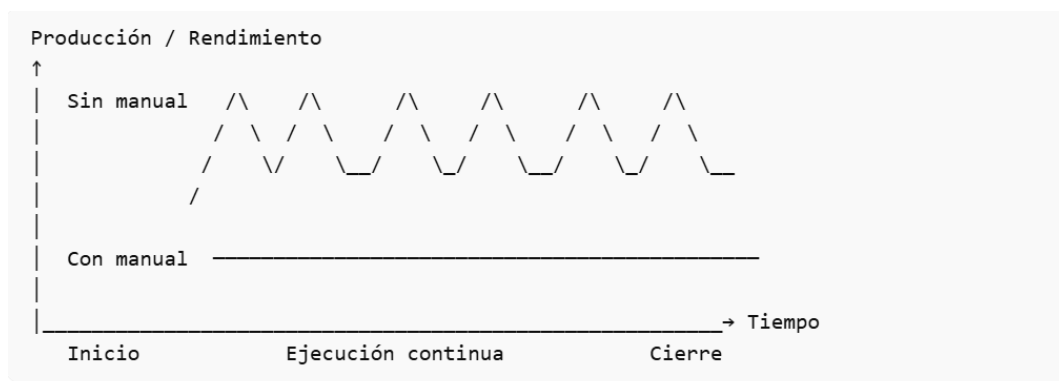
*Curva de esfuerzo acumulado (Front Loading)*



En la **Figura 17**, la curva correspondiente al escenario con manual presenta un crecimiento más acelerado en la fase de planificación, evidenciando una mayor inversión temprana de esfuerzo (front loading). En contraste, el escenario sin manual concentra el esfuerzo en etapas posteriores, principalmente durante la ejecución. Esta redistribución permite reducir interrupciones, optimizar recursos y mejorar el desempeño temporal del proyecto.

**Figura 18***Curva de Evolución de la incertidumbre*

En la **Figura 18**, En el escenario sin aplicación del manual, la incertidumbre se mantiene alta a lo largo del proyecto debido a la identificación tardía de restricciones. En contraste, con la aplicación del manual, la incertidumbre disminuye progresivamente desde la fase de planificación, como resultado del análisis anticipado de limitaciones técnicas, administrativas y logísticas. Esto permite una mejor toma de decisiones y mayor control del proyecto.

**Figura 19***Estabilidad del flujo productivo*

En la **Figura 19**, El escenario sin aplicación del manual presenta un flujo productivo inestable, caracterizado por variaciones constantes asociadas a interrupciones, restricciones no identificadas y reprocesos. En contraste, la aplicación del manual permite estabilizar el rendimiento del proyecto, generando un flujo continuo de trabajo, reduciendo las variaciones y mejorando la productividad global durante la fase de ejecución.

### Impacto Ambiental

**Conciencia del entorno:** El manual educa al equipo sobre los límites críticos del ecosistema local, fomentando una cultura de cuidado y respeto por la naturaleza que trasciende la jornada laboral.

**Orgullo de pertenencia:** Trabajar en un proyecto que respeta el agua, el aire y el suelo genera un sentimiento de orgullo en los empleados, quienes sienten que están contribuyendo a un futuro sostenible para sus propios hijos.

**Protección de la salud:** Al restringir actividades en zonas contaminadas o peligrosas, el manual actúa como un garante de la salud física de las personas y de las comunidades aledañas

**Visibilidad Anticipada:** Permite identificar restricciones no evidentes (permisos municipales, liberación de planos, logística de materiales críticos) con 4 semanas de antelación.

### Mejora en el Cumplimiento de la Programación (PPC)

El beneficio directo es la estabilización del flujo de trabajo, lo que impacta positivamente en el cronograma:

**Reducción de la Variabilidad:** Al eliminar las causas de incumplimiento (falta de materiales o información), el ritmo de avance se vuelve constante. Esto permite cumplir hitos contractuales sin necesidad de aceleraciones costosas al final del proyecto.

Optimización del Lookahead Planning: El manual alimenta la planificación intermedia, asegurando que solo el "trabajo libre de restricciones" sea asignado a las cuadrillas, lo que maximiza la productividad de la mano de obra.

**Tabla 30**

*Matriz de beneficios cuantitativos y cualitativos.*

| <b>Dimensión</b>   | <b>Beneficio Clave</b>                                        | <b>Indicador de Éxito (KPI)</b>          |
|--------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Operativa</b>   | Eliminación de tiempos muertos por falta de recursos.         | Productividad (Horas-Hombre/Avance)      |
| <b>Financiera</b>  | Reducción de costos por "trabajo rehecho" o penalidades.      | Costo de No Calidad                      |
| <b>Estratégica</b> | Confiabilidad total en las fechas de entrega.                 | Índice de Desempeño del Cronograma (SPI) |
| <b>Humana</b>      | Menor estrés por cambios de última hora en el frente de obra. | Clima Laboral y Retención de Talento     |

Los resultados obtenidos de la aplicación del manual de identificación de restricciones en proyectos civiles evidencian mejoras significativas en el desempeño temporal, la gestión de recursos y la estabilidad del flujo de trabajo durante la ejecución del proyecto.

En términos generales, se observa que la implementación del manual genera una redistribución del esfuerzo del proyecto, incrementando la dedicación en la fase de planificación y reduciendo las pérdidas de tiempo durante la ejecución. Este comportamiento se traduce en una mayor eficiencia global del proceso constructivo por lo que optimiza la programación de proyectos para su ejecución.

#### 4.2 LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y MEJORAS IDENTIFICADAS

En el presente estudio se tuvieron limitaciones por factor de tiempo e información, motivo porque para realizar la implementación del proyecto se tuvo que procesar la información por casi un año en obras de la unidad minera

Toquepala, las cuales tienen limitaciones exageradas por la información confidencial que se maneja, para realizar el muestreo y la recopilación de datos.

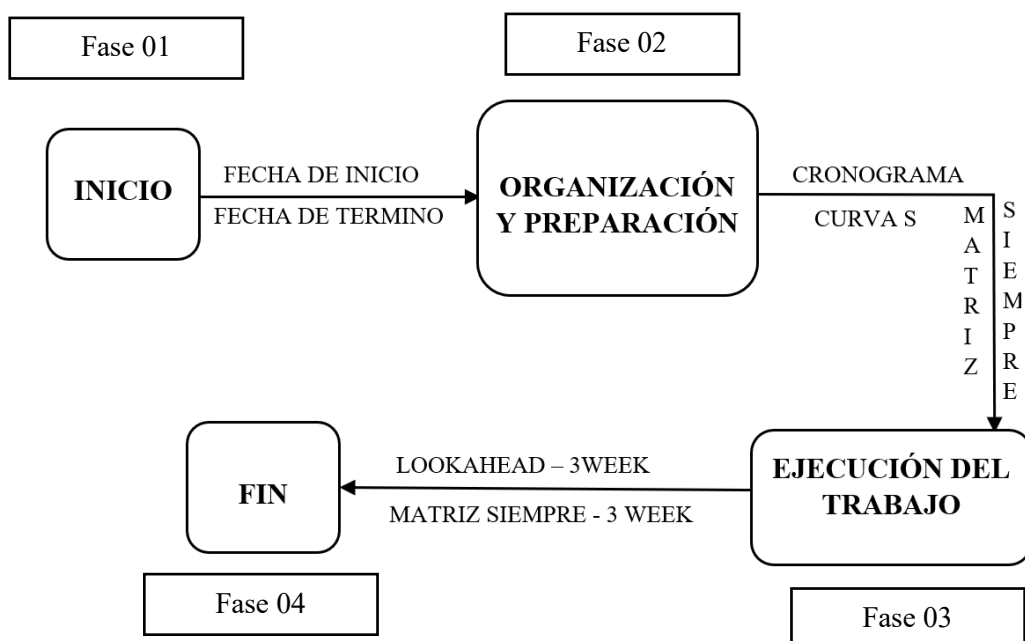
Para la mejora del proyecto se pueden implementar softwares de controles BIM desde el punto de partida por los entregables hasta los puntos de culminación

#### 4.3 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA Y SU IMPLEMENTACIÓN

La solución propuesta se realiza mediante un manual de identificación de restricciones el cual está diseñado en base al ciclo de vida de un proyecto según el Pmbok versión 06.

**Figura 20**

*Flujograma de fases para aplicar el manual de identificación de restricciones.*



En la figura 20, se describe el ciclo de vida del proyecto civil, y también las fases en donde se aplica el manual de restricción, las cuales están disgregadas por pasos los cuales se describen a continuación

En el **PASO 01** el cual en la fase 01 de **inicio** se genera una reunión virtual o presencial, en la cual participan todos los involucrados en el proyecto. Como finalidad definir los hitos principales del proyecto como la fecha de inicio y termino del proyecto.

En el **PASO 02** el cual está en la fase 02 de organización y preparación, se genera la matriz siempre por cada partida de cada entregable. Para realizar este paso se debe realizar visitas a la zona del proyecto, identificando todos los escenarios posibles para la ejecución de actividades.

En el **PASO 03** el cual está en la fase 02 de organización y preparación, desarrolla el cronograma base el cual está ligado a la curva S. Para realizar este paso se debe involucrar a todas las áreas que participaran en la ejecución del proyecto.

En el **PASO 04** el cual está en la fase 03 de ejecución de trabajo, se desarrolla la matriz siempre del paso 02 y se actualiza en función al look a head three week para monitorear, identificar y gestionar posibles ocurrencias de restricciones inesperadas. Para realizar este paso se debe realizar reuniones con los involucrados desde personal directo hasta personal indirecto, durante la apertura de la semana y el cierre de la semana.

En el **PASO 05** el cual está en la fase 04 de fin, se genera un barrido total mediante una matriz siempre para la documentación de cierre y una programación no mayor de 05 días para levantamiento de observaciones. Para realizar este paso se debe haber realizado la caminata de construcción de culminación de proyecto, en la cual se genera un Punch List con la lista de observaciones. Como paso final se registra las restricciones no previstas, ocurridas por cambios de alcance, la cual genera una base de datos para la mejora continua.

#### 4.4 EVALUACIÓN DE COSTOS, SOSTENIBILIDAD Y VIABILIDAD A LARGO PLAZO

Para que un Manual de Identificación de Restricciones (MIR) sea sostenible y viable, no debe verse como un gasto administrativo, sino como una inversión en resiliencia. A continuación, se presenta la evaluación bajo los tres pilares solicitados

**Tabla 31**

*Resumen de costo y tiempo en función a la aplicación del manual de identificación de restricciones.*

| Descripción                 | Unidad | Cantidad | Precio Unitario | Sub total |
|-----------------------------|--------|----------|-----------------|-----------|
| <b>1. Mano de Obra</b>      |        |          |                 |           |
| -Ingeniero planner          | Mes    | 1        | 5000            | 5000      |
| -Informatico                | Mes    | 1        | 2500            | 2500      |
| -Conductor                  | Mes    | 1        | 3000            | 3000      |
| <b>2. Material y Equipo</b> |        |          |                 |           |
| -Utiles                     | Glb    | 1        | 500             | 500       |
| -USB (16 GB).               | Und    | 1        | 50              | 50        |
| -Computadora portátil.      | Mes    | 1        | 150             | 150       |
| -Papel bond A4 y A3         | Paq    | 4        | 80              | 320       |
| -Impresora.                 | Mes    | 1        | 500             | 500       |
| -Cámara fotográfica.        | Und    | 1        | 300             | 300       |
| <b>3. Servicios</b>         |        |          |                 |           |
| -Internet. (horas)          | Mes    | 1        | 160             | 160       |
| -Software microsoft         | Mes    | 1        | 105             | 105       |
| -Suministro energia         | Mes    | 1        | 80              | 80        |
| -Estadia                    | Mes    | 1        | 480             | 480       |
| <b>4. Otros</b>             |        |          |                 |           |
| -Pasajes y refrigerios.     | Glb    | 1        | 2700            | 2700      |
| Total S/.                   |        |          |                 | 15845     |

### Evaluación de Costos: Inversión vs. Retorno (ROI)

La implementación del manual tiene un costo operativo bajo, pero un impacto masivo en los costos ocultos.

**Tabla 32**

*Matriz de inversión vs retorno de la implementación de un manual de restricciones.*

| Concepto                       | Impacto Económico                                                         | Valorización                            |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| <b>Costo de Implementación</b> | Capacitación del personal y horas de reuniones <i>Lookahead</i> .         | <b>Bajo</b> (Inversión inicial)         |
| <b>Costo de Inacción</b>       | Multas, cuadrillas paradas y sobrecostos por materiales de emergencia.    | <b>Crítico</b> (Pérdida de margen)      |
| <b>Ahorro en HH</b>            | Eliminación de tiempos muertos (la gente siempre tiene qué hacer).        | <b>Recuperación 5x</b> de la inversión  |
| <b>Eficiencia Logística</b>    | Compras consolidadas al detectar necesidades con 4 semanas de antelación. | <b>Reducción de precios</b> por volumen |

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

- La aplicación de un manual de identificación de restricciones contribuye significativamente a la optimización de la programación de obras en proyectos civiles de unidades mineras en Tacna, 2025. Su implementación permite mejorar la planificación anticipada de las actividades mediante la identificación oportuna de restricciones técnicas, logísticas, administrativas y de recursos, reduciendo así la probabilidad de interferencias durante la ejecución.
- Se identificó que las principales restricciones que afectan la programación de obras civiles en unidades mineras están asociadas a recursos, logística, disponibilidad de personal, condiciones de trabajo y limitaciones operativas, las cuales, al no ser gestionadas oportunamente, generan atrasos progresivos y pérdida de control del cronograma.
- El uso del manual incrementa la confiabilidad del cronograma de obra, al disminuir la incertidumbre operativa y mejorar la coordinación entre las diferentes etapas del proyecto. Esto se traduce en una reducción de retrasos, una mayor continuidad del flujo de trabajo y un mejor control del avance físico de la obra.
- La aplicación del manual optimizó el desempeño temporal del proyecto, favoreciendo una ejecución más eficiente, ordenada y alineada con los plazos establecidos, lo que evidencia su pertinencia como herramienta de gestión en proyectos civiles de unidades mineras.

- Se identificó que las principales restricciones que afectan la programación de obras civiles en unidades mineras están asociadas a la gestión de seguridad y permisos, la disponibilidad y calidad de la información técnica, las limitaciones logísticas, las condiciones geográficas y ambientales, y la disponibilidad de recursos humanos especializados. Estas restricciones, al no ser gestionadas oportunamente, generan interferencias que impactan negativamente en la planificación y ejecución de las obras.
- El manual diseñado integra herramientas metodológicas como la matriz S.I.E.M.P.R.E, el enfoque del Last Planner System y los lineamientos del PMBOK, permitiendo estandarizar el proceso de identificación, análisis y control de restricciones en todas las fases del proyecto. Esto facilita una planificación más estructurada, coherente y orientada a la prevención de problemas.
- La aplicación del manual en proyectos piloto evidenció que su implementación desde las etapas iniciales del proyecto genera una mayor estabilidad en la programación, mientras que su uso en fases intermedias permite recuperar desfases y mejorar el desempeño del cronograma. Esto demuestra su efectividad tanto en contextos preventivos como correctivos.
- El manual de identificación de restricciones constituye una herramienta técnica eficaz para mejorar la programación de obras en proyectos civiles de unidades mineras, ya que reduce interferencias, optimiza el uso de recursos y fortalece la toma de decisiones. Su aplicación contribuye al cumplimiento de los objetivos de alcance, tiempo y costo, siendo además una propuesta replicable y adaptable a otros proyectos del sector minero.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda implementar el manual de identificación de restricciones desde la fase inicial de los proyectos civiles en unidades mineras, debido a que su aplicación temprana permite anticipar y mitigar de manera oportuna

los factores limitantes, reduciendo la probabilidad de retrasos, sobrecostos y reprogramaciones durante la ejecución.

- Se sugiere capacitar al personal técnico, especialmente a los responsables de planificación y control de proyectos, en el uso de herramientas como la matriz S.I.E.M.P.R.E, el Last Planner System y los lineamientos del PMBOK, con el fin de garantizar una adecuada identificación, análisis y gestión de restricciones en todas las etapas del proyecto.
- Se recomienda integrar el manual propuesto dentro de los sistemas de gestión de proyectos de las empresas contratistas y unidades mineras, de modo que su aplicación no sea aislada, sino parte de un proceso estandarizado que contribuya a la mejora continua y a la toma de decisiones basada en información estructurada.
- Se sugiere realizar un seguimiento continuo de las restricciones identificadas mediante indicadores de desempeño, como el porcentaje de cumplimiento del plan (PPC) y el análisis de curvas S, con el propósito de evaluar la efectividad de las acciones implementadas y realizar ajustes oportunos en la programación.
- Se recomienda ampliar futuras investigaciones aplicando el manual en un mayor número de proyectos civiles y en distintas unidades mineras, a fin de validar su aplicabilidad en diversos contextos operativos y fortalecer la evidencia empírica sobre su impacto en la optimización de la programación de obras.
- Se sugiere complementar el manual con herramientas digitales (software de planificación y control), que permitan automatizar la identificación y seguimiento de restricciones, mejorando la eficiencia del proceso y facilitando la gestión en tiempo real en proyectos de mayor complejidad.

## 6. REFERENCIAS

- AlSehaimi, A. O., Tzortzopoulos Fazenda, P., & Koskela, L. (2013). Improving construction management practice with the Last Planner System: a case study. *Construction and Architectural Management*, 1(21), 24.
- Asana (2024). Las 06 limitaciones de un proyecto: Como abordarlas con éxito y con ejemplos, ¿Qué son las restricciones de un proyecto? <https://asana.com/es/resources/project-constraints>
- Bustamante, Ariel., & Giraldo, Sara. (2024). *Propuesta de Implementación de la Metodología PMI de Gestión de Riesgos en el Control y Seguimiento de Proyectos de Infraestructura*. Politécnico Gran Colombia.
- Cabrera Ramos, J. J., Cardenas Mamani, B. C., & Guerrero Chupayo, L. C. (2023). *Factores que afectan el cumplimiento de plazos de ejecución de los proyectos de mejoramiento de viviendas rurales en el Cusco para el año 2022* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/673465%0Ainfo:eu-repo/semantics/masterThesis%0AGuerrero>
- Carvajal, Daniel., Guaranda, Betty., Domínguez, Dunia., & Regalado, Julio. (2024). APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CIVIL ENGINEERING PROJECTS infraestructuras sometidas a factores externos como terremotos o viento ( Xu et al ., 2022 ). Estas herramientas. *Revista Científica “INGENIAR”*, 14, 390–404.
- Cespedes, Danicsa., & Mellado, Felix. (2024). *Modelo de gestión de riesgos para reducir desviaciones negativas de costo y tiempo implementando las buenas prácticas del PMBOK, ISO 31000 y SCRUM para proyectos de construcción*

- industrial en MYPES* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].  
<http://hdl.handle.net/10757/674086>
- Cordoba, Jose. (2025). *Gestión y Ejecución del Proyecto de Modernización de la Planta La Ayurá*. [Universidad Cooperativa De Colombia].  
<https://www.city.kawasaki.jp/500/page/0000174493.html>
- Cornejo, M. (2024). *Aplicación de las Metodologías de PMI Y FRONT END LOADING Para la Optimización de la Gestión de Integración en Megaproyecto Minero-Caso: Construcción de un Pipeline para Planta Concentradora 2023*. Universidad Católica de Santa María.
- Cortez, J. (2020). *Planificación integrada de mediano/largo plazo para obras interior mina en proyectos Andes Norte - Nuevo Nivel Mina*. Universidad de Chile.
- Cruz, J., Guevara, H., Flores, J., & Ledesma, M. (2020). Áreas De Conocimiento Y Fases Clave En La Gestión De Proyectos: Consideraciones Teóricas. *Revista Venezolana de Gerencia*, 25(90), 680–692.
- Curo, Luis., & Tintaya, Enzo. (2023). *Factores Determinantes de la Productividad y Eficiencia en la Gestión de Proyectos de Construcción en la Ciudad de Moquegua, 2023*. [Tesis de Pregrado, Universidad Privada de Tacna].  
<https://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12969/3784/Paxi-Mamani-Delci.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Doloi, H. (2013). Cost Overruns and Failure in Project Management: Understanding the Roles of Key Stakeholders in Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(3), 267–279.  
[https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000621](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000621)
- El-Abbasy, M., Elazouni, A., & Zayed, T. (2016). MOSCOPEA: Multi-objective construction scheduling optimization using elitist non-dominated sorting genetic algorithm. *Automation in Construction*, 71(Part 2), 153–170.  
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.08.038>
- Essam, N., Khodeir, L., & Fathy, F. (2023). Approaches for BIM-based multi-objective optimization in construction scheduling. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(6), 102114. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102114>

- Figuerola, M., & Condori, C. (2025). Anuario Minero 2024. Ministerio de Energía y Minas.
- Flores, Juan. (2025). *Propuesta de Modelo de Gestión de Proyectos de Edificaciones para la Mejora de las Actividades de Planeamiento y Control de la Gestión de Operaciones en la Fase de Ejecución de Empresas Contratistas de la Ciudad de Tacna - 2023*. Universidad Privada de Tacna.
- García, Luis. (2023). *Aplicación Interl de la Metodología Building Information Modeling (BIM) 5D en Proyecto de Construcción para Bloques de Edificaciones y Condominio en la Ciudad de Santa Cruz de la Sierra*. Universidad Privada Boliviana.
- Gómez, Gilmer., & Malaga, Luana. (2024). *Propuesta de una guía instructiva para optimizar la gestión de recursos de agregados en obras civiles de proyectos de tendido de líneas de transmisión eléctricas subterráneas en la etapa de ejecución en Lima Sur utilizando la metodología del PMBOK 6ta edi* [Tesis de Pregrado]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Gob.Pe (2024). Gobierno Estado Peruano, El Estado, MPT, MCGAL, Noticias, Mas de 30 mil personas de Promuvi tendrán agua y desagüe por primera vez. <https://www.gob.pe/institucion/munialbarracin/noticias/1019091-niel-zavala-lo-hizo-posible>
- Gob.Pe (2025). GORE Tacna impulsa la aplicación de obras por impuestos por S/ 500 millones.
- Gob.Pe (2025). El Estado, Gore Tacna, Noticias, La vía descongestionará y agilizará el tránsito en la ciudad. Firma de convenio marca inicio de importante obra vial.
- He, W., Li, W., & Meng, X. (2021). Scheduling Optimization of Prefabricated Buildings under Resource Constraints. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 25(12), 4507–4519. <https://doi.org/10.1007/s12205-021-0444-8>
- Horna, Alex. (2025). *Impacto Socioeconómico de la Ejecución de un Proyecto de Infraestructura Vial en la Jalca, Chachapoyas, 2024*. [Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. [http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1482/CHAPA GRANDEZ SALLY PATRICIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1482/CHAPA%20GRANDEZ%20SALLY%20PATRICIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Hurtado-Martell, J. L., & Ros, A. (2025). Improving Performance in Mining and Construction Projects: An Integrated Method Based on the Triple Constraint, Change and Risk Management with Normalized Databases. *Revista Ingeniería de Construcción*, 40(1). <https://doi.org/10.7764/RIC.00136.21>
- Ignatius, J., Buertey, T., & Doe, D. A. (2023). Managing Construction Project Constraints: Towards An Integrated Risk Management Hub For Efficient Project Delivery. *Advances in Image and Video Processing*, 11(5), 21. <https://doi.org/10.14738/aivp.115.15726>
- Jones, E. A., Jimenez, C. A., Ormeño, P. I., & Poblete, N. A. (2022). Metodologías activas para la enseñanza de programación a estudiantes de ingeniería civil informática. *Formación Universitaria*, 15(3), 53–60. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062022000300053>
- La República (2025). Estos son los dos megaproyectos que prometen mejorar la logística y el transporte en el sur del Perú con una inversión de casi S/90 millones, <https://larepublica.pe/sociedad/2025/04/24/las-dos-megaobras-que-mejoraran-la-conectividad-vial-y-logistica-en-el-sur-del-peru-se-proyecta-invertir-cerca-de-s90-millones-tacna-evat-1487784>
- Leon, C. (2024). *Contribución al Diseño y Gestión de Obras Civiles para la Ejecución del Proyecto “Ampliación de Capacidad de Autonomía Combustible Mina” Cajamarca 2024*. [Tesis de Pregrado]. Universidad Privada del Norte.
- Liu, W., Tao, X., Mao, C., & He, W. (2023). Scheduling optimization for production of prefabricated components with parallel work of serial machines. *Automation in Construction*, 148(January), 104770. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104770>
- Masoetsa, T. G., Ogunbayo, B. F., & Aigbavboa, C. O. (2022). Assessing Construction Constraint Factors on Project. *Buildings*, 12(1183), 1–15.
- Millhiser, W. P., & Szmerekovsky, J. G. (2012). Teaching Critical Chain Project Management: The Academic Debate and Illustrative Examples. *INFORMS Transactions on Education*, 12(2), 67–77. <https://doi.org/10.1287/ited.1110.0083>

- Mills, A. (2001). A systematic approach to risk management for construction. *Structural Survey*, 19(5), 245–252. <https://doi.org/10.1108/02630800110412615>
- Ministerio de Minas y Energía. (2020). *Propuesta de lineamientos técnicos de política de buenas prácticas para estandarizar los procesos de presas de relaves en minería*.
- Ohoa, María., & Alvarado, Michael. (2021). *Planificación de Proyectos de Ingeniería Civil y Toma de Decisiones Bajo Incertidumbre*. Universidad Militar Nueva Granada.
- PMO (2025). Monitoreo y control de proyectos: Pasos, técnicas y mejores prácticas para gerente de proyecto. ¿Qué es el monitoreo y control de proyectos en la gestión de proyectos? PMO Team <https://clickup.com/blog/project-monitoring/>
- Prensa Regional (2025). Colegio Manuel C. de la Torre será completamente renovado con inversión de S/ 80 millones, <https://prensaregional.pe/colegio-manuel-c-de-la-torre-sera-completamente-renovado-con-inversion-de-s-80-millones/>
- Quijano, Joel., Melo, Michel., & Romero, Percy. (2024). *Aplicación del enfoque híbrido en la Dirección de Proyectos para la Ingeniería de Factibilidad y Detalle en la ampliación de la Unidad Minera* [Tesis de Maestría]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Rahimi, I. (2026). A decision support system for open-pit mining optimisation with dynamic uncertainty and GPU-based parallel repair approach. *Expert Systems with Applications*, 298(PA), 129544. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2025.129544>
- RickBell (2024). Programación de construcción: definición y guía de procedimientos.: Que es la programación de Construcción. <https://www.oracle.com/latam/construction-engineering/construction-scheduling/>
- Sanchez, A., & Vizcardo, J. (2016). Gestión de riesgos en obras de movimiento de tierra en la sierra del Perú – Ambito minero. 111.
- Sánchez Domínguez, C. A., & Minchola romero, G. G. (2021). Gestión del monitoreo y control según la guía del PMBOK - sexta edición en el cumplimiento del

- alcance, costos y cronograma del proyecto de bombeo de agua fresca en compañía minera de la región Ancash, en el periodo 2017 - 2018. Universidad Tecnológica del Perú.
- Sepúlveda, G. (2024). *Uso de Modelo de Programación Directo de Bloques (DBS) con Restricción de Forma para Generar Planes de Mitigación de Corto Plazo en División Radomiro Tomic*. Universidad de Chile.
- Tamayo, C. L., & Famadico, J. J. F. (2024). Predictive Models of Construction Project Success Rating Using Regression and Artificial Neural Network. *International Journal of Multidisciplinary: Applied Business and Education Research*, 5(7), 2733–2745. <https://doi.org/10.11594/ijmaber.05.07.27>
- Tawfek, A. M., & Bera, D. K. (2022). Delay in Construction Projects: Types, Causes and Effects. *Project Management Practices*, 1(November), 184–192.
- Tomczak, M., & Jaśkowski, P. (2024). Customized particle swarm optimization for harmonizing multi-section construction projects. *Automation in Construction*, 162(February). <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105359>
- Wang, J., Liu, H., & Wang, Z. (2023). Stochastic Project Scheduling Optimization for Multi-stage Prefabricated Building Construction with Reliability Application. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 27(6), 2356–2371. <https://doi.org/10.1007/s12205-023-2164-8>
- Yuanyao, Tam, V., Wang, J., Le, K., & Butera, A. (2025). Deep reinforcement learning-based schedule optimization for parallel precast production. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 32(13), 285–318. <https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2025-0429>
- Visser (2025). Tipo de Reuniones em la Gestión de Proyectos y como sacar Máximo Provecho de ellas. Negocios. Bussiness <https://www.bluedothq.com/es/blog/types-of-meetings-in-project-management>
- Zou, X., Zhang, L., & Zhang, Q. (2022). Time-cost optimization in repetitive project scheduling with limited resources. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(2), 669–701. <https://doi.org/10.1108/ECAM-10-2020-0843>

## APÉNDICE

### Apéndice 1

#### Matriz de consistencia del informe final de tesis.

| PROBLEMA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | OBJETIVOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | HIPÓTESIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | VARIABLES/DIMENSIONES E INDICADORES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | METODOLOGÍA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | RECOMENDACIONES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>1. INTERROGANTE PRINCIPAL</b></p> <p>¿Cómo influye la aplicación de un manual de identificación de restricciones en la optimización de la programación de obras en proyectos civiles de unidades mineras en la región Tacna, 2025?</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <p><b>1. OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Aplicar un manual de identificación de restricciones para optimizar la programación de obras en proyectos civiles de unidades mineras, Tacna 2025</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <p><b>1. HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>La aplicación de un manual de identificación de restricciones permite optimizar la programación de obras en proyectos civiles de las unidades mineras en la región Tacna, 2025.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <p>Variable independiente: Manual de identificación de restricciones</p> <p><b>Dimensión 1: Identificación de restricciones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nº de restricciones detectadas.</li> <li>Porcentaje de restricciones identificadas.</li> </ul> <p><b>Dimensión 2: Clasificación y priorización</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>% de restricciones clasificadas por tipo (recursos, logística etc.).</li> </ul> <p><b>Dimensión 3: Gestión de restricciones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tiempo promedio de respuesta.</li> <li>Cumplimiento de plazos de liberación de restricciones.</li> </ul> <p><b>Dimensión 4: Monitoreo y control</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Frecuencia de reuniones de control.</li> <li>Nivel de trazabilidad documental.</li> </ul> <p>Variable dependiente: Optimización de la programación de obras</p> <p><b>Dimensión 1: Entorno operacional</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ubicación geográfica (altitud, clima).</li> <li>Accesibilidad.</li> </ul> <p><b>Dimensión 2: Tipo de obra civil</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Categoría (infraestructura vial, plataforma, cimentación, etc.).</li> </ul> <p><b>Dimensión 3: Recursos disponibles</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Disponibilidad de mano de obra, equipos, materiales y presupuesto.</li> </ul> <p><b>Dimensión 4: Plazos contractuales y normativos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Duración contractual.</li> <li>Requisitos legales y de seguridad minera.</li> </ul> | <p><b>-Tipo de Investigación</b></p> <p>Aplicada, enfoque cuantitativo</p> <p><b>-Diseño de la Investigación</b></p> <p>No experimental de corte transeccional</p> <p><b>-Ámbito de Estudio</b></p> <p>Unidades mineras</p> <p><b>-Población</b></p> <p>Total de proyectos ejecutados por las unidades mineras</p> <p><b>-Muestra</b></p> <p>05 proyectos para diagnóstico y 01 para aplicación</p> <p><b>-Técnicas de Recolección de datos</b></p> <p>Observación</p> <p><b>-Instrumentos</b></p> <p>Fichas de observación de campo y laboratorio</p> | <p>1.- Restricciones en unidades mineras</p> <p>2.- Importancia del manual de restricciones</p> <p>3.- Beneficio en la programación de obras</p> <p>4.- Impacto en la gestión de proyectos</p> <p>5.- Mejora mediante herramientas BIM</p> <p>6.- Integración del manual en el equipo de trabajo</p> <p>Contribución de la investigación al logro de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)</p> <p>Con la aplicación del manual de restricciones se contribuye al logro de los objetivos de desarrollo sostenible, dado que el estudio ayudará a que se diseñen alternativas de solución adecuadas, pertinentes y económicas para tener infraestructuras seguras, resilientes y sostenibles.</p> |
| <p><b>1. INTERROGAN TES ESPECÍFICAS</b></p> <p>a) ¿Cuáles son las principales restricciones que afectan la programación de obras civiles en unidades mineras de la región Tacna?</p> <p>b) ¿Cómo debe diseñarse un manual de identificación y gestión de restricciones aplicable a proyectos civiles en unidades mineras?</p> <p>c) ¿Qué efectos genera la aplicación del manual propuesto en un proyecto civil minero piloto sobre la programación de obra?</p> <p>d) ¿En qué medida la aplicación del manual impacta en la reducción de restricciones y en la mejora del cumplimiento de la programación de obra?</p> | <p><b>1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>a) Diagnosticar las principales restricciones que afectan la programación de obras civiles en unidades mineras de la región Tacna.</p> <p>b) Diseñar un manual de identificación y gestión de restricciones aplicable a proyectos civiles en unidades mineras.</p> <p>c) Aplicar el manual propuesto en un proyecto civil minero piloto para evaluar su eficacia en la optimización de la programación de obra.</p> <p>d) Evaluar el impacto de la aplicación del manual en la reducción de restricciones y mejora del cumplimiento de la programación de obra.</p> | <p><b>1. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b></p> <p>a) La identificación sistemática de restricciones permite diagnosticar de manera precisa los factores críticos que afectan la programación de obras civiles en unidades mineras de Tacna.</p> <p>b) El diseño de un manual de identificación y gestión de restricciones mejora la planificación y control de actividades en proyectos civiles mineros.</p> <p>c) La aplicación del manual propuesto en un proyecto piloto contribuye a reducir la ocurrencia de restricciones y a mejorar la confiabilidad de la programación de obra.</p> <p>d) La implementación del manual tiene un impacto positivo en la reducción de desviaciones y en el incremento del cumplimiento de los plazos establecidos en la programación de obras</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

## **7. ANEXOS**

## ANEXO 01: AUTORIZACIÓN PARA USO INFORMACIÓN



**ALTICA**  
CONSTRUCCIONES S.R.L.

ASOC. APITAC MZ I LOTE 4- ZONA B  
POCOLLAY-TACNA  
TELEF.: 972991134  
E-MAIL: pcardenas@altica.pe

## AUTORIZACIÓN PARA USO DE INFORMACIÓN

El que suscribe REPRESENTANTE LEGAL de la empresa **ALTICA CONSTRUCCIONES S.R.L.** identificada con RUC N° 20601016347, dedicada a la ejecución de obras Civiles y Electromecánicas.

### **AUTORIZA:**

Al Ing. **LUIS ALFREDO GUILLEN PINO** identificado con DNI N° **72411760**, para hacer uso de la información proporcionada por nuestra representada con respecto a proyectos civiles ejecutados en la unidad minera Toquepala, exclusivamente para fines de elaboración de tesis, correspondiente a los proyectos titulados:

#### **Nombre de la obra :**

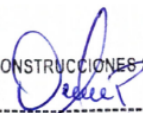
- SERVICIO DE MEJORA DE CAMPO DEPORTIVO TOQUEPALA ETAPA II
- SERVICIO DE MEJORA DE CAMPO DEPORTIVO TOQUEPALA ETAPA I
- CONSTRUCCIÓN DE VEREDAS PEATONALES, DRENAJE Y CERCO PERIMÉTRICO EN MÓDULOS DE ALOJAMIENTO DE CONTRATISTA DE ING. PLANTA TOQUEPALA
- MEJORAMIENTO DE LA ZONA DE ALMACENAMIENTO CENTRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS PELIGROSOS - TOQUEPALA
- ASFALTADO DE VIA PLAZA AL BARRIO DESAMPARADOS DI, D2 - FASE 1

Asimismo, se deja constancia de que la información será utilizada de manera responsable, respetando la confidencialidad de los datos sensibles y sin fines de lucro o uso indebido.

La presente autorización se otorga de manera voluntaria y podrá ser utilizada únicamente para los fines antes mencionados.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Tacna, 01 de abril del 2026.

ALTICA CONSTRUCCIONES S.R.L.  
  
 -----  
**OLGA NUÑEZ PALOMINO**  
 GERENTE GENERAL

## ANEXO 02: FICHA VALIDACIÓN EXPERTO 01

Ficha de validación de instrumento**I. Datos generales**

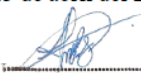
- 1.1 Apellidos y nombres del experto: Mirko Fernando Flores Jimenez  
 1.2 Grado académico: Mag. en Ingeniería Civil  
 1.3 Cargo e institución donde labora: Gerente General – Centry Group SAC 20610283692  
 1.4 DNI: 47460351  
 1.5 Celular: 918 427 547  
 1.6 Correo: mirko.flores.jimenez@gmail.com  
 1.7 Título de la Investigación: Aplicación de un manual de identificación de restricciones para optimizar la programación de obras en proyectos civiles de unidades mineras, Tacna 2025  
 1.8 Autor del instrumento: Luis Alfredo Guillen Pino  
 1.9 Experto en: MSc. Structural Engineering y Planificación de proyectos  
 1.10 Nombre del instrumento: Manual de identificación de restricciones

**II. Ficha de validación:**

| Indicadores        | Criterios cualitativos/cuantitativos                                | Deficiente<br>0-20%<br>(1) | Regular<br>21-40%<br>(2) | Bueno<br>41-60%<br>(3) | Muy bueno<br>61-80%<br>(4) | Excelente<br>81-100%<br>(5) | Obs. |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|------|
| 1. Claridad        | Está formulado con lenguaje apropiado.                              |                            |                          |                        | X                          |                             |      |
| 2. Objetividad     | Está expresado en conductas observables.                            |                            |                          |                        | X                          |                             |      |
| 3. Actualidad      | Adecuado al alcance de ciencia y tecnología.                        |                            |                          |                        | X                          |                             |      |
| 4. Organización    | Existe una organización lógica.                                     |                            |                          |                        | X                          |                             |      |
| 5. Suficiencia     | Comprende los aspectos de cantidad y calidad.                       |                            |                          |                        |                            | X                           |      |
| 6. Intencionalidad | Adecuado para valorar aspectos del estudio.                         |                            |                          |                        |                            | X                           |      |
| 7. Consistencia    | Basados en aspectos teóricos-científicos y del tema de estudio.     |                            |                          |                        | X                          |                             |      |
| 8. Coherencia      | Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables.            |                            |                          |                        | X                          |                             |      |
| 9. Metodología     | La estrategia responde al propósito del estudio.                    |                            |                          |                        |                            | X                           |      |
| 10. Conveniencia   | Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías. |                            |                          |                        | X                          |                             |      |
| <b>SUB TOTAL</b>   |                                                                     |                            |                          |                        | 28                         | 15                          |      |
| <b>TOTAL</b>       |                                                                     |                            |                          |                        |                            | 43                          |      |

Opinión de aplicabilidad: Se recomienda aplicar el instrumento (cuestionario) por cumplir los requisitos o indicadores correspondientes en un **86%** calificado como **Excelente**.

Tacna, 23 de abril del 2026

  
 Mirko Fernando Flores Jimenez  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 233140

Firma evaluador

## ANEXO 03: FICHA VALIDACIÓN EXPERTO 02

**Ficha de validación de instrumento****I. Datos generales**

- 1.1 Apellidos y nombres del experto: Copa Alave Franchesco Roger  
 1.2 Grado académico: Maestro en Ingeniería Civil  
 1.3 Cargo e institución donde labora: Jefe de la Oficina de Ingeniería, Proyectos y Obras en la EPS ILO S.A.  
 1.4 DNI: 47369189  
 1.5 Celular: 931679011  
 1.6 Correo: Franchesco.copa@gmail.com  
 1.7 Título de la Investigación: Aplicación de un manual de identificación de restricciones para optimizar la programación de obras en proyectos civiles de unidades mineras, Tacna 2025  
 1.8 Autor del instrumento: Luis Alfredo Guillen Pino  
 1.9 Experto en: Planificación, costos y ejecución de proyectos  
 1.10 Nombre del instrumento: Manual de identificación de restricciones

**II. Ficha de validación:**

| Indicadores        | Criterios cualitativos/cuantitativos                                | Deficiente 0-20% (1) | Regular 21-40% (2) | Bueno 41-60% (3) | Muy bueno 61-80% (4) | Excelente 81-100% (5) | Obs. |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|------------------|----------------------|-----------------------|------|
| 1. Claridad        | Está formulado con lenguaje apropiado.                              |                      |                    |                  |                      | X                     |      |
| 2. Objetividad     | Está expresado en conductas observables.                            |                      |                    |                  | X                    |                       |      |
| 3. Actualidad      | Adecuado al alcance de ciencia y tecnología.                        |                      |                    |                  | X                    |                       |      |
| 4. Organización    | Existe una organización lógica.                                     |                      |                    |                  | X                    |                       |      |
| 5. Suficiencia     | Comprende los aspectos de cantidad y calidad.                       |                      |                    |                  | X                    |                       |      |
| 6. Intencionalidad | Adecuado para valorar aspectos del estudio.                         |                      |                    |                  |                      | X                     |      |
| 7. Consistencia    | Basados en aspectos teóricos-científicos y del tema de estudio.     |                      |                    |                  |                      | X                     |      |
| 8. Coherencia      | Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables.            |                      |                    |                  |                      | X                     |      |
| 9. Metodología     | La estrategia responde al propósito del estudio.                    |                      |                    |                  |                      | X                     |      |
| 10. Conveniencia   | Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías. |                      |                    |                  |                      | X                     |      |
| <b>SUB TOTAL</b>   |                                                                     |                      |                    |                  | 16                   | 30                    |      |
| <b>TOTAL</b>       |                                                                     |                      |                    |                  |                      | 46                    |      |

Opinión de aplicabilidad: Se recomienda aplicar el instrumento (cuestionario) por cumplir los requisitos o indicadores correspondientes en un **92%** calificado como **Excelente**.

Tacna, 20 de abril del 2026

  
 Mgr. Ing. FRANCHESCO ROGER COPA ALAVE  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 196288  
 Firma evaluador

## ANEXO 04: FICHA VALIDACIÓN EXPERTO 03

Ficha de validación de instrumento**I. Datos generales**

- 1.1 Apellidos y nombres del experto: Violeta Quevedo Porras  
 1.2 Grado académico: Mgr en ingeniería civil  
 1.3 Cargo e institución donde labora: Docente de la UCSUR – Coordinadora de proyectos  
 1.4 DNI: 70756994  
 1.5 Celular: 966134424  
 1.6 Correo: zarelaq@gmail.com  
 1.7 Título de la Investigación: Aplicación de un manual de identificación de restricciones para optimizar la programación de obras en proyectos civiles de unidades mineras, Tacna 2025  
 1.8 Autor del instrumento: Luis Alfredo Guillen Pino  
 1.9 Experto en: Planificación, costos y ejecución de proyectos  
 1.10 Nombre del instrumento: Manual de identificación de restricciones

**II. Ficha de validación:**

| Indicadores        | Criterios cualitativos/cuantitativos                                | Deficiente 0-20% (1) | Regular 21-40% (2) | Bueno 41-60% (3) | Muy bueno 61-80% (4) | Excelente 81-100% (5) | Obs. |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|------------------|----------------------|-----------------------|------|
| 1. Claridad        | Está formulado con lenguaje apropiado.                              |                      |                    |                  |                      | X                     |      |
| 2. Objetividad     | Está expresado en conductas observables.                            |                      |                    |                  | X                    |                       |      |
| 3. Actualidad      | Adecuado al alcance de ciencia y tecnología.                        |                      |                    |                  | X                    |                       |      |
| 4. Organización    | Existe una organización lógica.                                     |                      |                    |                  | X                    |                       |      |
| 5. Suficiencia     | Comprende los aspectos de cantidad y calidad.                       |                      |                    |                  | X                    |                       |      |
| 6. Intencionalidad | Adecuado para valorar aspectos del estudio.                         |                      |                    |                  | X                    |                       |      |
| 7. Consistencia    | Basados en aspectos teóricos-científicos y del tema de estudio.     |                      |                    |                  | X                    |                       |      |
| 8. Coherencia      | Entre los índices, indicadores, dimensiones y variables.            |                      |                    |                  | X                    |                       |      |
| 9. Metodología     | La estrategia responde al propósito del estudio.                    |                      |                    |                  |                      | X                     |      |
| 10. Conveniencia   | Genera nuevas pautas en la investigación y construcción de teorías. |                      |                    |                  | X                    |                       |      |
| <b>SUB TOTAL</b>   |                                                                     |                      |                    |                  | 32                   | 10                    |      |
| <b>TOTAL</b>       |                                                                     |                      |                    |                  |                      | 42                    |      |

Opinión de aplicabilidad: Se recomienda aplicar el instrumento (cuestionario) por cumplir los requisitos o indicadores correspondientes en un **84%** calificado como **Excelente**.

Tacna, 21 de abril del 2026

  
 Firma evaluador

## ANEXO 05: EVALUACIÓN DEL PPC

## EVALUACIÓN DEL PPC

"NOMBRE DEL PROYECTO"

Semana 13.Abril.2025 al 19.Abril.2025

Nº Proyecto : 2466-054  
Fecha Inicio Proy. : 09/04/2025  
Fecha Fin Proy. : 07/07/2025

Report N°. :  
Fecha Corte :  
Fecha Inf. :

02  
19/04/2025  
21/04/2025

| SEMANA ANTERIOR: S-02 |                                                                      |            |           |                |     |                     |            |                       |      |      |       |       |   |          |            |      |                |             | SEMANA ACTUAL: S-03 |                                       |                                                                                                                |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | SEMANA SIGUIENTE: S-04 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------|------------|-----------|----------------|-----|---------------------|------------|-----------------------|------|------|-------|-------|---|----------|------------|------|----------------|-------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| EOT                   | ACTIVIDAD                                                            | PROGRAMADO |           | METRADO CONTR. | UND | METRADO EJEC. ACUM. | DIFERENCIA | SEMANA ANTERIOR: S-02 |      |      |       |       |   |          | CANTIDADES |      | % CUMPLIMIENTO | % EJECUCIÓN | CUMPLIMIENTO SI/ NO | CODIGO                                | CAUSA DE INCUMPLIMIENTO                                                                                        | MEDIDA CORRECTIVA |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                       |                                                                      | INICIO     | FIN       |                |     |                     |            | D                     | L    | M    | M     | V     | S | PROGRAM. | EJECUTADO  |      |                |             |                     |                                       |                                                                                                                |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2466-054              | NOMBRE DEL PROYECTO                                                  |            |           |                |     |                     |            |                       |      |      |       |       |   |          |            |      |                |             |                     |                                       |                                                                                                                |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1                     | OBRAS PRELIMINARES                                                   |            |           |                |     |                     |            |                       |      |      |       |       |   |          |            |      |                |             |                     |                                       |                                                                                                                |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.1                   | MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES | 9-Abr-25   | 6-Jun-25  | 1.00           | gb  | 0.08                | 0.92       | 0.01                  | 0.01 | 0.01 | 0.01  |       |   | 0.04     | 0.04       | 0.95 | 0.88           | SI          |                     |                                       |                                                                                                                |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.2                   | TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO PERMANENTE                                | 9-Abr-24   | 6-Jun-25  | 1.00           | gb  | 0.08                | 0.92       | 0.01                  | 0.01 | 0.01 | 0.01  |       |   | 0.05     | 0.04       | 0.95 | 0.83           | SI          |                     |                                       |                                                                                                                |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.3                   | OFICINA, ALMACEN, TALLERES Y OBRAS PROVISIONALES                     | 9-Abr-25   | 6-Jun-25  | 1.00           | gb  | 0.10                | 0.90       | 0.01                  | 0.01 | 0.01 | 0.01  | 0.01  |   | 0.04     | 0.04       | 0.95 | 0.89           | SI          |                     |                                       |                                                                                                                |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.4                   | PROGRAMA DE SEGURIDAD, SEÑALIZACIÓN Y MEDIO AMBIENTE                 | 9-Abr-25   | 6-Jun-25  | 1.00           | gb  | 0.08                | 0.92       | 0.01                  | 0.01 | 0.01 | 0.01  | 0.01  |   | 0.04     | 0.04       | 0.95 | 0.89           | SI          |                     |                                       |                                                                                                                |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2                     | PAVIMENTO ASFALTICO EN CALIENTE                                      |            |           |                |     |                     |            |                       |      |      |       |       |   |          |            |      |                |             |                     |                                       |                                                                                                                |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2.001                 | MOVIMIENTO DE TIERRAS                                                |            |           |                |     |                     |            |                       |      |      |       |       |   |          |            |      |                |             |                     |                                       |                                                                                                                |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 02.01.01              | REMOCIÓN CARPETA ASFÁLTICA EXISTENTE                                 | 15-Abr-25  | 12-Jun-25 | 210.00         | m3  | 39.60               | 170.40     | -                     | -    | -    | 19.80 | 19.80 |   | 45.00    | 39.60      | 0.95 | 0.88           | NO          | EQ                  | Demora en llegada de Equipo Necesario | Solicitar a gerencia una reserva formal del equipo colocado con un anticipación de una semana antes de su uso. |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3                     | VARIOS                                                               |            |           |                |     |                     |            |                       |      |      |       |       |   |          |            |      |                |             |                     |                                       |                                                                                                                |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5.01                  | CONTROL DE CALIDAD                                                   | 15-Abr-25  | 6-Jun-25  | 1.00           | gb  | 0.06                | 0.94       | -                     | -    | -    | -     | 0.06  |   | 0.06     | 0.06       | 0.95 | 1.00           | SI          |                     |                                       |                                                                                                                |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Nº Actividades Programadas | 6      |
| Nº Actividades Completadas | 5      |
| PAC                        | 83.33% |

|                      |
|----------------------|
| CUMPLIMIENTO SEMANAL |
| 83.33%               |

## ANEXO 06: LOOK A HEAD THREE WEEK

### 3 WEEK LOOK AHEAD

"NOMBRE DEL PROYECTO "

Semana del 20.Abril.2025 al 10.Mayo.2025

Nº Proyecto : 2466-054  
Fecha Inicio Proy. : 09/04/2025  
Fecha Fin Proy. : 07/07/2025

Report N°. : 2  
Fecha Corte : 19/04/2025  
Fecha Inf. : 21/04/2025

[illegible]

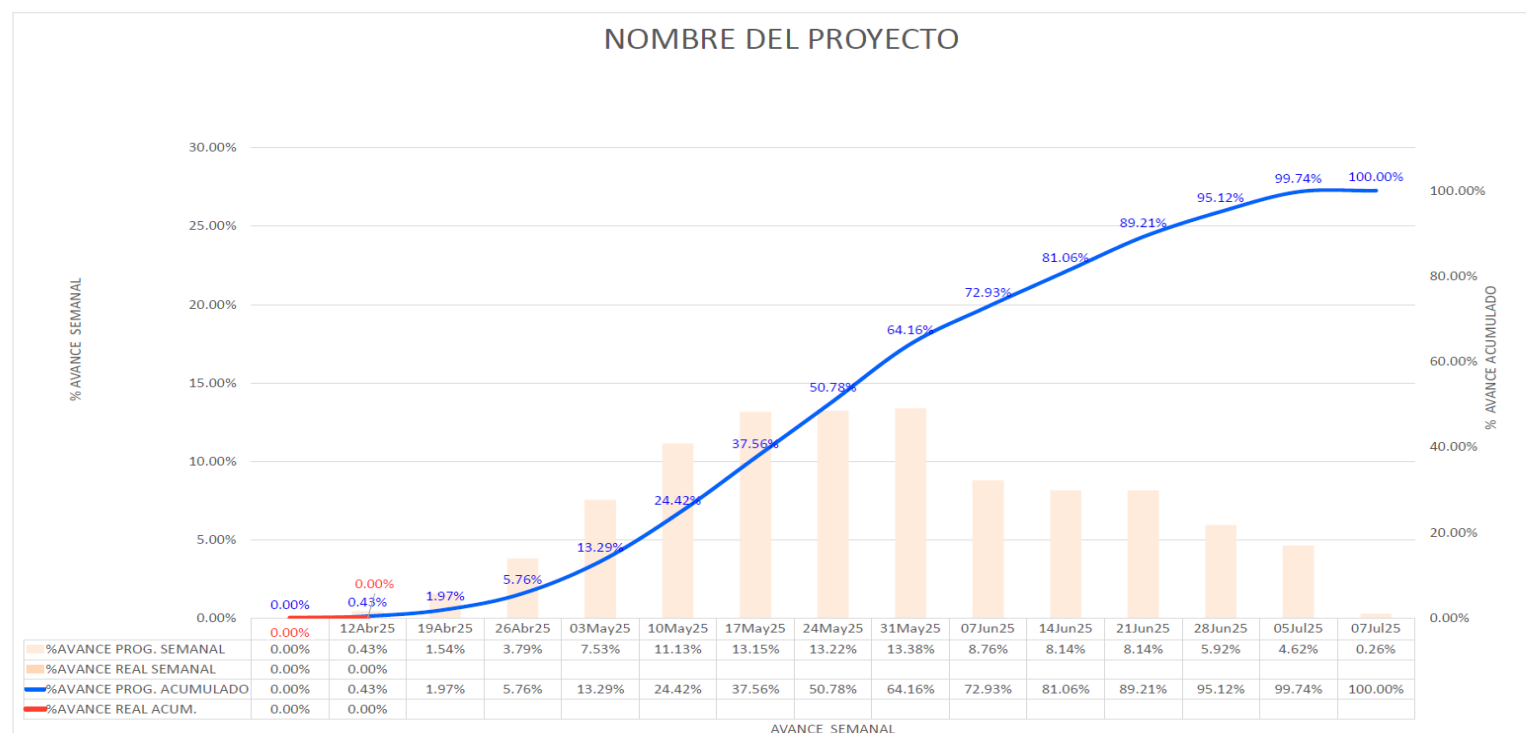
## ANEXO 07: MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE RESTRICCIÓN “SIEMPRE”

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE RESTRICCIÓN " SIEMPRE"

| <i>Item</i> | <i>Act.</i>     | <i>Seguridad</i> | <i>Información</i> | <i>Equipos</i> | <i>Material</i> | <i>Personal</i> | <i>Requisitos</i> | <i>Espacio</i> |
|-------------|-----------------|------------------|--------------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------|
| <b>1</b>    | Actividad<br>01 |                  |                    |                |                 |                 |                   |                |
| <b>2</b>    | Actividad<br>02 |                  |                    |                |                 |                 |                   |                |
| <b>3</b>    | Actividad<br>03 |                  |                    |                |                 |                 |                   |                |
| <b>4</b>    | Actividad<br>05 |                  |                    |                |                 |                 |                   |                |

## ANEXO 08: CURVA “S” – GRAFICA

| RESUMEN AVANCE A LA FECHA |         |      |            |
|---------------------------|---------|------|------------|
| Programado                | Reprog. | Real | Diferencia |
|                           | -       |      | 0.00%      |



## ANEXO 09: CURVA “S” – TABLA AVANCE DEL PROYECTO

|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Fecha de Corte: Sem. 1   |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|----------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| EDT      | ENTREGABLES         | % Incidencia Local | % Incidencia Global | % de Avance Físico |       | % de Avance Programado del Contrato | % de Avance Real del Contrato | SEMANAS                  |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|          |                     |                    |                     | Prog.              | Real  |                                     |                               | Fecha de Corte<br>Semana | 12-Abr | 19-Abr | 26-Abr | 3-May  | 10-May | 17-May  | 24-May  | 31-May  | 7-Jun   | 14-Jun  | 21-Jun  | 28-Jun  | 5-Jul   | 7-Jul   |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               |                          | Sem. 1 | Sem. 2 | Sem. 3 | Sem. 4 | Sem. 5 | Sem. 6  | Sem. 7  | Sem. 8  | Sem. 9  | Sem. 10 | Sem. 11 | Sem. 12 | Sem. 13 | Sem. 14 |
|          | NOMBRE DEL PROYECTO | 100.00%            | 100.00%             | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01                | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01                | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Reprog.                  |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 01       | ENTREGABLE 1        | 0.02%              | 0.02%               | 4.07%              | 4.23% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01                | 4.07%  | 11.09% | 18.95% | 26.95% | 34.96% | 42.96%  | 50.97%  | 58.97%  | 66.98%  | 74.99%  | 82.99%  | 91.00%  | 99.00%  | 100.00% |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01                | 4.23%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Reprog.                  |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 01.01    | PARTIDA             | 22.22%             | 0.00%               | 4.40%              | 4.44% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01                | 4.40%  | 12.36% | 20.22% | 28.06% | 35.96% | 43.82%  | 51.69%  | 59.55%  | 67.42%  | 75.28%  | 83.15%  | 91.01%  | 98.88%  | 100.00% |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01                | 4.44%  |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Reprog.                  |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 01.02    | PARTIDA             | 22.22%             | 0.00%               | 4.62%              | 4.44% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01                | 4.82%  | 12.82% | 20.64% | 28.47% | 36.29% | 44.11%  | 51.94%  | 59.76%  | 67.59%  | 75.41%  | 83.23%  | 91.00%  | 98.88%  | 100.00% |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01                | 4.44%  |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Reprog.                  |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 01.03    | PARTIDA             | 22.22%             | 0.00%               | 4.40%              | 6.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01                | 4.49%  | 12.36% | 20.22% | 28.06% | 35.96% | 43.82%  | 51.69%  | 59.55%  | 67.42%  | 75.28%  | 83.15%  | 91.01%  | 98.88%  | 100.00% |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01                | 6.00%  |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Reprog.                  |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 01.04    | PARTIDA             | 22.22%             | 0.00%               | 4.40%              | 4.44% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01                | 4.49%  | 12.36% | 20.22% | 28.06% | 35.96% | 43.82%  | 51.69%  | 59.55%  | 67.42%  | 75.28%  | 83.15%  | 91.01%  | 98.88%  | 100.00% |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01                | 4.44%  |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Reprog.                  |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 01.05    | PARTIDA             | 11.11%             | 0.00%               | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01                | 0.00%  | 0.00%  | 7.86%  | 17.11% | 26.32% | 35.53%  | 44.74%  | 53.95%  | 63.16%  | 72.37%  | 81.58%  | 90.79%  | 100.00% | 100.00% |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01                |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Reprog.                  |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 02       | ENTREGABLE 2        | 18.69%             | 18.69%              | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01                | 0.00%  | 5.93%  | 17.33% | 31.97% | 45.31% | 55.36%  | 64.34%  | 71.56%  | 76.18%  | 83.71%  | 91.95%  | 98.59%  | 100.00% | 100.00% |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01                | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Reprog.                  |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 02.01    | SUB PARTIDA         | 62.62%             | 11.60%              | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01                | 0.00%  | 9.57%  | 27.97% | 51.55% | 70.48% | 83.62%  | 88.97%  | 92.79%  | 95.75%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01                | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Reprog.                  |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 02.01.01 | ACTIVIDAD 01        | 10.20%             | 1.18%               | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01                | 0.00%  | 0.00%  | 83.33% | 83.33% | 83.33% | 83.33%  | 83.33%  | 83.33%  | 83.33%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01                |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Reprog.                  |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 02.01.02 | ACTIVIDAD 02        | 20.41%             | 2.37%               | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01                | 0.00%  | 46.67% | 75.00% | 75.00% | 75.00% | 87.50%  | 87.50%  | 87.50%  | 87.50%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01                |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Reprog.                  |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 02.01.03 | PARTIDA             | 20.41%             | 2.37%               | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01                | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 43.82% | 87.64% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01                |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Reprog.                  |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 02.01.04 | PARTIDA             | 20.41%             | 2.37%               | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01                | 0.00%  | 0.00%  | 20.40% | 56.11% | 66.82% | 83.48%  | 93.48%  | 98.48%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01                |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Reprog.                  |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 02.01.05 | PARTIDA             | 4.08%              | 0.47%               | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01                | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 24.00%  | 52.00%  | 80.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01                |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Reprog.                  |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 02.01.06 | PARTIDA             | 4.08%              | 0.47%               | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01                | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 24.00%  | 52.00%  | 80.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01                |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Reprog.                  |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 02.01.07 | PARTIDA             | 10.20%             | 1.18%               | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01                | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 27.00% | 58.50% | 80.00%  | 90.00%  | 95.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01                |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Reprog.                  |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 02.01.08 | PARTIDA             | 10.20%             | 1.18%               | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01                | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 45.00% | 90.00% | 95.00%  | 95.00%  | 95.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01                |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|          |                     |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Reprog.                  |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| 02.02    | SUB PARTIDA         | 37.97%             | 7.10%               | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01                | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 4.19%  | 9.19%   | 24.11%  | 36.89%  | 44.22%  | 57.11%  | 78.81%  | 96.30%  | 100.00% | 100.00% |

| EDT      | ENTREGABLES  | % Incidencia Local | % Incidencia Global | % de Avance Físico |       | % de Avance Programado del Contrato | % de Avance Real del Contrato | SEMANAS        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |  |
|----------|--------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------|-------------------------------------|-------------------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
|          |              |                    |                     | Prog.              | Real  |                                     |                               | Fecha de Corte | 12-Abr | 19-Abr | 26-Abr | 3-May  | 10-May | 17-May | 24-May | 31-May | 7-Jun  | 14-Jun  | 21-Jun  | 28-Jun  | 5-Jul   | 7-Jul   |         |         |  |
|          |              |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Semana         | Sem. 1 | Sem. 2 | Sem. 3 | Sem. 4 | Sem. 5 | Sem. 6 | Sem. 7 | Sem. 8 | Sem. 9 | Sem. 10 | Sem. 11 | Sem. 12 | Sem. 13 | Sem. 14 |         |         |  |
|          |              |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01      |        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   |  |
| 02.02.01 | PARTIDA      | 33.33%             | 2.37%               | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01      |        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 12.67% | 27.67% | 39.00% | 44.00% | 66.00%  | 88.00%  | 92.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |  |
|          |              |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |  |
| 02.02.02 | PARTIDA      | 33.33%             | 2.37%               | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01      |        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 33.33% | 33.33% | 33.33%  | 50.00%  | 77.78%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |  |
|          |              |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |  |
| 02.02.03 | PARTIDA      | 33.33%             | 2.37%               | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01      |        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 33.33% | 33.33%  | 33.33%  | 66.67%  | 88.89%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% |  |
|          |              |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |  |
| 03       | ENTREGABLE 3 | 36.68%             | 36.68%              | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01      |        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 3.90%  | 19.05% | 28.23% | 39.86% | 59.39% | 73.79%  | 80.94%  | 94.79%  | 97.30%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% |  |
|          |              |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01      |        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   |  |
| 03.01    | SUB PARTIDA  | 100.00%            | 36.68%              | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01      |        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 3.90%  | 19.05% | 28.23% | 39.86% | 59.39% | 73.79%  | 80.94%  | 94.79%  | 97.30%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% |  |
|          |              |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01      |        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   | 0.00%   |  |
|          |              |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |  |
| 03.01.01 | PARTIDA      | 3.23%              | 1.18%               | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01      |        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 12.50% | 23.44% | 40.63% | 56.21% | 75.00% | 81.25%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |  |
|          |              |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |  |
| 03.01.02 | PARTIDA      | 6.45%              | 2.37%               | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01      |        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 16.75% | 37.50% | 53.12% | 71.88% | 78.13%  | 93.75%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |  |
|          |              |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |  |
| 03.01.03 | PARTIDA      | 6.45%              | 2.37%               | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01      |        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 25.00% | 75.00% | 75.00% | 75.00% | 75.00% | 75.00%  | 75.00%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |  |
|          |              |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |  |
| 03.01.04 | PARTIDA      | 6.45%              | 2.37%               | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01      |        | 0.00%  | 0.00%  | 0.00%  | 12.50% | 20.31% | 35.42% | 50.00% | 68.75% | 77.08%  | 95.83%  | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% | 100.00% |  |
|          |              |                    |                     |                    |       |                                     |                               | Real LB01      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |  |
| 03.01.05 | PARTIDA      | 6.45%              | 2.37%               | 0.00%              | 0.00% | 0.00%                               | 0.00%                         | Prog LB01      |        | 0.00%  | 0.00%  | 0.0    |        |        |        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |  |

[illegible]

## ANEXO 10: CURVA “S” – ASIGNACIÓN DE INCIDENCIAS

## PORCENTAJES DE INCIDENCIA

| EDT                    | Entregable/Actividades | Metrado Meta | Und. | P.U. | Participación en construcción | Parcial         | % Incidencia Local | % Incidencia Global |
|------------------------|------------------------|--------------|------|------|-------------------------------|-----------------|--------------------|---------------------|
| <b>I</b>               | <b>NOMBRE PROYECTO</b> |              |      |      |                               | <b>4,225.90</b> | <b>100.00%</b>     | <b>100.00%</b>      |
| <b>01</b>              | <b>ENTREGABLE 1</b>    |              |      |      |                               | <b>0.90</b>     | <b>0.02%</b>       | <b>0.02%</b>        |
| 01.01                  | ACTIVIDAD 01           | 1.00         | glb  | 1.00 | 20%                           | 0.20            | 22.22%             | 0.00%               |
| 01.02                  | ACTIVIDAD 02           | 1.00         | glb  | 1.00 | 20%                           | 0.20            | 22.22%             | 0.00%               |
| 01.03                  | ACTIVIDAD 03           | 1.00         | glb  | 1.00 | 20%                           | 0.20            | 22.22%             | 0.00%               |
| 01.04                  | ACTIVIDAD 04           | 1.00         | glb  | 1.00 | 20%                           | 0.20            | 22.22%             | 0.00%               |
| 01.05                  | ACTIVIDAD 05           | 1.00         | glb  | 1.00 | 10%                           | 0.10            | 11.11%             | 0.00%               |
| <b>02</b>              | <b>ENTREGABLE 2</b>    |              |      |      |                               | <b>790.00</b>   | <b>18.69%</b>      | <b>18.69%</b>       |
| 02.01                  | SUB PARTIDA            |              |      |      |                               | <b>490.00</b>   | <b>62.03%</b>      | <b>11.60%</b>       |
| 02.01.01               | ACTIVIDAD 01           | 100.00       | m3   | 1.00 | 50%                           | 50.00           | 10.20%             | 1.18%               |
| 02.01.02               | ACTIVIDAD 02           | 100.00       | m3   | 1.00 | 100%                          | 100.00          | 20.41%             | 2.37%               |
| 02.01.03               | ACTIVIDAD 03           | 100.00       | m3   | 1.00 | 100%                          | 100.00          | 20.41%             | 2.37%               |
| 02.01.04               | ACTIVIDAD 04           | 100.00       | m3   | 1.00 | 100%                          | 100.00          | 20.41%             | 2.37%               |
| 02.01.05               | ACTIVIDAD 05           | 100.00       | m3   | 1.00 | 20%                           | 20.00           | 4.08%              | 0.47%               |
| 02.01.06               | ACTIVIDAD 06           | 100.00       | m3   | 1.00 | 20%                           | 20.00           | 4.08%              | 0.47%               |
| 02.01.07               | ACTIVIDAD 07           | 100.00       | m2   | 1.00 | 50%                           | 50.00           | 10.20%             | 1.18%               |
| 02.01.08               | ACTIVIDAD 08           | 100.00       | m3   | 1.00 | 50%                           | 50.00           | 10.20%             | 1.18%               |
| 02.02                  | SUB PARTIDA            |              |      |      |                               | <b>300.00</b>   | <b>37.97%</b>      | <b>7.10%</b>        |
| 02.02.01               | ACTIVIDAD 01           | 100.00       | m3   | 1.00 | 100%                          | 100.00          | 33.33%             | 2.37%               |
| 02.02.02               | ACTIVIDAD 02           | 100.00       | m2   | 1.00 | 100%                          | 100.00          | 33.33%             | 2.37%               |
| 02.02.03               | ACTIVIDAD 03           | 100.00       | m3   | 1.00 | 100%                          | 100.00          | 33.33%             | 2.37%               |
| <b>03</b>              | <b>ENTREGABLE 3</b>    |              |      |      |                               | <b>1,550.00</b> | <b>36.68%</b>      | <b>36.68%</b>       |
| 03.01                  | SUB PARTIDA            |              |      |      |                               | <b>1,550.00</b> | <b>100.00%</b>     | <b>36.68%</b>       |
| 03.01.01               | ACTIVIDAD 01           | 100.00       | m3   | 1.00 | 50%                           | 50.00           | 3.23%              | 1.18%               |
| 03.01.02               | ACTIVIDAD 02           | 100.00       | m3   | 1.00 | 100%                          | 100.00          | 6.45%              | 2.37%               |
| 03.01.03               | ACTIVIDAD 03           | 100.00       | m3   | 1.00 | 100%                          | 100.00          | 6.45%              | 2.37%               |
| 03.01.04               | ACTIVIDAD 04           | 100.00       | m2   | 1.00 | 100%                          | 100.00          | 6.45%              | 2.37%               |
| 03.01.05               | ACTIVIDAD 05           | 100.00       | m3   | 1.00 | 100%                          | 100.00          | 6.45%              | 2.37%               |
| 03.01.06               | ACTIVIDAD 06           | 100.00       | m3   | 1.00 | 100%                          | 100.00          | 6.45%              | 2.37%               |
| 03.01.07               | ACTIVIDAD 07           | 100.00       | m2   | 1.00 | 50%                           | 50.00           | 3.23%              | 1.18%               |
| 03.01.08               | ACTIVIDAD 08           | 100.00       | kg   | 1.00 | 50%                           | 50.00           | 3.23%              | 1.18%               |
| 03.01.09               | ACTIVIDAD 09           | 100.00       | m    | 1.00 | 100%                          | 100.00          | 6.45%              | 2.37%               |
| 03.01.10               | ACTIVIDAD 10           | 100.00       | m    | 1.00 | 100%                          | 100.00          | 6.45%              | 2.37%               |
| 03.01.11               | ACTIVIDAD 11           | 100.00       | m    | 1.00 | 100%                          | 100.00          | 6.45%              | 2.37%               |
| 03.01.12               | ACTIVIDAD 12           | 100.00       | m    | 1.00 | 100%                          | 100.00          | 6.45%              | 2.37%               |
| 03.01.13               | ACTIVIDAD 13           | 100.00       | m    | 1.00 | 100%                          | 100.00          | 6.45%              | 2.37%               |
| 03.01.14               | ACTIVIDAD 14           | 100.00       | m    | 1.00 | 100%                          | 100.00          | 6.45%              | 2.37%               |
| 03.01.15               | ACTIVIDAD 15           | 100.00       | m3   | 1.00 | 100%                          | 100.00          | 6.45%              | 2.37%               |
| 03.01.16               | ACTIVIDAD 16           | 100.00       | m2   | 1.00 | 100%                          | 100.00          | 6.45%              | 2.37%               |
| 03.01.17               | ACTIVIDAD 17           | 100.00       | m    | 1.00 | 100%                          | 100.00          | 6.45%              | 2.37%               |
| <b>04</b>              | <b>ENTREGABLE 4</b>    |              |      |      |                               | <b>1,684.00</b> | <b>44.58%</b>      | <b>44.58%</b>       |
| 04.01                  | ACTIVIDAD 01           | 8.00         | und  | 1.00 | 300%                          | 24.00           | 1.27%              | 0.57%               |
| 04.02                  | ACTIVIDAD 02           | 10.00        | und  | 1.00 | 300%                          | 30.00           | 1.59%              | 0.71%               |
| 04.03                  | ACTIVIDAD 03           | 5.00         | und  | 1.00 | 300%                          | 15.00           | 0.80%              | 0.35%               |
| 04.04                  | ACTIVIDAD 04           | 100.00       | und  | 1.00 | 300%                          | 300.00          | 15.92%             | 7.10%               |
| 04.05                  | ACTIVIDAD 05           | 20.00        | m2   | 1.00 | 300%                          | 60.00           | 3.18%              | 1.42%               |
| 04.06                  | ACTIVIDAD 06           | 285.00       | m2   | 1.00 | 300%                          | 855.00          | 45.38%             | 20.23%              |
| 04.07                  | ACTIVIDAD 07           | 200.00       | und  | 1.00 | 300%                          | 600.00          | 31.85%             | 14.20%              |
| <b>05</b>              | <b>ENTREGABLE 5</b>    |              |      |      |                               | <b>1.00</b>     | <b>0.02%</b>       | <b>0.02%</b>        |
| 05.01                  | ACTIVIDAD 01           | 1.00         | glb  | 1.00 | 100%                          | 1.00            | 100.00%            | 0.02%               |
| <b>MontoTotal Meta</b> |                        |              |      |      |                               | <b>4,225.90</b> |                    |                     |

## ANEXO 11: FUNDAMENTO DE ANTECEDENTES CON LOS RESULTADOS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Rahimi (2026)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Este antecedente fue considerado porque demuestra que la identificación y gestión anticipada de variables críticas permite optimizar la programación en proyectos mineros. Aunque Rahimi empleó un sistema avanzado DSS basado en algoritmos de optimización para planificación minera de largo plazo, los resultados son similares a los obtenidos en la presente investigación, ya que ambos enfoques buscan reducir la incertidumbre y mejorar la toma de decisiones. En la presente tesis, la aplicación del manual de identificación de restricciones permitió anticipar limitaciones operativas y mejorar el cumplimiento de la programación de obra. |
| 2. Wang et al. (2023)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Se utilizó este antecedente porque aborda la optimización de la programación bajo restricciones de recursos. Los autores emplearon el algoritmo DEPSO para aumentar la confiabilidad del cronograma y reducir retrasos. De manera similar, la presente investigación identificó restricciones relacionadas con materiales, equipos, personal e información mediante la matriz S.I.E.M.P.R.E., logrando mejorar la confiabilidad del cronograma y reducir desviaciones entre lo programado y ejecutado.                                                                                                                                                      |
| 3. Yuanyao et al. (2025)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Este estudio fue incorporado porque demuestra que la gestión anticipada de restricciones mejora la estabilidad de la programación y facilita la reprogramación eficiente. Aunque utiliza inteligencia artificial mediante aprendizaje por refuerzo profundo, los resultados coinciden con la presente investigación, donde la identificación temprana de restricciones permitió mantener la continuidad de las actividades y reducir los impactos de reprogramaciones durante la ejecución.                                                                                                                                                                 |
| 4. Essam et al. (2023)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Se consideró este antecedente debido a que integra restricciones de espacio, recursos y tiempo para optimizar la programación de proyectos. Los resultados obtenidos muestran una mejora en la toma de decisiones y reducción de errores, situación semejante a la presente tesis, donde el manual permitió identificar restricciones antes de la ejecución, disminuyendo interferencias y mejorando la planificación de obra.                                                                                                                                                                                                                              |
| 5. Zou et al. (2022)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Fue utilizado porque demuestra que la programación basada en restricciones permite optimizar simultáneamente tiempo y costo. Los autores lograron mejorar el rendimiento de proyectos con recursos limitados. Del mismo modo, la presente investigación evidenció que la identificación temprana de restricciones contribuyó a evitar retrasos, reducir reprogramaciones y mejorar la eficiencia de la ejecución.                                                                                                                                                                                                                                           |
| 6. He et al. (2021)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Este antecedente fue seleccionado porque analiza la influencia de las restricciones de recursos en la programación de proyectos. Los resultados mostraron reducción de tiempos y costos mediante una adecuada coordinación de recursos. De forma similar, el manual propuesto permitió identificar restricciones de materiales, equipos y personal, contribuyendo a mejorar el cumplimiento del cronograma.                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 7. Tomczak y Jaśkowski (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Se incorporó debido a que busca optimizar la programación mediante una mejor coordinación de recursos y reducción de tiempos improductivos. Los resultados son comparables con los obtenidos en esta tesis, ya que la gestión de restricciones permitió                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| disminuir interrupciones y mejorar el flujo continuo de trabajo durante la ejecución de los proyectos evaluados.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 8. Liu et al. (2023)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Este estudio fue considerado porque aborda la optimización de la programación bajo condiciones de incertidumbre. Al igual que la presente investigación, busca incrementar la confiabilidad de los cronogramas mediante la identificación y control de factores que afectan la ejecución. Ambos estudios concluyen que una adecuada gestión de restricciones mejora el desempeño del proyecto.                                                                                    |
| 9. Sepúlveda (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Fue utilizado porque demuestra que la identificación y gestión de restricciones operativas permite mejorar la eficiencia de proyectos mineros. Los resultados obtenidos presentan similitud con la presente investigación, donde la aplicación del manual permitió identificar oportunamente restricciones que afectaban el cumplimiento de plazos y recursos.                                                                                                                    |
| 10. El-Abbasy et al. (2016)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Se consideró este antecedente porque evalúa la optimización de programación considerando recursos, tiempo y costos. Los resultados evidenciaron mejoras en la planificación y asignación de recursos, aspecto que guarda relación con los hallazgos de esta investigación, donde el manual permitió mejorar la planificación mediante la identificación sistemática de restricciones.                                                                                             |
| 11. Cortez (2020)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Este es uno de los antecedentes más importantes para la presente tesis, ya que emplea herramientas Lean Construction y Last Planner System en proyectos mineros. Los resultados mostraron una reducción de tiempos de planificación y una mejor identificación de conflictos de recursos. De manera similar, la presente investigación utilizó conceptos de Last Planner y la matriz S.I.E.M.P.R.E. para identificar restricciones y mejorar la confiabilidad de la programación. |
| 12. Cornejo (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Se utilizó debido a que aplica la metodología PMBOK para mejorar el desempeño de proyectos mineros. Los resultados mostraron reducción de retrasos y sobrecostos mediante una mejor planificación. Estos resultados son consistentes con los obtenidos en la presente investigación, donde la aplicación del manual de restricciones contribuyó al cumplimiento de plazos y al control de desviaciones en la programación.                                                        |
| 13. León (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Este antecedente fue considerado porque desarrolla un proyecto civil minero bajo criterios de optimización operativa y gestión técnica. Aunque el enfoque principal es el diseño de infraestructura, existe similitud con la presente investigación en la necesidad de planificar adecuadamente los recursos y minimizar riesgos que puedan afectar la ejecución del proyecto.                                                                                                    |
| 14. Gómez y Málaga (2024)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Se incorporó porque aplica herramientas Lean Construction y Last Planner System en proyectos mineros, logrando mejorar la eficiencia de la planificación y detectar conflictos de recursos. Los resultados son muy similares a los obtenidos en la presente tesis, donde la aplicación del manual de identificación de restricciones permitió mejorar la confiabilidad de la programación y reducir interferencias durante la ejecución de obra.                                  |