

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Optimización de la Gestión de Planificación en Proyectos
de Construcción mediante Metodologías Colaborativas:
Integración de PMI y Lean Construction

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo la obtención del Título de:

**Magister en Ingeniería Civil con mención en
Construcción y Saneamiento**

Presentado por:

Aveiga Lovato Henry Fabricio

Cabrera Rosero Rubén Darío

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2024

DEDICATORIA

Para el presente trabajo agradezco a Dios por ser mi fuerza y guía espiritual para seguir formándome y continuar un camino correcto; a mis amados padres, Ricardo y Nancy, por su apoyo incondicional, valores y enseñanzas; a mis hermanos Andrés, Catalina y Nancy, que estuvieron apoyándome en todo sentido.

Rubén Cabrera

Dedico el presente trabajo a mi familia por su apoyo incondicional para alcanzar esta meta, especialmente a mi esposa Lissette y mis pequeños Paula y Henry, los cuales fueron el motor para poder culminar este objetivo.

Henry Aveiga

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimientos a Dios por su bendición constante hacia mi ser; a mis amados padres, Ricardo Cabrera y Nancy Rosero; a mis hermanos, Andrés, Catalina y Nancy; a la ESPOL, por brindarme la oportunidad de seguir formándome en una gran institución; al GADM Tulcán y sus funcionarios, así como a todas las personas que hicieron posible el desarrollo de este proyecto.

Rubén Cabrera

Mis más sinceros agradecimientos a mi familia por su apoyo incondicional para alcanzar esta meta, especialmente a mi esposa Lissette, cuyo respaldo fue fundamental para lograr este objetivo. A la ESPOL por brindarme sus conocimientos y al Ing. Ricardo Cabrera por permitirme aplicar los conocimientos en el proyecto ejecutado.

Henry Aveiga

DECLARACIÓN EXPRESA

Nosotros Henry Fabricio Aveiga Lovato y Rubén Darío Cabrera Rosero acordamos y reconocemos que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 08 de marzo del 2025.

Henry Fabricio Aveiga Lovato

Rubén Darío Cabrera Rosero

EVALUADORES

Fernanda Mejía Peralta, M.Sc.

Profesor de Materia

Samantha Jiménez Oyola, Ph.D.

Profesor de Materia

Nelson Alfredo Sánchez, M.Sc.

Tutor de proyecto

RESUMEN

La planificación en la construcción, específicamente de muros en Tulcán - Ecuador, se realizó combinando las metodologías del Project Management Institute (PMI) y Lean Construction, donde objetivo es optimizar la gestión del tiempo, reducir costos, mejorar la calidad de las obras a través de un enfoque más colaborativo y eficiente, e identificar a los principales interesados del proyecto. La investigación responde a la necesidad de minimizar desperdicios y mejorar la coordinación en proyectos de construcción.

Para el desarrollo del proyecto se analizó los procesos de construcción y herramientas de planificación como MS Project y Last Planner System (LPS). Se realizó ensayos de calidad en materiales, incluyendo pruebas de compresión en hormigón, entre otros. Además, se aplicó técnicas como la gestión del valor ganado (EVM) para el control de costos y la matriz de poder-interés para gestionar la participación de los involucrados en el proyecto.

Los resultados mostraron que la integración de PMI y Lean Construction mejoró la planificación y el control de las actividades, permitiendo optimizar tiempos y recursos. Se logró reducir desperdicios, fortalecer la comunicación entre los equipos y garantizar la calidad de los materiales utilizados en la obra.

En conclusión, aplicar estas metodologías en proyectos de construcción facilita una gestión más eficiente y organizada, asegurando que se cumplan los plazos y presupuestos sin comprometer la calidad ni la sostenibilidad de la obra. Este proyecto contribuye a los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

- ODS 8: Trabajo Decente y Crecimiento Económico.
- ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura.
- ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles.
- ODS 12: Producción y Consumo Responsables

Palabras Clave: Gestión de Proyectos, PMI, Lean Construction, Planificación, Construcción.

ABSTRACT

Planning in construction, specifically of walls in Tulcán - Ecuador, was carried out combining PMI and Lean Construction methodologies, where the objective is to optimize time management, reduce costs, improve the quality of the works through a more collaborative and efficient approach and determine the main stakeholders of the project. The research responds to the need to minimize waste and improve coordination in construction projects.

Construction processes and planning tools such as MS Project and Last Planner System (LPS) were analyzed. Quality tests were performed on materials, including concrete compression tests, among others; techniques such as earned value management (EVM) for cost control and the power-interest matrix to manage the participation of those involved in the project were also applied.

The results showed that the integration of PMI and Lean Construction improved the planning and control of activities, allowing time and resources to be optimized. It was possible to reduce waste, strengthen communication between the teams and guarantee the quality of the materials used in the project.

In conclusion, applying these methodologies in construction projects facilitates a more efficient and organized management, ensuring that deadlines and budgets are met without compromising the quality and sustainability of the work. This project contributes to the following Sustainable Development Goals (SDGs):

- *SDG 8: Decent Work and Economic Growth.*
- *SDG 9: Industry, Innovation and Infrastructure.*
- *SDG 11: Sustainable Cities and Communities.*
- *SDG 12: Responsible Consumption and Production.*

Keywords: *Project Management, PMI, Lean Construction, Planning, Construction.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE ANEXOS	X
CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Localización	3
1.3 Estado del arte.....	3
1.4 Definición del problema	4
1.5 Justificación	5
1.6 Objetivos.....	6
1.6.1 Objetivo General.....	6
1.6.2 Objetivos Específicos	6
CAPÍTULO 2.....	7
DESARROLLO DEL PROYECTO	7
2.1 Marco conceptual.....	7

2.1.1	Gestión del cronograma del proyecto	8
2.1.2	Gestión de los costos del proyecto	8
2.1.3	Gestión de la calidad del proyecto.....	9
2.1.4	Gestión de los interesados del proyecto.....	10
2.1.5	Lean Construction	10
2.1.6	Integración de PMI y Lean Construction.....	11
2.1.7	Aplicabilidad en Ecuador	12
2.2	Marco metodológico.....	13
2.2.1	Trabajo de campo.....	14
2.2.2	Trabajo de gabinete.....	14
2.2.2.1	Revisión bibliográfica y marco teórico	14
2.2.2.2	Diseño del modelo de gestión del proyecto	14
2.2.2.3	Simulación y análisis de escenarios	15
2.2.2.4	Resultados preliminares y ajustes	15
2.2.3	Tabulación de datos	15
2.3	Solución a diseñar	18
2.3.1	Fase de Planificación (Antes de la Ejecución).....	19
2.3.2	Fase de Ejecución (Durante la Construcción)	22
2.3.3	Fase de Cierre (Después de la Ejecución)	26
CAPÍTULO 3.....		27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		27

3.1	Resultados	27
3.2	Análisis de resultados	28
3.3	Especificaciones técnicas	29
3.4	Diseño de la solución	29
3.4.1	Gestión del cronograma del proyecto:	31
3.4.1.1	Resultados de gestión del cronograma	33
3.4.2	Gestión de calidad del proyecto:	34
3.4.2.1	Plan de gestión de calidad	35
3.4.2.2	Resultados de gestión de calidad del proyecto	37
3.4.3	Gestión de los costos del proyecto:	38
3.4.3.1	Plan de gestión de los costos del proyecto	39
3.4.3.2	Resultados de gestión de costos del proyecto	42
3.4.4	Gestión de los interesados del proyecto:	42
3.4.4.1	Resultados de gestión de los interesados del proyecto	45
3.4.4.2	Lecciones aprendidas en gestión de los interesados	45
CAPÍTULO 4		46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		46
4.1	Conclusiones	46
4.2	Recomendaciones	46
BIBLIOGRAFÍA		47
ANEXOS		48

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
PMI	Project Management Institute
PMBOK	Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos
PMP	Project Management Professional
CPM	Critical Path Method – Método de la ruta crítica
EVM	Earned Value Management – Gestión del valor ganado
LPS	Last Planner System
KPI	Key Performance Indicator – Indicador clave de desempeño
PPC	Porcentaje de plan completado
EDT	Estructura de desglose de trabajo
OBS	Organizational Breakdown Structure - Estructura de desglose organizacional
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
GADMT	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tulcán
ETs	Especificaciones técnicas
APUs	Análisis de precios unitarios
LOSNCP	Ley Orgánica del Sistema Nacional de Compras Públicas

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 Áreas de conocimiento PMI para implementación en proyecto de construcción (Guía del PMBOK, 2017).....	7
Gráfico 2.2 Adaptabilidad Lean Construction para proyecto de construcción. (Guía del PMBOK, 2017).	11
Gráfico 2.3 Integración: áreas de conocimiento PMI y Lean Construction. (Guía del PMBOK, 2017).	11
Gráfico 2.4 Beneficios sobre la aplicación de PMI y Lean Construction en proyectos de construcción. (Guía del PMBOK, 2017).....	12
Gráfico 2.5 Mapa genérico de Stakeholders (Pons & Rubio, 2019).	15
Gráfico 2.6 Plantilla ejemplo para EDT (Pons & Rubio, 2019).....	16
Gráfico 2.7 Ejemplo de OBS para proyectos LEAN (Pons & Rubio, 2019).	17
Gráfico 2.8 Ejemplo de planificación a medio plazo (Pons & Rubio, 2019).	18
Gráfico 2.9 Esquema del DEBE - SE HARÁ - SE PUEDE (Pons & Rubio, 2019).	18
Gráfico 2.10 Reunión in situ con partes interesadas: funcionarios GADM Tulcán, Constructor, beneficiarios del proyecto.	23
Gráfico 2.11 Reunión diaria (Daily Huddles) con involucrados directos en proyecto de construcción (obreros), beneficiarios del muro y constructores.....	23
Gráfico 2.12 Elaboración de cilindros de hormigón para posterior determinar su resistencia a la compresión.	24
Gráfico 2.13 Uso de encofrado metálico para fomentar la reutilización de materiales. .	24
Gráfico 2.14 Diagrama de proceso de construcción de muros.	25
Gráfico 3.1 Acta de constitución del proyecto.....	30

Gráfico 3.2 Estructura de desglose de trabajo EDT del proyecto de construcción.	31
Gráfico 3.3 Plan de gestión del cronograma.....	32
Gráfico 3.4 Curva de inversión del proyecto según su planificación.....	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Cronograma de actividades de ejecución por semana.	20
Tabla 3.1 Gantt - Cronograma de hitos	33
Tabla 3.2 Gantt - Cronograma resumen	33
Tabla 3.3 Roles y responsables de calidad.	36
Tabla 3.4 Presupuesto referencial GADM Tulcán (Construcción de muros de contención)	39
Tabla 3.5 Registro de interesados stakeholders del proyecto de construcción de muros.	43
Tabla 3.6 Matriz de poder-interés de los interesados del proyecto de construcción de muros.	44
Tabla 3.7 Matriz de comunicación del proyecto sobre los interesados.....	44

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Gantt - Cronograma detallado.	49
Anexo 2. Diagrama de red (método de la ruta crítica).	50
Anexo 3. Carta de control de hormigón elaborado.	51
Anexo 4. Certificados de Conformidad del acero y cemento.	52
Anexo 5. Ensayos de compresión en el hormigón.....	53
Anexo 6. Diagrama de Ishikawa – Acero de Refuerzo.	54
Anexo 7. Diagrama de Ishikawa – Hormigón simple 210kg/cm ²	55
Anexo 8. Diagrama de Ishikawa – Relleno compactado	56
Anexo 9. Lista de verificación – Muro calle Cerro Azul y Catamayo.....	57
Anexo 10. Lista de verificación – Muro calle Jerónimo Carrión.	58
Anexo 11. Lista de verificación – Muro calle Juan José Flores	59
Anexo 12. Lista de verificación – Muro calle Cerro Azul y Catamayo.....	60
Anexo 13. Lista de verificación – Muro Av. Andrés Bello	61
Anexo 14. Metodología del Valor Ganado.....	62
Anexo 15. Cronograma valorado de ejecución de obra.....	63
Anexo 16. Cronograma de uso de insumos.....	66
Anexo 17. Cronograma de uso de equipo y herramienta.	68
Anexo 18. Cronograma de uso de mano de obra.	69
Anexo 19. Cronograma de uso de materiales.	70

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Las metodologías de gestión de proyectos han demostrado ser altamente efectivas para manejar proyectos bajo limitaciones de costos, tiempo y recursos. A lo largo de este documento, se explorara estas técnicas con el objetivo de asegurar que los proyectos se ejecuten dentro del presupuesto y se finalicen según lo planificado (Reyes, 2007).

Este trabajo de grado propone la integración de dos enfoques complementarios: las metodologías colaborativas del Project Management Institute (PMI) y Lean Construction. El PMI aporta estructura y control sistemático, mientras que Lean Construction enfatiza la eficiencia, colaboración y reducción de desperdicios. El objetivo es desarrollar un modelo que aproveche estas fortalezas para mejorar la planificación y ejecución de proyectos.

La investigación analiza casos reales y diseña estrategias para implementar este modelo en un contexto práctico. En Ecuador, donde persisten retos como retrasos, costos elevados y conflictos entre partes interesadas debido al uso de enfoques tradicionales, esta propuesta busca transformar el sector. La validación del modelo se realiza en un proyecto público en Tulcán, Carchi, relacionado con la construcción de muros de contención, analizando sus efectos en términos de tiempo, costos y calidad.

Este modelo no solo aborda problemas puntuales, sino que también pretende establecer un precedente para modernizar la gestión de proyectos en Ecuador, promoviendo eficiencia, sostenibilidad y colaboración en el sector de la construcción.

1.1 Antecedentes

En los últimos treinta años, el mundo ha atravesado una notable transformación en el desarrollo interno y externo de las empresas. Como respuesta, las organizaciones han enfatizado la flexibilidad y la atención al cliente. Para satisfacer

esta demanda, han buscado expandirse y generar nuevos proyectos, aprovechando factores sinérgicos que les permitan ser más competitivas, diferenciarse en el mercado y fortalecer su posición frente a la competencia.

Este contexto impulsa a las empresas a mejorar la gestión y administración de proyectos con un enfoque profesional y estratégico. Para ello, es fundamental optimizar el uso de los recursos, conformar equipos de trabajo flexibles y dirigir los esfuerzos hacia las necesidades esenciales de la organización, aplicando una planificación efectiva y un control eficiente de las oportunidades que surgen (Pastor, 1994).

En Ecuador, la industria de la construcción se enfrenta problemas recurrentes como retrasos, sobrecostos y deficiencias en la calidad, debido al uso de enfoques tradicionales que no se adaptan a las complejidades actuales. Según la investigación de “Pulse of the Profession®” muestra un cambio positivo en la gestión de proyectos: por primera vez en cinco años, más proyectos cumplen objetivos, respetan presupuestos y las pérdidas por desempeño deficiente disminuyen un 20%, con un promedio de \$97 millones desperdiciados por cada \$1.000 millones invertidos (PMI, 2017).

Metodologías como el PMI, con su enfoque estructurado en control y planificación, y Lean Construction, que fomenta la eficiencia y la colaboración, han demostrado beneficios significativos a nivel internacional. Sin embargo, su integración conjunta en el país es limitada, a pesar de su potencial para abordar los problemas del sector.

Este trabajo propone un modelo de gestión colaborativa que combina PMI y Lean Construction, adaptado al contexto ecuatoriano, validado en un proyecto real en Tulcán, Carchi. El objetivo es mejorar aspectos clave como tiempo, costo y calidad, y fomentar prácticas más eficientes y sostenibles en la administración de proyectos de construcción.

La investigación no solo busca resolver problemas puntuales, también se desea cimentar las bases para un cambio cultural en la gestión de proyectos en Ecuador, promoviendo la adopción de enfoques más innovadores y competitivos.

1.2 Localización

El proyecto de construcción que se adapta al modelo de gestión consiste en la edificación de varios muros en la ciudad de Tulcán, ubicada en la provincia del Carchi.

1.3 Estado del arte

Se conoce que el Project Management Institute (PMI) fue fundado en 1969 por un grupo de visionarios que buscaban estandarizar las prácticas de gestión de proyectos, donde sus esfuerzos fueron dirigidos al área de la ingeniería y que posteriormente se expandió a las industrias. En 1987 se publica la edición uno sobre la *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK)* donde se determinó un estándar global sobre la gestión de proyectos y que posteriormente el PMI incluye certificaciones reconocidas intencionalmente como el Project Management Professional (PMP) que abarca a más de 160 países, convirtiéndose en una de las organizaciones más influyentes sobre la gestión de proyectos.

Por otro lado, Lean Construction surge en los años 90 como una adaptación de los principios de *Lean Manufacturing*, desarrollados por la marca Toyota al sector de la construcción. Esta metodología se enfoca en optimizar recursos, reducir desperdicios y promover la colaboración entre grupos de trabajo. Se conoce además que la implementación de herramientas como *Last Planner System* ha sido importante en su desarrollo para que posteriormente Lean Construction sea una herramienta adaptada en varios países y en proyectos importantes de edificaciones (Pons & Rubio, 2019).

La perfección de estas metodologías ha implicado avances en la gestión de proyectos, sin embargo, en Ecuador su implementación ha sido limitada debido al uso predominante de métodos habituales de gestión de proyectos y la carencia de formación técnica y capacitación continua en enfoques modernos; por tanto, el sector de la construcción en el país se ha caracterizado por problemas como retrasos, sobrecostos y mala coordinación entre los equipos de trabajo. Aunque la aplicabilidad de estas metodologías ha sido limitada, en años recientes se ha

tenido un interés creciente por adoptar herramientas innovadoras para mejorar la gestión de proyectos.

Aunque el PMI tiene representación en diversos países de América Latina, la participación en Ecuador sigue siendo escasa; por otro lado, Lean Construction ha iniciado muy limitadamente en proyectos de infraestructura, pero reconociendo que sus resultados han sido alentadores teniendo en cuenta su limitación. Ambas metodologías representan una oportunidad para transformar el sector de la construcción, aportando proyectos más eficientes, sostenibles y orientados a destacar en resultados.

El desarrollo de un modelo de gestión de proyectos que combine el PMI y Lean Construction adaptado al país de Ecuador, mejoraría la ejecución de proyectos actuales y futuros, además de establecer un estándar moderno el cual facilite al sector de la construcción competir con un mercado moderno y exigente. Para lo cual podría sentar bases para una transformación cultural y técnica que beneficie a la industria de la construcción en Ecuador.

1.4 Definición del problema

El sector de la construcción en Ecuador enfrenta desafíos persistentes que limitan su competencia para alcanzar los objetivos establecidos en los proyectos, tales como tiempo, costo y calidad. Problemas recurrentes, como las demoras en los tiempos de entrega, sobrecostos, baja calidad de las obras y conflictos entre las partes interesadas, están estrechamente vinculados a una falta de planificación adecuada y a una gestión ineficiente. Estos desafíos son el resultado del uso predominante de enfoques tradicionales que no se ajustan a las crecientes complejidades y demandas del entorno actual.

Enfoques como el PMI, con su marco estructurado, y Lean Construction, con su énfasis en la eficiencia y colaboración, han demostrado ser herramientas eficaces para optimizar la gestión de proyectos a nivel global, su integración conjunta en Ecuador sigue siendo escasa. Esta realidad subraya la necesidad de un modelo de gestión colaborativa adaptado al contexto ecuatoriano, que combine las fortalezas

de ambas metodologías para mejorar la planificación, ejecución y resultados de las obras de construcción.

1.5 Justificación

En Ecuador, la construcción enfrenta desafíos constantes que impactan la calidad, los tiempos y los costos de los proyectos, afectando directamente el desarrollo del sector. Estos problemas, que surgen del uso de métodos tradicionales de planificación y gestión, generan ineficiencias y dificultan la coordinación entre los equipos involucrados. Por ello, es fundamental implementar soluciones innovadoras que optimicen los procesos y aseguren resultados más eficientes y sostenibles.

Metodologías como las propuestas por el PMI y Lean Construction han demostrado ser efectivas a nivel internacional para mejorar la planificación, reducir desperdicios y fortalecer la colaboración entre equipos. Sin embargo, su uso conjunto en el contexto ecuatoriano es muy limitado, lo que priva al sector de herramientas que podrían mejorar significativamente su desempeño. Este proyecto busca llenar ese vacío al desarrollar un modelo de gestión que combine ambas metodologías, adaptado a la necesidad local y validada en un caso práctico real.

Este modelo no solo resuelve problemas comunes como retrasos, sobrecostos y falta de calidad en la ejecución de los proyectos, sino que también marca un nuevo estándar en la gestión de proyectos de construcción, mejorando la competitividad y la sostenibilidad del sector. Al probarse en un proyecto real, también se convierte en una referencia para futuras iniciativas, promoviendo una cultura de trabajo más eficiente y colaborativa. Este enfoque trae beneficios tangibles para las empresas constructoras, los clientes y la sociedad en general, garantizando obras de mejor calidad, más económicas y sostenibles, promoviendo el desarrollo de un modelo de gestión en proyectos de construcción que impulsen la industria de la construcción.

Este proyecto contribuye a los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):

- ODS 8: Trabajo Decente y Crecimiento Económico: La optimización de procesos en la construcción mejora la productividad del sector, fomenta

mejores condiciones laborales y fortalece la economía al reducir costos innecesarios y mejorar la gestión del tiempo y los recursos.

- ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura: El proyecto busca mejorar la eficiencia y sostenibilidad en la construcción, promoviendo el uso de metodologías innovadoras como PMI y Lean Construction para optimizar procesos y reducir desperdicios.
- ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles: Al mejorar la planificación y ejecución de proyectos de infraestructura, se contribuye a la creación de entornos urbanos más seguros, resilientes y sostenibles, garantizando construcciones de calidad que perduren en el tiempo
- ODS 12: Producción y Consumo Responsables: La aplicación de Lean Construction enfatiza la reducción de desperdicios y el uso eficiente de los recursos, alineándose con la necesidad de hacer un uso sostenible de los materiales en la construcción.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Optimizar la gestión de planificación en un proyecto de construcción real correspondiente a la ejecución de muros de contención en la Ciudad de Tulcán – Carchi, mediante la integración de las metodologías PMI y Lean Construction para mejorar estándares del proyecto.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Analizar el impacto de las metodologías PMI y Lean Construction en diversos proyectos de construcción para la evaluación de su aplicabilidad en Ecuador.
- Diseñar un modelo integrado de gestión colaborativa aplicable a un proyecto de construcción real ubicado en la ciudad de Tulcán - Carchi.
- Probar el modelo integrado de gestión colaborativa en un proyecto real de construcción en la ciudad de Tulcán - Carchi, analizando su impacto en la eficiencia, los costos y la calidad de la obra.

CAPÍTULO 2

DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 Marco conceptual

La gestión de proyectos se ha transformado de manera relevante en los últimos años, integrando metodologías y herramientas que buscan optimizar procesos, mejorar la colaboración y maximizar el valor generado en cada iniciativa, es así como dos enfoques han cobrado gran relevancia en la industria de la construcción: el Project Management Institute (PMI) y Lean Construction.

De acuerdo con la página oficial pmi.org, el PMI es fundado en 1969 y se ha consolidado como un organismo líder en la gestión de proyectos a nivel global. Su principal aporte es la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK), siendo un marco estándar que define los mejores hábitos para gestionar proyectos de manera efectiva, de esta manera se enuncia las áreas de conocimiento que tienen mayor impacto al sector de la construcción y que el proyecto de tesis se ha enfocado, los cuales se detallan en el gráfico 2.1.

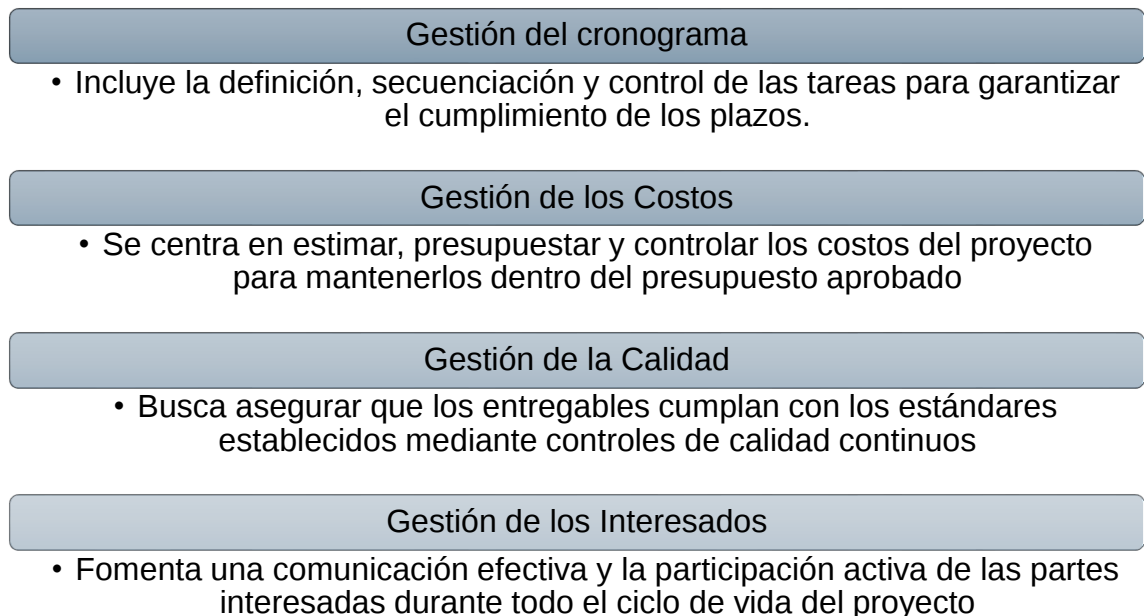


Gráfico 2.1 Áreas de conocimiento PMI para implementación en proyecto de construcción (Guía del PMBOK, 2017).

2.1.1 Gestión del cronograma del proyecto

Es un área importante en la dirección de proyectos, ya que asegura que las tareas se realicen dentro de los tiempos y cronogramas establecidos; por lo tanto, su estructura incluye la planificación, que identifica y define todas las tareas necesarias; la secuenciación de actividades, donde se establece su orden lógico; y la estimación de su duración. A partir de estos elementos, se desarrolla un cronograma utilizando instrumentos como diagramas de Gantt y análisis de la ruta crítica (CPM). Además, se monitorea y controla el cronograma para detectar retrasos y realizar ajustes cuando sea necesario. Estas prácticas permiten una gestión eficiente del tiempo y aseguran la adaptabilidad del proyecto ante posibles imprevistos (*Guía del PMBOK*, 2017).

Se establece una estructura de trabajo para la gestión del cronograma del proyecto:

- Identificar la ruta crítica del proyecto para evitar retrasos en esas actividades.
- Implementar reuniones y revisiones periódicas durante la ejecución.
- Verificar los resultados con herramientas como listas de verificación y seguimiento del cronograma.

2.1.2 Gestión de los costos del proyecto

La gestión de costos garantiza que el proyecto se mantenga dentro del presupuesto establecido, siendo esencial para su viabilidad financiera; el proceso comienza con la planificación, donde se establecen los procedimientos para gestionar los costos, luego se realiza una evaluación detallada de los costos imperiosos para cada actividad, considerando mano de obra, materiales, transporte y equipo y herramienta además de riesgos asociados que podrían afectar el costo real. Una vez definido el presupuesto, se establece una línea base que sirve como referencia para monitorear y controlar los gastos reales. Herramientas como la gestión del valor ganado (EVM) permiten identificar desviaciones y tomar decisiones correctivas oportunas. Este enfoque asegura que los recursos económicos se usen eficientemente y evita que los costos se conviertan en una barrera para alcanzar los objetivos del proyecto (*Guía del PMBOK*, 2017).

Se establece una estructura de trabajo para gestionar los costos del proyecto:

- Identificar todas las actividades de costo asociados con el proyecto.
- Realizar estimaciones lo más cercanas a la realidad usando métodos como EVM o estimaciones paramétricas.
- Establecer un presupuesto consolidado con una línea base aprobada.
- Comparar constantemente los costos reales con el presupuesto para identificar diferencias monetarias.
- Implementar medidas correctivas para mantener el control financiero del proyecto o realizar reajustes oportunos.

2.1.3 Gestión de la calidad del proyecto

Gestionar la calidad asegura que los entregables estén alineados con los estándares establecidos y que satisfagan las expectativas de los interesados; el proceso se divide en tres etapas principales: la planificación, donde se definen los estándares de calidad y las métricas para evaluarlos; la gestión, que se centra en implementar controles y verificaciones para garantizar que los procesos se ajusten a los establecido; y el control, que verifica los entregables usando herramientas como diagramas de Ishikawa (diagrama de espina de pescado) y listas de verificación. Además, se promueve una mejora continua al controlar fallas y crear oportunidades de optimización, es decir, el enfoque integral no solo garantiza la conformidad con los requisitos, sino que también fomenta una cultura de excelencia dentro del equipo del proyecto (Project Management Institute - Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos - Sexta Edición – 2017).

Se establece una estructura de trabajo para gestionar la calidad del proyecto:

- Identificar los estándares de calidad y especificaciones técnicas aplicables al proyecto.
- Implementar controles y revisiones periódicas durante la ejecución de las actividades.
- Determinar en base a ensayos de laboratorio o pruebas de campo la calidad de los materiales elaborados.

2.1.4 Gestión de los interesados del proyecto

Gestionar a los interesados es un procedimiento estratégico que asegura la participación y el acuerdo de todas las personas o grupos involucrados por el proyecto; el primer paso es identificar a los interesados y clasificar su nivel de influencia e interés, utilizando herramientas como matrices de poder-interés; luego, se planifican estrategias de comunicación y colaboración adaptadas a sus necesidades y expectativas. Durante la ejecución, se fomenta la participación mediante reuniones periódicas, encuestas y actividades que promuevan el compromiso y finalmente se evalúa el nivel de participación y se ajustan las estrategias para garantizar que las decisiones estén acordes con los objetivos del proyecto y las expectativas de los interesados (*Guía del PMBOK*, 2017).

Se establece una estructura de trabajo para la gestión de los interesados del proyecto:

- Identificar a los interesados y analizar su categoría de poder-interés.
- Implementar canales de comunicación claros y adaptados a cada grupo.
- Monitorear continuamente su nivel de compromiso y ajustar las estrategias según los resultados.
- Evaluar el impacto de la implicación de los interesados en el éxito del proyecto.

2.1.5 Lean Construction

Como se describe en el libro *Lean Construction – “Las 10 claves del éxito para su implementación”*, surge en los años 90 como una adaptación de los principios de Lean Manufacturing al sector de la construcción. Su objetivo principal es reducir desperdicios, maximizar el valor para el cliente y fomentar la colaboración entre los equipos de trabajo; es decir, si interés principal se basa en la mejora continua a nivel de gestión de proyectos. Esta filosofía es adaptada al modelo de construcción para mejorar procesos, reducir costos y elevar la calidad de los proyectos. Los principios fundamentales de Lean Construction se detallan en el gráfico 2.2 (Pons & Rubio, 2001).

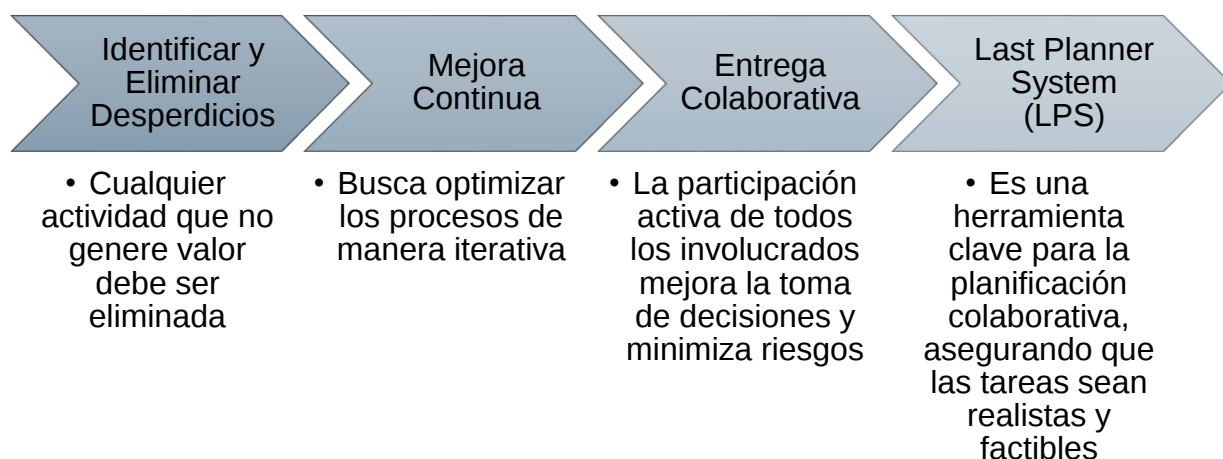


Gráfico 2.2 Adaptabilidad Lean Construction para proyecto de construcción. (Guía del PMBOK, 2017).

2.1.6 Integración de PMI y Lean Construction

Aunque PMI y Lean Construction tienen enfoques distintos, su combinación aporta beneficios complementarios. El PMI proporciona un marco ordenado para la planificación y el control, mientras que Lean Construction introduce flexibilidad y colaboración en la ejecución. La integración de ambas metodologías permite implementar las acciones que se detallan en el gráfico 2.3.

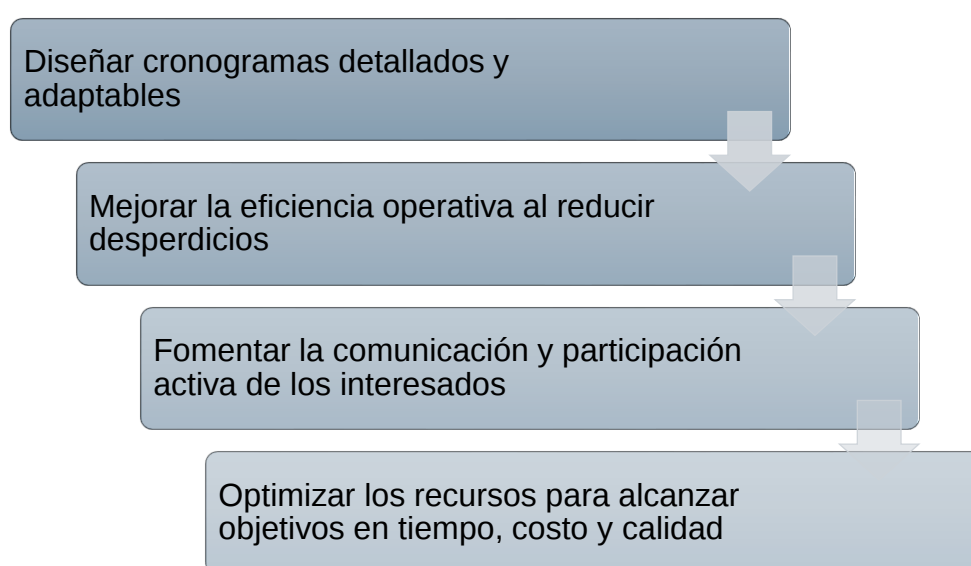


Gráfico 2.3 Integración: áreas de conocimiento PMI y Lean Construction. (Guía del PMBOK, 2017).

2.1.7 Aplicabilidad en Ecuador

En Ecuador, de acuerdo con publicaciones como “*Análisis relativo para identificar las causas de retrasos en las obras de construcción. Caso de estudio Cuenca - Ecuador*” el sector de la construcción enfrenta problemas como retrasos, sobrecostos y baja calidad en varios proyectos de construcción debido a gestión ineficiente, así como métodos de construcción inapropiados, planificación incorrecta que genera errores constructivos y resulta en mala calidad de proyectos y retrasos no previstos a la entrega de la construcción (Rodríguez & Castro, 2021)

La aplicación de metodologías tradicionales y falta de planificación en proyectos de construcción promueve ineficiencia al momento de ejecutar y realizar la entrega, fomentando diversos problemas como sobrecostos, retrasos y mala calidad de los trabajos, es así como la aplicación conjunta de PMI y Lean Construction en proyectos locales, como es el caso práctico del proyecto de construcción de muros en Tulcán, representa una oportunidad para transformar la gestión de proyectos en el país. Este enfoque puede generar resultados tangibles los que se detallan en el gráfico 2.4.

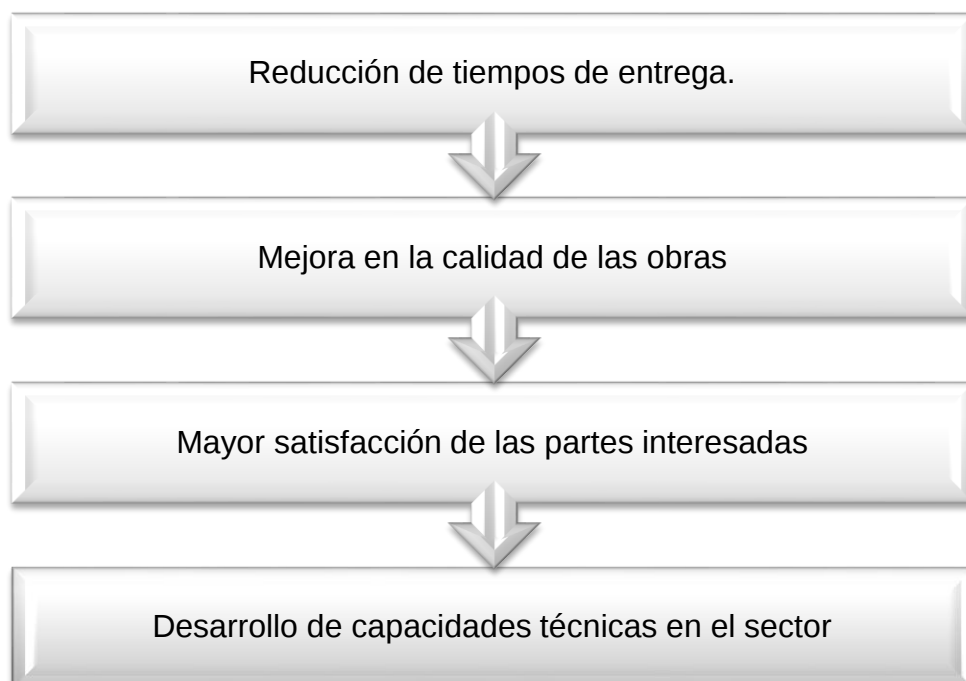


Gráfico 2.4 Beneficios sobre la aplicación de PMI y Lean Construction en proyectos de construcción. (Guía del PMBOK, 2017)

2.2 Marco metodológico

Se determina los pasos y estrategias necesarias que se desarrollaron en base a las políticas que establece el PMI y Lean Construction enfocados en las áreas de conocimiento: cronograma, costo, calidad e interesados, para implementar y validar el modelo propuesto. Este estudio acepta un enfoque variado, mezclando técnicas cuantitativas y cualitativas para garantizar resultados confiables y aplicables.

El proyecto es de tipo aplicado, ya que busca resolver problemas específicos de la industria de la construcción en Ecuador. Además, tiene un enfoque exploratorio y descriptivo, dado que analiza la viabilidad de integrar metodologías modernas en un contexto local.

Respecto a la revisión bibliográfica se analiza literatura sobre PMI, Lean Construction y su aplicación en proyectos similares.

Se recopila información de profesionales y partes interesadas para conocer los beneficios y desafíos del modelo.

- **Proceso Metodológico**

Fase 1: Diagnóstico Inicial: Identificar los problemas clave en el proyecto seleccionado y evaluar su viabilidad para implementar el modelo.

Fase 2: Diseño del Modelo: Integrar los principios de PMI y Lean Construction en un marco adaptado al contexto local.

Fase 3: Implementación Piloto: Aplicar el modelo en el proyecto de construcción de muros, monitoreando indicadores de tiempo, costo y calidad.

Fase 4: Evaluación de Resultados: Analizar los datos recopilados para medir el impacto del modelo y proponer mejoras.

- **Herramientas y Recursos**

Herramientas Tecnológicas: Software como MS Project y Last Planner System.
Recurso Humano.

Infraestructura: Espacios de trabajo colaborativo y herramientas de comunicación.

- **Análisis de Datos**

Los datos compilados fueron analizados mediante métodos cualitativos y cualitativos para evaluar el impacto del modelo en los indicadores clave del proyecto.

Por lo tanto, se busca validar la efectividad del modelo propuesto, demostrando que la combinación de PMI y Lean Construction puede mejorar significativamente la gestión de proyectos en Ecuador.

2.2.1 Trabajo de campo

En el desarrollo de este proyecto, la mayoría de las actividades se llevó a cabo mediante procesadores tecnológicos, principalmente en plataformas de Microsoft.

2.2.2 Trabajo de gabinete

El trabajo gabinete en esta tesis se enfoca en la aplicación teórica y práctica de los principios del PMBOK y Lean Construction para el desarrollo y análisis del tema de investigación. Este trabajo incluye las siguientes actividades:

2.2.2.1 Revisión bibliográfica y marco teórico

Se realizó la compilación de información relevante sobre las metodologías del PMBOK y Lean Construction, identificando sus aplicaciones en proyectos de construcción, además de realizar la búsqueda y análisis de literatura científica, normativas y guías oficiales.

2.2.2.2 Diseño del modelo de gestión del proyecto

Se propone un modelo teórico que integre las herramientas del PMBOK con los principios Lean, orientado a la mejora de la planificación y ejecución de proyectos. Con las áreas del conocimiento que se detallaron en 2.1.1, además de la adaptación de la herramienta Lean Construction como lo es Last Planner System – LPS.

2.2.2.3 Simulación y análisis de escenarios

Se valida las herramientas seleccionadas mediante simulaciones y análisis en gabinete, por lo que se utilizará MS Project, Excel, además de metodologías como las 5S, 5 porqués, diagramas de causa-efecto y matrices de interesados, que sirven para la mejora continua y reducción de desperdicios según Lean Construction.

2.2.2.4 Resultados preliminares y ajustes

Se presentan los resultados preliminares del modelo propuesto, identificando oportunidades de mejora además de evaluar los indicadores clave de desempeño (KPI) asociados al costo, tiempo y calidad, además de analizar los PPC (porcentaje de plan completado) de manera semanal.

2.2.3 Tabulación de datos

En cuanto a la tabulación de los datos, se tiene información muy importante que sirvió para la toma de decisiones sobre todo en el plan maestro aplicando la metodología de LPS como son los siguientes:

- Análisis de las partes interesadas (stakeholders): donde se definen las partes interesadas del proyecto y su incidencia según su poder y el interés que se representan en el gráfico 2.5.

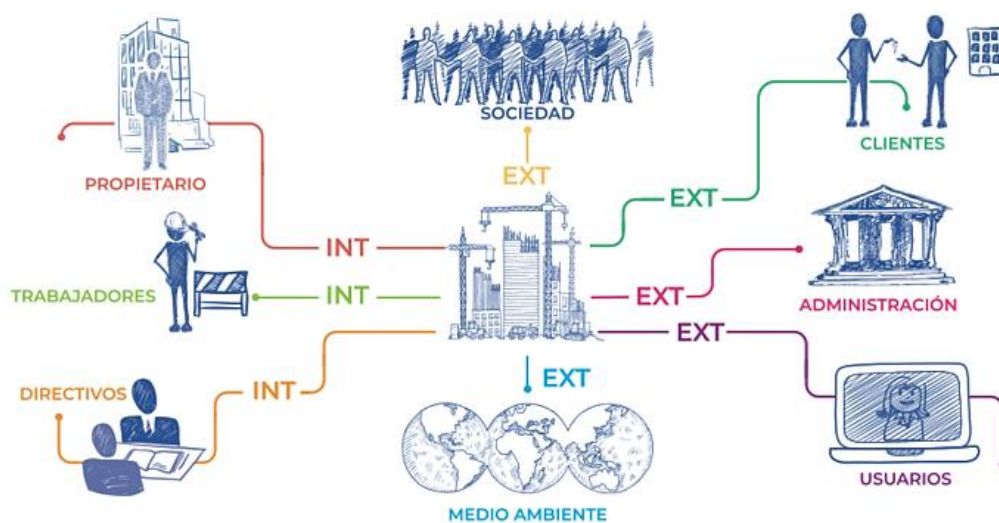


Gráfico 2.5 Mapa genérico de Stakeholders (Pons & Rubio, 2019).

- Estructura de Desglose de trabajo (EDT): donde se descompone de manera jerárquica el alcance del trabajo que ejecuta el grupo del proyecto para alcanzar los objetivos y materializar los entregables necesarios, detallado como ejemplo en el gráfico 2.6.

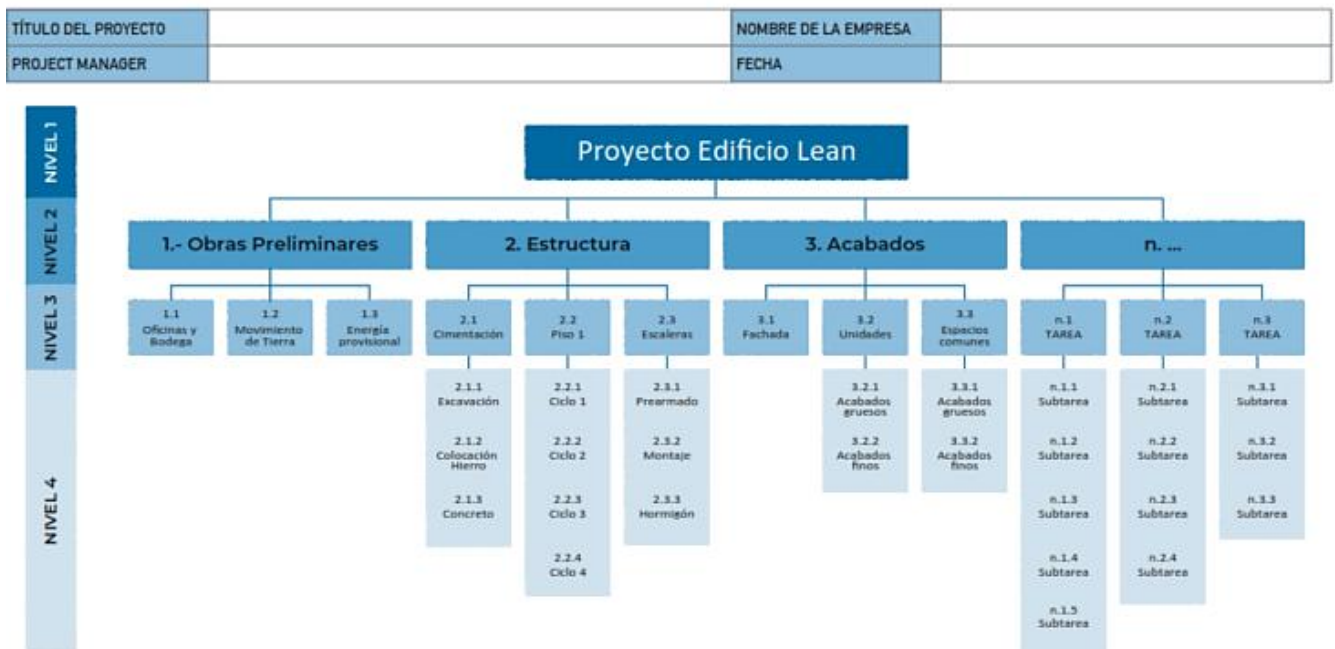


Gráfico 2.6 Plantilla ejemplo para EDT (Pons & Rubio, 2019).

- Estructura de organización del proyecto (OBS): Proceso similar a EDT, en referencia a la estructura de la organización o en este caso el contratista, detallado como ejemplo en el gráfico 2.7.

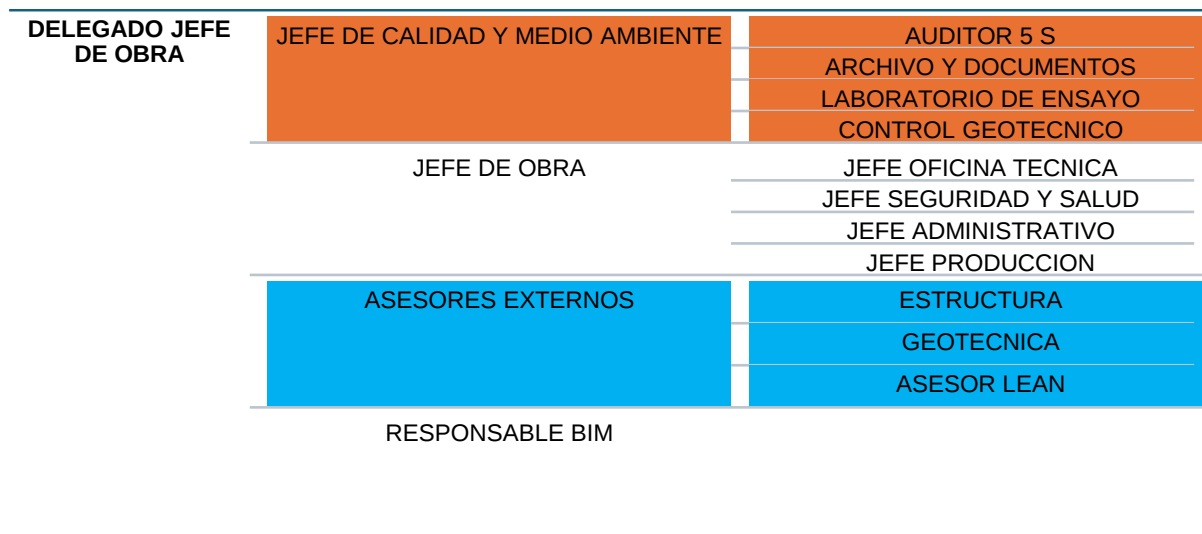


Gráfico 2.7 Ejemplo de OBS para proyectos LEAN (Pons & Rubio, 2019).

El porcentaje de plan completado (PPC): es la relación entre el número de actividades previstas completadas, dividido para el número total de las actividades planificadas, con el objetivo de disminuir el riesgo de variabilidad del flujo de tareas, se calcula de acuerdo con la ecuación 2.1 (Pons & Rubio, 2019).

$$PPC (\%) = \frac{N \text{ DE TAREAS COMPROMETIDAS COMPLETADAS}}{N \text{ TOTAL DE TAREAS COMPROMETIDAS PLANIFICADAS}} \times 100 \% \quad (2.1)$$

Planificación a medio plazo: En este punto se identifica y tabula cada tarea que es necesario completarla y los traslapes con otras, el objetivo es tener un plan de trabajo ejecutable a medio plazo, como se muestra en el gráfico 2.8.

PLANIFICACIÓN A MEDIO PLAZO (LOOKAHEAD)																																			
ID. Actividad	ACTIVIDADES	FECHAS		RESPONSABLE	LIBERADA	ENERO												FEBRERO																	
		INICIO	FIN			L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V					
						Semana 1					Semana 2					Semana 3					Semana 4					Semana 5					Semana 6				
						07-ene	08-ene	09-ene	10-ene	11-ene	14-ene	15-ene	16-ene	17-ene	18-ene	21-ene	22-ene	23-ene	24-ene	25-ene	28-ene	31-ene	01-feb	02-feb	03-feb	04-feb	05-feb	06-feb	07-feb	08-feb	11-feb	12-feb	13-feb	14-feb	15-feb
	ENCOFRADOS																																		
	Encofrado ciclo 1	29/05	15/06		Si																														
	Encofrado ciclo 2	08/06	05/07		Si																														
	Encofrado ciclo 3	15/06	05/07		No																														
	HORMIGÓN																																		
	Hormigón Ciclo 1 piso 1	30/05	31/05		Si																														
	Hormigón Ciclo 2 piso 1	06/06	07/06		Si																														
	Hormigón Ciclo 3 piso 1	13/06	14/06		Si																														
	Hormigón Ciclo 4 piso 1	20/06	21/06		Si																														
	ACERO																																		
	Acero Ciclo 5 piso 2	27/06	05/07		No																														
	Acero Ciclo 6 piso 2	29/06	05/07		No																														

Gráfico 2.8 Ejemplo de planificación a medio plazo (Pons & Rubio, 2019).

2.3 Solución a diseñar

Para evidenciar los beneficios de la metodología planteada, se procede con análisis semanales aplicando la metodología LPS coordinando con las cuatro áreas del conocimiento del PMBOK, iniciando con lo que se debe hacer, para proceder con lo que se puede hacer, después con lo que realmente se hizo, , como se muestra en el gráfico 2.9.



Gráfico 2.9 Esquema del DEBE - SE HARÁ - SE PUEDE (Pons & Rubio, 2019).

Según (Pons & Rubio, 2019) mediante esta metodología aplicada de manera semanal se evita que las actividades se detengan por alguna restricción no liberada. El progreso puede verse afectado cuando hay pocas actividades disponibles para realizar. Para evitar este problema, los planificadores deben concentrarse en eliminar las restricciones que impiden el inicio o la continuación de las tareas. De esta manera, ampliamos las opciones disponibles (conjunto PUEDE), lo que facilita el avance. Es crucial abordar la causa raíz del problema, ya que pedir a los ejecutores que trabajen más rápido no sirve de nada si no se les proporcionan los materiales y recursos necesarios a tiempo.

La metodología propuesta integra las áreas clave del PMBOK (cronograma, costos, calidad e interesados) con los principios de Lean Construction para optimizar los procesos antes, durante y después de la ejecución del proyecto. Este enfoque busca garantizar un manejo eficiente, colaborativo y orientado a resultados en todas las etapas del proyecto.

2.3.1 Fase de Planificación (Antes de la Ejecución)

La planificación inicial establece la base para el éxito o fracaso del proyecto. Durante esta etapa, se identifican las actividades importantes y críticas, se asignan recursos y se determinan las perspectivas de las partes interesadas.

En primer lugar, se desarrolla un cronograma valorado de ejecución de obra para la ejecución del proyecto y se realiza un cronograma de ruta crítica en un diagrama Gantt, detallado en la tabla 2.1, para establecer etapas de actividades a desarrollarse en el lapso de ejecución del proyecto. Se integra el cronograma valorado de ejecución de obra propuesto como oferente para la entidad contratante, el cual fue analizado y aceptado por parte de la comisión técnica responsable del proceso de contratación de obra.

Tabla 2.1 Cronograma de actividades de ejecución por semana.

CÓDIGO	PLAN DE FASES	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7
MURO CALLE CERRO AZUL Y CATAMAYO								
GADMT-50	Excavación manual obras superficiales							
GADMT-122	Replanto F'c = 140 kg/cm ²							
GADMT-55	H. ciclópeo F'c= 180 Kg/cm ² + Encofrado							
GADMT-214	Hormigón simple 210 kg/cm ² + encofrado							
GADMT-2	Acero de refuerzo							
GADMT-118	Relleno granular compactado							
GADMT-154	Vereda perimetral escobada							
GADMT-83	Michinal tubo PVC 2"							
MURO CALLE JERÓNIMO CARRIÓN								
GADMT-50	Excavación manual obras superficiales							
GADMT-122	Replanto F'c = 140 kg/cm ²							
GADMT-55	H. ciclópeo F'c= 180 Kg/cm ² + Encofrado							
GADMT-38	Desalojo con volqueta cargado mecánico							
GADMT-115	Relleno compactado							
GADMT-32	Conformación de talud a mano							
GADMT-377	Estabilización de talud con geomalla y geomanta							
MURO CALLE JUAN JOSÉ FLORES								
GADMT-50	Excavación manual obras superficiales							
GADMT-122	Replanto F'c = 140 kg/cm ²							
GADMT-55	H. ciclópeo F'c= 180 Kg/cm ² + Encofrado							
GADMT-38	Desalojo con volqueta cargado mecánico							
GADMT-118	Relleno granular compactado							
GADMT-154	Vereda perimetral escobada							
MURO CALLE CERRO AZUL Y COTOCOLLAO								
GADMT-50	Excavación manual obras superficiales							

CÓDIGO	PLAN DE FASES	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7
GADMT-122	Replanto F'c = 140 kg/cm ²							
GADMT-55	H. ciclópeo F'c= 180 Kg/cm ² + Encofrado							
GADMT-38	Desalojo con volqueta cargado mecánico							
GADMT-118	Relleno granular compactado							
GADMT-154	Vereda perimetral escobada							
MURO AV. ANDRÉS BELLO								
GADMT-157	Excavación a maquina							
GADMT-214	Hormigón simple 210 kg/cm ² + encofrado							
GADMT-38	Desalojo con volqueta cargado mecánico							
GADMT-122	Replanto H.S F'c=140 kg/cm ²							
GADMT-397	Sub-base clase 3/compactador mecánico incl. transporte							
GADMT-115	Relleno suelo natural compactado							
GADMT-2	Acero de refuerzo							
GADMT-398	Michinal tubo PVC 3"							
GADMT-117	Relleno con ripio triturado (filtro)							
GADMT-54	Geodren con tubería de drenaje 160 mm							

Estos documentos identifican hitos importantes, como la excavación inicial, la colocación del hormigón ciclópeo, el armado de acero de refuerzo, colocación de hormigón simple y el relleno granular. Además, se analizan los costos proyectados para priorizar actividades de mayor impacto económico, buscando optimizar el uso de recursos mediante la adquisición de materiales locales.

Un aspecto importante es la participación activa de los interesados, es así como se realizan reuniones colaborativas con constructor, ingeniero fiscalizador y administrador de contrato en representación de la entidad contratante y representantes locales ya sea beneficiario directo o representante del barrio, asegurando que todos comprendan sus roles y responsabilidades. A través de la implementación del Last Planner System (LPS), se establece una planificación semanal que garantiza que las tareas sean factibles y estén respaldadas por los recursos necesarios (Pons & Rubio, 2019).

2.3.2 Fase de Ejecución (Durante la Construcción)

Durante la ejecución del proyecto de construcción se combinan prácticas de control estructurado del PMI con la flexibilidad y eficiencia de Lean Construction, de esta manera se asegura que las actividades se realicen de manera coordinada, controlada y asegurando la calidad de los materiales fabricados.

Además esta fase tiene como principal las reuniones diarias de seguimiento, conocidas como Daily Huddles, que son reuniones de corta duración que se realizan al inicio de cada jornada y permiten revisar el avance de las tareas programadas, identificar problemas operativos y establecer prioridades inmediatas para resolver posibles inconvenientes emergentes no previstos, para que de esta manera exista un enfoque colaborativo que mejore la comunicación entre los equipos involucrados, asegurando que todos estén en conocimiento de las actividades previstas durante el día y la semana estableciendo objetivos diarios, como se puede observar en los gráficos 2.10 y 2.11. A través de registros en el libro de obra diario siendo la bitácora de acontecimientos que transcurren en el proyecto en los diferentes frentes de trabajo se registran las reuniones establecidas con las partes interesadas.



Gráfico 2.10 Reunión in situ con partes interesadas: funcionarios GADM Tulcán, Constructor, beneficiarios del proyecto.



Gráfico 2.11 Reunión diaria (Daily Huddles) con involucrados directos en proyecto de construcción (obreros), beneficiarios del muro y constructores.

El control de calidad es fundamental durante la ejecución de la construcción, se implementan checklists específicos para cada etapa, verificando que los procesos cumplan con los requisitos establecidos, es decir cumpliendo con las especificaciones técnicas del proyecto o lo determinado por Fiscalización. Por ejemplo, en el caso del hormigón ciclópeo, se realizan pruebas de resistencia a la compresión al hormigón en el laboratorio para garantizar que se alcancen los valores determinados en las especificaciones técnicas; de esta manera se evita errores que puedan comprometer la

calidad final de la obra, las muestras tomadas para dicho ensayo se visualizan en el gráfico 2.12.



Gráfico 2.12 Elaboración de cilindros de hormigón para posterior determinar su resistencia a la compresión.

Para optimizar los recursos, se identifican actividades que no aportan valor al proyecto, como tiempos muertos o sobre procesos, por lo tanto se eliminan o reestructuran para mejorar la eficiencia general de todo el proyecto; además, como se muestra en el gráfico 2.13 se fomenta la reutilización de materiales siempre que sea viable, reduciendo costos y promoviendo prácticas sostenibles, así por ejemplo la reutilización del encofrado pudiéndose ser de madera o metálico en el mejor de los casos, oportunidades de mejora que se determinan mediante la metodología del diagrama de Ishikawa (Pons & Rubio, 2019).



Gráfico 2.13 Uso de encofrado metálico para fomentar la reutilización de materiales.

Adicionalmente, para mejorar el proceso de construcción de los muros, se implementa una secuencia optimizada que se detalla en el gráfico 2.14.

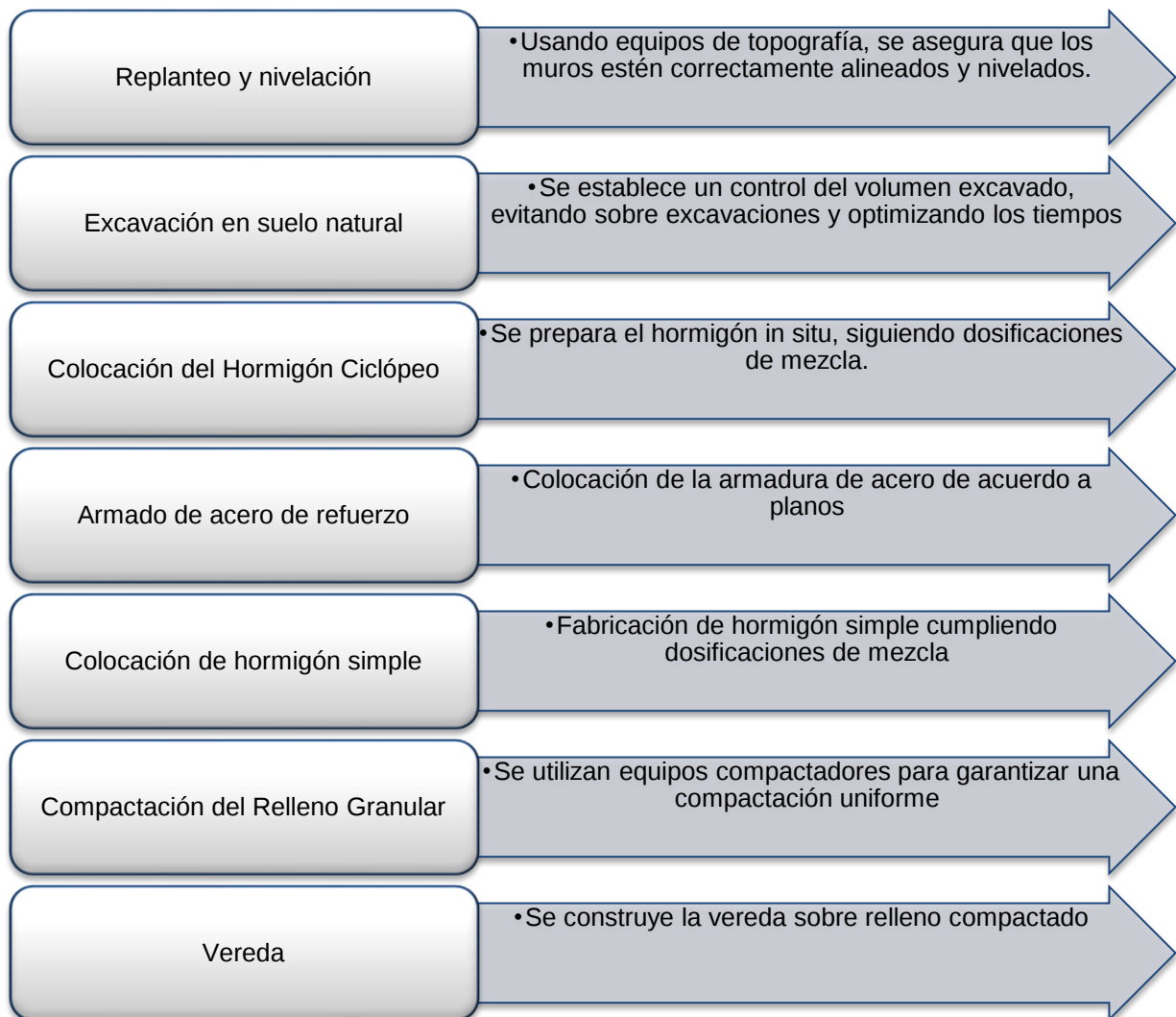


Gráfico 2.14 Diagrama de proceso de construcción de muros.

Finalmente, se establecen métricas de rendimiento clave (KPI) para monitorear el progreso del proyecto, que son indicadores como el porcentaje de tareas completadas a tiempo y el consumo real, permitiendo realizar ajustes oportunos para mantener el proyecto dentro de los parámetros definidos y planificados, a fin de resolver problemas futuros.

2.3.3 Fase de Cierre (Después de la Ejecución)

En la fase de cierre se evalúa el desempeño del proyecto y se documentan aprendizajes que puedan aplicarse en futuros proyectos.

Se realiza una revisión final que compara los resultados obtenidos con los objetivos iniciales en términos de costos, tiempos y calidad, los indicadores clave de desempeño (KPI), como el porcentaje de plan completado (PPC), son analizados para medir la efectividad del modelo implementado.

Las determinado y ejecutado que aporta conocimiento se resume en un informe final que detalla los logros, desafíos enfrentados y las recomendaciones para optimizar futuros proyectos, este informe no solo sirve como referencia técnica para otros proyectos similares, sino también como una herramienta para fomentar la mejora continua en la gestión de proyectos, por lo que finalmente se realiza una presentación a los interesados, destacando los resultados y el impacto positivo del enfoque integrado en el proyecto (Pons & Rubio, 2019).

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

Con la implementación de las metodologías provistas por el PMI y Lean Construction de forma colaborativa y en conjunto, aplicado a una obra de construcción real en el sector público, se determinó varias mejoras respecto a organización sistemática y técnica, aumento de comunicación de los involucrados e interesados en el proyecto, reducción de costos para la ejecución del proyecto debido a una adecuada organización que evita tiempos muertos y mejora la producción, así mismo se llevó a cabo un control de calidad que permitió cumplir las especificaciones técnicas y recomendaciones por parte de Fiscalización y además ejecutar las actividades descritas en el proyecto dentro del plazo establecido.

Para garantizar una gestión eficiente del proyecto de construcción de muros en la ciudad de Tulcán, se identificaron cuatro áreas del conocimiento importantes que permiten evaluar y optimizar su desarrollo.

- **Gestión del cronograma**

Se elaboró un diagrama de Gantt, que refleja las actividades del proyecto con sus tiempos de ejecución, marcando los hitos más importantes. También se diseñó un diagrama de red utilizando el método de la ruta crítica (CPM), que permitirá identificar las tareas que no pueden retrasarse sin afectar el plazo final.

- **Gestión de Costos**

Se analizó la inversión del proyecto a través de una curva de inversión, la cual muestra cómo se dividen los costos a lo largo del tiempo, adicional se emplea la metodología de valor ganado (EVM) para comparar lo planificado con el avance real del proyecto, permitiendo detectar posibles desviaciones y tomar decisiones correctivas a tiempo.

- **Gestión de Calidad**

Para asegurar la resistencia y durabilidad de la obra, se realizarán ensayos de calidad en materiales, incluyendo pruebas de compresión del hormigón, verificación de compactación del relleno granular y normativa INEN para el acero de refuerzo, cemento y agua. Estos controles garantizan que los materiales cumplan con los requisitos requeridos.

- **Gestión de los Interesados**

Se elabora una matriz de poder-interés, clasificando a los involucrados en función de su nivel de influencia y participación en el proyecto. Esto permite definir estrategias de comunicación adecuadas para cada grupo, asegurando una coordinación efectiva entre todas las partes.

En conjunto, estos resultados permiten mejorar la planificación en la construcción, optimizar recursos y asegurar la calidad de la obra, alineándose con los principios de PMI y Lean Construction para lograr una ejecución eficiente y controlada.

Como parte de las enseñanzas al implementar esta metodología PMI y Lean Construction se identificó los beneficios que contempla el uso de un plan de gestión para cada área del conocimiento y las lecciones aprendidas al momento de implementarlas en un proyecto real.

3.2 Análisis de resultados

La determinación y seguimiento de las indicaciones determinadas en el PMI y Lean Construction aplicados al proyecto de construcción conllevan a obtener resultados importantes para el desarrollo adecuado en la etapa de planificación, manteniendo una conexión fuerte y estable entre personal que labora, actividades a desarrollarse y materiales necesarios para su uso; reducción de costos de operación y actividades de construcción, fortalecimiento de enlaces comunicacionales entre las partes involucradas y mejora de la calidad de los materiales fabricados.

Es importante destacar que las recomendaciones que establecidas por el PMI, de acuerdo a la Guía del PMBOK y Lean Construction, han permitido mejorar el desarrollo

de forma general del proyecto de construcción, evidenciando aportes y beneficios claros frente al uso de metodologías tradicionales en la fase de construcción, además su aplicabilidad es directa para diferentes entornos de la construcción permitiendo cumplir satisfactoriamente con el proyecto, esto se traduce en optimizar la gestión de planificación en proyectos de construcción con el fin de llevar a cabo el proyecto encomendado cumpliendo todos los parámetros establecidos en el contrato y obtener mayores beneficios económicos sin reducir calidad de materiales ni aumentar plazos de terminación del proyecto.

Se ratifica que la aplicabilidad de las metodologías mencionadas aporta al conocimiento y manejo de estas indicaciones, así como su uso en diversos proyectos de construcción; mantener una visión clara sobre la planificación del proyecto destaca en obtener metas y objetivos claros que permiten una visión general sobre la construcción que se pretende realizar y de esta manera conlleva al éxito del proyecto.

3.3 Especificaciones técnicas

Se establece para el desarrollo de la planificación en proyectos de construcción lo determinado por el Project Management Institute y Lean Construction:

- Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK).
- Lean Construction y la planificación colaborativa – Metodología del Last Planner System.

Además, para el desarrollo sobre las áreas del conocimiento determinadas en la tesis y basados en lo indicado anteriormente se establece el uso de las siguientes herramientas:

- Microsoft office: Word y Excel
- Microsoft Project.

3.4 Diseño de la solución

El desarrollo de la metodología propuesta basada en la implementación del PMI y Lean Construction se la describe enmarcada en las cuatro áreas del conocimiento que se destacan en la planificación de la construcción sobre un proyecto real.

De tal manera se analiza la información recopilada y aplicada la metodología colaborativa PMI y Lean Construction, donde en la gráfica 3.1 se inicia realizando el acta de constitución del proyecto y consecuentemente se identifica los EDT del proyecto:

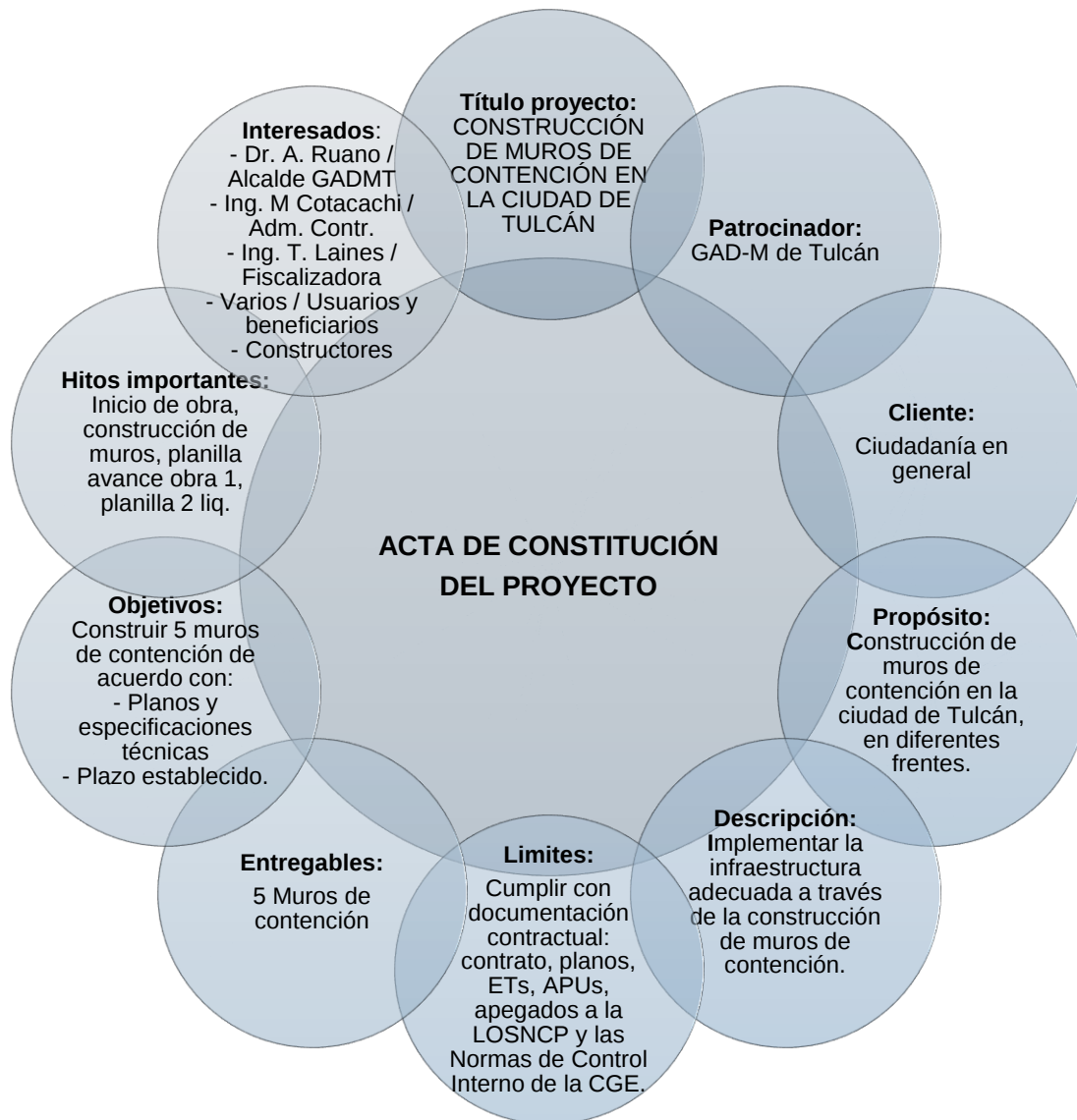


Gráfico 3.1 Acta de constitución del proyecto.

Determinado el acta de constitución del proyecto y la estructura de desglose de trabajo se realiza el análisis del diseño de la metodología colaborativa para las áreas del conocimiento a tomar en cuenta en el proyecto de tesis, dicho desglose se encuentra detallad en la gráfica 3.2.



Gráfico 3.2 Estructura de desglose de trabajo EDT del proyecto de construcción.

3.4.1 Gestión del cronograma del proyecto:

Para este desarrollo se debe establecer un plan de gestión del cronograma que permite establecer criterios de desarrollo, análisis de información, métodos a utilizar y características para la gestión del cronograma, lo que posteriormente se obtiene varios diagramas Gantt tanto para el cronograma por hitos (Tabla 3.1), como para el cronograma resumen (Tabla 3.2), entre otros, que establecerán una visión general y planificada para monitorear y controlar las actividades a desarrollarse en la gráfica 3.3.

Desarrollo del modelo de programación del proyecto:

- El proyecto se desarrolla en base a lo dispuesto por la Entidad Contratante (GADM Tulcán), por un proceso de menor cuantía refiere a adhesión a lo establecido

Duración de las liberaciones y las iteraciones:

- Los períodos preestablecidos en ciclos de vida adaptativos se obtiene de los rendimientos de los análisis de precios unitarios y experiencia de trabajo respecto a cada actividad.

Nivel de exactitud

- La duración de cada actividad viene descrita por la cuadrilla establecida, por el grado de conocimiento que se tenga para su ejecución y por la dificultad que tenga la realización de la actividad.

Unidad de medida:

- La unidad de medida viene descrita para: Mano de obra (Horas); Materiales (de acuerdo a su naturaleza); Equipo y herramienta (horas); Rubro (De acuerdo a su naturaleza)

Enlaces con los procedimientos de la organización:

- Viene descrito en base al EDT (estructura de desglose de trabajo)

Mantenimiento del modelo de programación del proyecto:

- El proceso que se utilizará para el desarrollo del avance del proyecto será por metodología CPM (método de la ruta crítica)

Umbrales de control:

- Se tomarán márgenes de desviación de $\pm 5\%$ para tomar acciones correctivas a tiempo y garantizar la ejecución de las actividades.

Gráfico 3.3 Plan de gestión del cronograma.

Tabla 3.1 Gantt - Cronograma de hitos

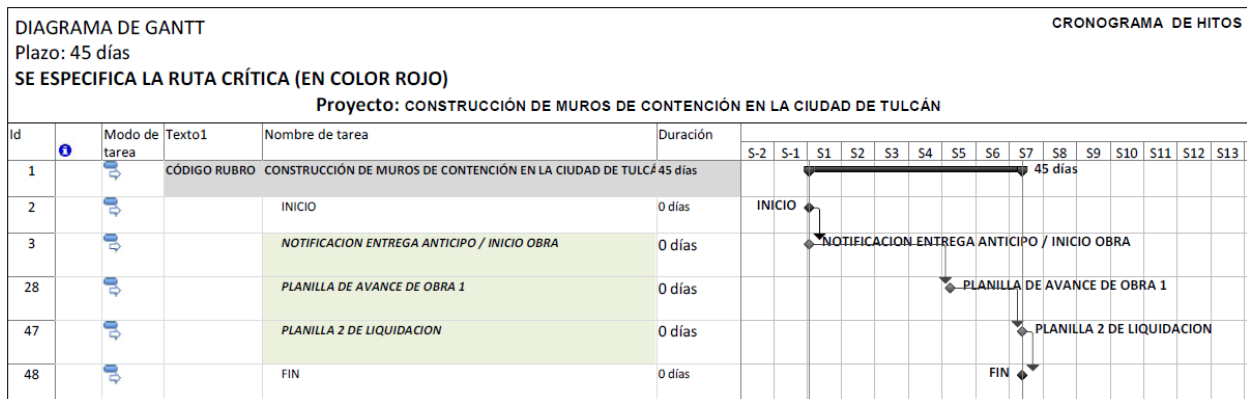
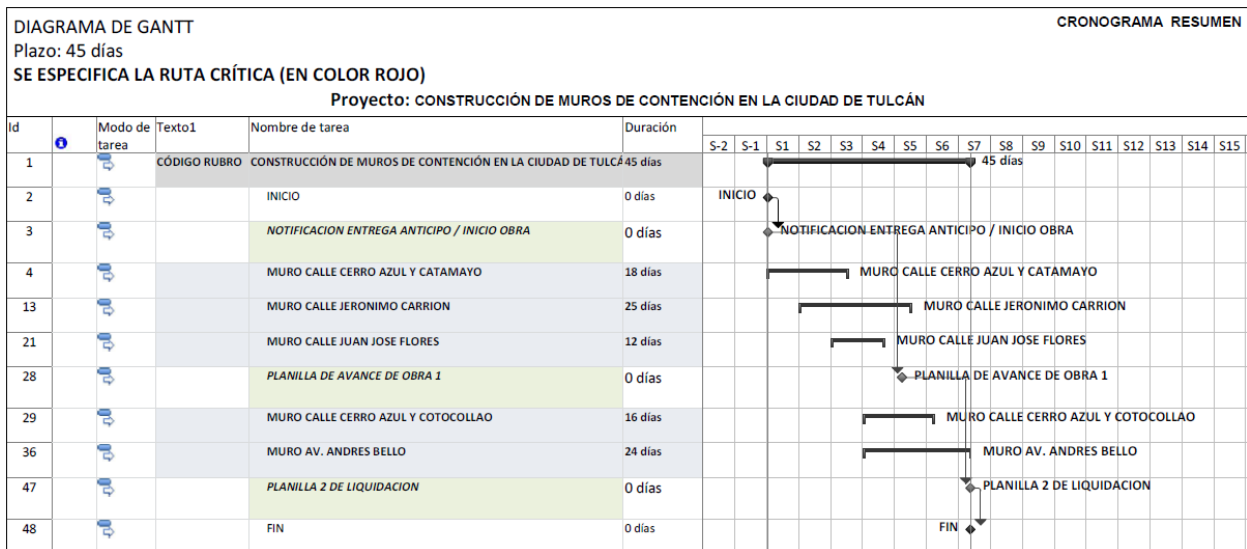


Tabla 3.2 Gantt - Cronograma resumen



3.4.1.1 Resultados de gestión del cronograma

La gestión del cronograma del proyecto describe la definición de las actividades a desarrollarse en el proyecto, que a su vez deben ser secuenciadas lo que implica identificar y relacionar tareas una a continuación de otra, además cada actividad debe ser estimada su duración en base a la cantidad o volumen a trabajar y la cuadrilla y equipo a utilizar. Esto permite el desarrollo del cronograma y a su vez un monitoreo general para la ejecución del proyecto y tener control sobre las actividades a realizarse.

Manteniendo controles programados sobre las actividades que se desarrollan se pudo constatar el avance físico del proyecto y además el avance económico para evitar retrasos y sobrecostos no contemplados y en el caso que se presenten poderlos considerar para su resolución pronta y oportuna.

El manejo del cronograma permitió estructurar y organizar las actividades del proyecto de manera eficiente. A través de herramientas como el diagrama de Gantt para el cronograma detallado (Anexo 1) y el diagrama de red, se identificaron las tareas críticas y su impacto en el tiempo total del proyecto. La aplicación del método de la ruta crítica (CPM) (Anexo 2) fue fundamental para evitar retrasos y optimizar la secuencia de actividades; además, el monitoreo continuo del avance físico y financiero permitió tomar decisiones oportunas, asegurando que los plazos establecidos se cumplieran sin afectar la calidad de la obra.

3.4.1.1.1 Lecciones aprendidas en gestión del cronograma

Tener las actividades que se contemplan para la ejecución de un proyecto planificadas y secuenciadas a través de un cronograma valorado de trabajos y una programación de ejecución de trabajos a través de método CPM, proporciona un control sistemático y organizado que permite evaluar y tomar decisiones oportunas y evitar complicaciones futuras innecesarias, pudiendo tener un inicio y mantener un durante y final del proyecto en óptimas condiciones.

Una planificación adecuada y una secuenciación correcta de actividades ayudaron a minimizar riesgos y mejorar el uso de los recursos; sin embargo, se evidenció la necesidad de contar con estrategias o diferentes planes operativos para adaptarse a imprevistos y optimizar la distribución de tiempos muertos. También se reforzó la importancia de una comunicación fluida entre todos los equipos de trabajo para evitar acumulaciones de tareas críticas.

3.4.2 Gestión de calidad del proyecto:

La gestión de la calidad en proyectos es importante para asegurar que tanto los procesos como los resultados finales cumplan con los estándares establecidos (especificaciones técnicas) y las expectativas de los interesados. Más allá de

simplemente cumplir con especificaciones técnicas, esta gestión promueve una cultura de mejora continua, donde se busca prevenir errores antes que corregirlos, optimizando así recursos y tiempo.

Para lograrlo, se implementan controles de calidad, auditorías e inspecciones que permiten identificar posibles fallas y áreas de mejora. Herramientas como el análisis de causa raíz ayudan a detectar problemas desde su origen, evitando volver a realizar los trabajos y garantizando la eficiencia del proyecto.

Por lo tanto, aplicar una gestión de calidad efectiva no solo contribuye al éxito del proyecto en costos, tiempo y satisfacción del cliente, sino que también fortalece la reputación de la organización y mejora su capacidad para afrontar futuros desafíos.

3.4.2.1 Plan de gestión de calidad

Política de Calidad de la Organización:

"Los constructores del proceso denominado: *CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN EN LA CIUDAD DE TULCÁN*, nos comprometemos a entregar obras de calidad, cumpliendo con los parámetros establecidos y promoviendo valores como la responsabilidad social y ambiental. Trabajamos por el desarrollo sostenible a través de la planificación, gestión eficiente y mejora continua de nuestra organización"

- Estándares de calidad utilizados para el proyecto
 - Especificaciones técnicas (ETs)
 - Contrato de Obra
 - Planos
 - Pliegos

- Objetivos de Calidad
 - Construir 5 muros de contención de acuerdo con lo definido en los planos y especificaciones técnicas.
 - Construir los 5 muros de contención en el plazo y monto establecido en el contrato y lo que permite la LOSNCP.
 - Roles y responsabilidades de calidad, se enuncia en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Roles y responsables de calidad.

ROLES	RESPONSABILIDADES
Ing. Ricardo Cabrera-Contratista	- Facilitar los recursos necesarios para la ejecución de las actividades
Ing. Rubén Cabrera-Residente	- Buen manejo de los recursos asignados. - Verificar el cumplimiento de las ETs y proponer mejoras. - Verificar el cumplimiento de los Planos y proponer mejoras. - Monitorear las cantidades, montos y tiempo de los rubros ejecutados. - Hacer cumplir los pliegos del proyecto
Ing. Henry Aveiga - Colaborador	- Elaboración y análisis de indicadores. - Proponer mejoras a los procesos.
Sr. Marcelo Usuy – Maestro de Obra	- Organizar las cuadrillas para la ejecución de los rubros. - Identificar los recursos necesarios para cada actividad con anticipación.

- Entregables sujetos a revisión de Calidad

Muros de contención en los tramos definidos en planos de las siguientes calles

- Calle Cerro Azul y Catamayo
- Calle Jerónimo Carrión
- Calle Juan José Flores
- Calle Cerro Azul y Cotocollao
- Av. Andrés Bello

- Actividades de control de Calidad.
 - Revisión de las ETs para determinar si son aplicables al proyecto, en el caso de que haya desviaciones se procede a sugerir mejoras, para que sean tomadas a consideración por el fiscalizador
 - Verificar el cumplimiento de las ETs en cada rubro ejecutado,
 - Verificar el cumplimiento de los pliegos del proyecto referente a maquinaria, mano de obra y personal técnico.
 - Monitorear las cantidades y presupuestos que generen la ejecución de los rubros.
 - Monitorear los tiempos de ejecución de los rubros.

- Tratamiento de No Conformidades/Oportunidades de mejora.

En el caso de que se identifiquen No Conformidades u oportunidades de mejora de acuerdo con los estándares de calidad, incluyendo materiales, mano de obra, maquinaria, ejecución de rubros, cronograma, presupuesto, etc. para el tratamiento se seguirán los siguientes pasos.

- La no conformidad debe ser lo más detallado posible, tratando de no omitir sucesos o características relevantes.
- La No Conformidad será analizada por al menos dos personas, para que, de manera consensuada se defina la no conformidad.
- Se puede utilizar la metodología de los 5 *porques*, diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, u otro que se defina de acuerdo con su utilidad y la no conformidad u oportunidad de mejora, detallada de manera inicial.
- Se establece la causa raíz que originó la no conformidad y se define las acciones correctivas a ser implementadas
- Una vez implementada la acción correctiva, se realiza el monitoreo para verificar la eficiencia de la acción tomada.
- Si la acción tiene resultados positivos se estandariza la acción en los siguientes procesos, en el caso de que no se obtenga los resultados esperados, se hace una nueva reunión para definir otras acciones correctivas.

3.4.2.2 Resultados de gestión de calidad del proyecto

La gestión de calidad del proyecto permite establecer en base a condiciones, especificaciones técnicas y recomendaciones de supervisores, parámetros de ejecución para materiales que se fabrican o se colocan en el proyecto; además, controlando la calidad de mano de obra, es decir, evaluando si sus condiciones de desempeño son óptimas para la cada actividad; verificando también que el equipo y herramienta funcione adecuadamente cuando esté en funcionamiento lo que implica que estén en operación correcta.

Para garantizar la calidad de la obra se implementaron estrictos controles en los materiales utilizados, respaldándolos con certificados de conformidad (Anexo 4), ensayos de compresión en el hormigón (Anexo 5), y uso de vibrador para eliminar los

posibles vacíos. Estos controles permitieron verificar que los materiales cumplieran con las normativas técnicas establecidas, minimizando la posibilidad de fallas estructurales y asegurando la durabilidad del proyecto, adicionalmente se generó una carta de control para monitorear la variabilidad de calidad del hormigón elaborado (Anexo 3). Gracias a estos procedimientos se optimizó el desempeño general de la construcción.

Con la ayuda de herramientas como los diagramas de Ishikawa (Anexos 6, 7, 8), Se pudo corregir prácticas constructivas que eran erróneas, además de optimizar otras como eliminando desperdicios en el acero de refuerzo.

Además, con la utilización de la lista de verificación (Anexos 9, 10, 11, 12, 13), se constató el cumplimiento de las especificaciones técnicas por cada entregable.

3.4.2.2.1 Lecciones aprendidas en gestión de la calidad

La implementación de controles de calidad desde las primeras etapas del proyecto fue importante para corregir problemas a tiempo y garantizar la resistencia y estabilidad de las estructuras construidas; sin embargo, se identificó la necesidad de una supervisión más rigurosa en la colocación de los materiales, ya que pequeñas variaciones en su aplicación pueden afectar la calidad final, tal es el caso de la relación agua/cemento que pudo haber afectado la calidad del hormigón fabricado, calidad de acero de refuerzo utilizado o la capacidad del suelo relleno. También se destacó la importancia de capacitar al personal en la correcta manipulación y aplicación de los materiales de construcción.

3.4.3 Gestión de los costos del proyecto:

La gestión de los costos en proyectos es fundamental para asegurar que los recursos financieros se utilicen de manera eficiente y que el presupuesto se mantenga bajo control. Un manejo adecuado de los costos no solo evita sobrecostos y desperdicios, también permite una mejor toma de decisiones y optimización del dinero disponible.

El proceso para determinar la gestión del valor ganado (EVM), ha permitido comparar el avance planificado real del proyecto con el presupuesto referencial, identificando desviaciones o variaciones a tiempo. Por lo tanto, se gestionan los costos para llegar a

cumplir con el presupuesto, además garantizar la sostenibilidad y viabilidad del proyecto, es así como se realiza el plan de gestión de costos:

3.4.3.1 Plan de gestión de los costos del proyecto

El proyecto de construcción es un proceso de menor cuantía el cual tiene un presupuesto referencial desarrollado por la entidad contratante, por lo tanto, el contratista adjudicado se adhiere al presupuesto referencial y análisis de precios unitarios, detallado en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Presupuesto referencial GADM Tulcán (Construcción de muros de contención)

COD	No	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
C	0	MURO CALLE CERRO AZUL Y CATAMAYO				\$10.399,89
R	1	Excavación manual obras superficiales	m ³	6.5	\$ 7,82	\$ 50,83
R	2	Replanto F'c = 140 kg/cm ²	m ³	3.1	\$ 145,18	\$ 450,06
R	3	H. ciclópeo F'c= 180 Kg/cm ² + encofrado	m ³	39	\$ 139,40	\$ 5.436,60
R	4	Hormigón simple 210 Kg/cm ² + encofrado	m ³	3	\$ 223,66	\$ 670,98
R	5	Acero de refuerzo	kg	585	\$ 2,03	\$ 1.187,55
R	6	Relleno granular compactado	m ³	82.5	\$ 26,09	\$ 2.152,42
R	7	Vereda perimetral escobada	m ²	28	\$ 15,37	\$ 430,36
R	8	Michinal tubo PVC 2"	m	9.5	\$ 2,22	\$ 21,09
C	9	MURO CALLE JERÓNIMO CARRIÓN				\$23.990,77
R	10	Excavación manual obras superficiales	m ³	141	\$ 7,82	\$ 1.102,62
R	11	Replanto F'c = 140 kg/cm ²	m ³	6.5	\$ 145,18	\$ 943,67
R	12	H. ciclópeo F'c= 180 Kg/cm ² + encofrado	m ³	115	\$ 139,40	\$16.031,00
R	13	Desalojo con volqueta cargado mecánico	m ³	141	\$ 7,25	\$ 1.022,25
R	14	Relleno compactado	m ³	80	\$ 7,04	\$ 563,20
R	15	Conformación de talud a mano	m ³	55.8	\$ 10,43	\$ 581,99
R	16	Estabilización de talud con geomalla y geomanta	m ²	372	\$ 10,07	\$ 3.746,04
C	17	MURO CALLE JUAN JOSÉ FLORES				\$ 4.780,56
R	18	Excavación manual obras superficiales	m ³	31.5	\$ 7,82	\$ 246,33
R	19	Replanto F'c = 140 kg/cm ²	m ³	1.1	\$ 145,18	\$ 159,70
R	20	H. ciclópeo F'c= 180 Kg/cm ² + encofrado	m ³	26.25	\$ 139,40	\$ 3.659,25
R	21	Desalojo con volqueta cargado mecánico	m ³	15	\$ 7,25	\$ 108,75

COD	No	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
R	22	Relleno granular compactado	m ³	15	\$ 26,09	\$ 391,35
R	23	Vereda perimetral escobeadada	m ²	14	\$ 15,37	\$ 215,18
C	24	MURO CALLE CERRO AZUL Y COTOCOLLAO				\$10.909,13
R	25	Excavación manual obras superficiales	m ³	99.5	\$ 7,82	\$ 778,09
R	26	Replanto F'c = 140 kg/cm ²	m ³	2.3	\$ 145,18	\$ 333,91
R	27	H. ciclópico F'c= 180 Kg/cm ² + encofrado	m ³	56.25	\$ 139,40	\$ 7.841,25
R	28	Desalojo con volqueta cargado mecánico	m ³	99.5	\$ 7,25	\$ 721,38
R	29	Relleno granular compactado	m ³	32	\$ 26,09	\$ 834,88
R	30	Vereda perimetral escobeadada	m ²	26	\$ 15,37	\$ 399,62
C	31	MURO AV. ANDRÉS BELLO				\$22.077,40
R	32	Excavación a maquina	m ³	80	\$ 3,78	\$ 302,40
R	33	Hormigón simple 210 Kg/cm ² + encofrado	m ³	50	\$ 223,66	\$11.183,00
R	34	Desalojo con volqueta cargado mecánico	m ³	60	\$ 7,25	\$ 435,00
R	35	Replanto H.S F'c=140 kg/cm ²	m ³	5	\$ 145,18	\$ 725,90
R	36	Sub-base clase 3/compactador mecánico incl. transporte	m ³	25	\$ 44,70	\$ 1.117,50
R	37	Relleno suelo natural compactado	m ³	75	\$ 7,04	\$ 528,00
R	38	Acero de refuerzo	kg	3000	\$ 2,03	\$ 6.090,00
R	39	Michinal tubo PVC 3"	m	10	\$ 4,84	\$ 48,40
R	40	Relleno con ripio triturado (filtro)	m ³	30	\$ 25,81	\$ 774,30
R	41	Geodren con tubería de drenaje 160 mm	m	35	\$ 24,94	\$ 872,90

El grado de redondeo del proyecto viene a ser de 0.01 USD, es decir el valor monetario a considerarse será con 2 decimales.

- Nivel de exactitud:

Para el proyecto se considera un porcentaje de desviación de $\pm 5\%$ para tomar acciones correctivas futuras a tiempo y garantizar la ejecución de las actividades; sin embargo, los porcentajes de variación de acuerdo con los rubros nuevos, diferencia de cantidades de obra o contrato complementario serán de acuerdo con lo determinado en el Reglamento General de la LOSNCP.

Por lo tanto, obtenemos la curva de inversión del proyecto según lo planificado, ilustrado en el gráfico 3.4.

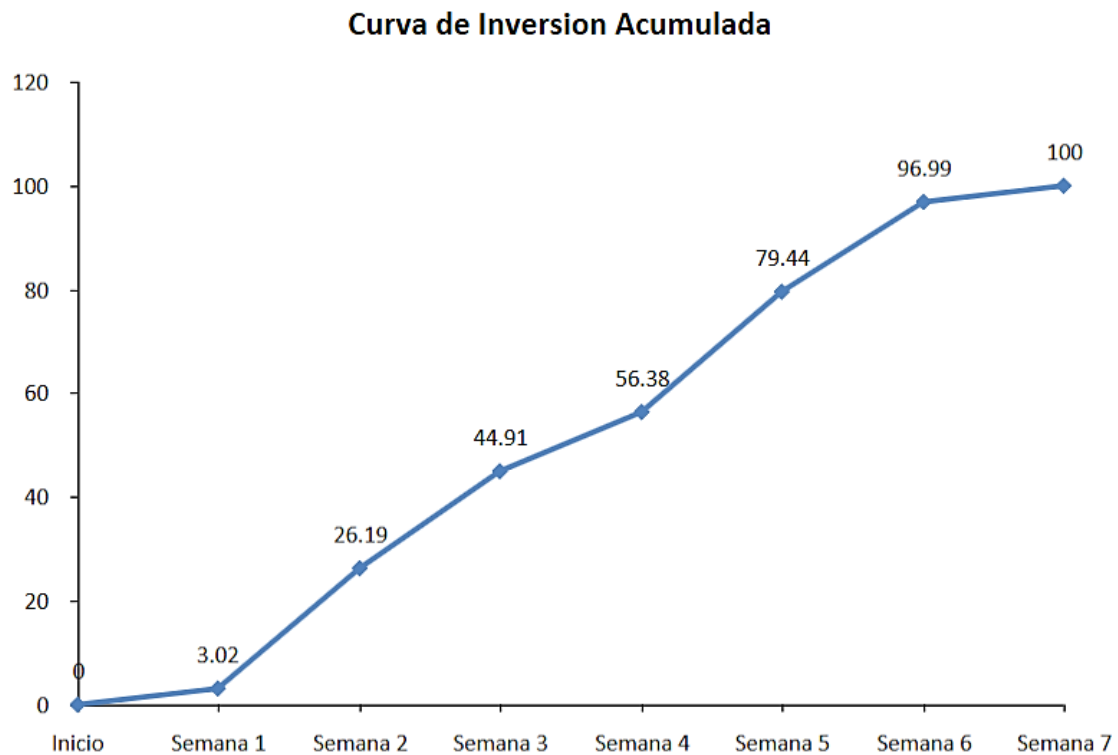


Gráfico 3.4 Curva de inversión del proyecto según su planificación.

De acuerdo con el cronograma detallado obtenemos las inversiones de los insumos en cada semana, de esta manera se puede verificar el cumplimiento de las actividades con la anticipación de adquisición de materiales o insumos necesarios, es así como obtenemos:

- Cronograma de uso de insumos
- Cronograma de uso de equipo y herramienta
- Cronograma de uso de mano de obra
- Cronograma de uso de materiales

Los cuales se detallan en los Anexos 15 al 19.

3.4.3.2 Resultados de gestión de costos del proyecto

El manejo financiero del proyecto se realizó utilizando la metodología del valor ganado (EVM) (Anexo 14), lo que permitió evaluar constantemente la relación entre los costos planificados, los costos reales y el avance físico de la obra. Esta estrategia ayudó a detectar desviaciones a tiempo y ajustar el presupuesto sin comprometer la calidad del trabajo. Además, se optimizó el uso de los recursos mediante una planificación eficiente de adquisiciones, evitando desperdicios y asegurando una distribución equitativa del presupuesto.

3.4.3.2.1 Lecciones aprendidas en la gestión de costos del proyecto

El control y monitoreo constante de los costos permitió evitar sobrecostos innecesarios y mejorar la rentabilidad del proyecto, sin embargo, se evidenció la necesidad de contar con un margen financiero para afrontar imprevistos, ya que factores como la escasez de materiales o falta de un estudio de mercado por parte de la entidad contratante al realizar los análisis de precios unitarios (APUs) y no tener precios reales y actuales de materiales pueden generar variaciones en los precios. También se concluyó que una gestión más detallada en la compra y almacenamiento de materiales podría optimizar aún más el uso de los recursos financieros.

3.4.4 Gestión de los interesados del proyecto:

Gestionar los interesados es un aspecto importante para todo proyecto, ya que su nivel de compromiso e influencia puede determinar el éxito o no de la iniciativa. Por lo tanto, identificamos a cada uno de ellos, determinamos sus expectativas y se mantiene una comunicación efectiva que permite generar confianza, minimizar conflictos y fortalecer el apoyo hacia los objetivos del proyecto.

Usamos herramientas como la matriz de poder-interés que ayudan a clasificar a los interesados según su nivel de influencia y grado de involucramiento, permitiendo adaptar estrategias de participación según sus necesidades. Además, monitorear constantemente sus expectativas y percepciones facilita tomar decisiones y evita resistencias durante la ejecución del proyecto. Se identifica a los interesados directos e indirectos del proyecto a través de la tabla 3.5.

Tabla 3.5 Registro de interesados stakeholders del proyecto de construcción de muros.

ID	Nombre	Clase	Actitud	Poder	Interés	P+I	Estrategia		Necesidades	Expectativas	Estrategia
							Genérica	Específica			
S-01	Dr. Andrés Ruano Paredes - Alcalde GADM de TULCÁN	externo	A favor	5.00	5.00	10.00		X	Cumpla lo planificado para mejorar el estatus político	Mejorar la infraestructura vial	MANEJAR DE CERCA
S-02	Ing. Mauricio Cotacachi - Administrador del Contrato	externo	A favor	5.00	2.00	7.00		X	Cumplimiento del contrato	Culmine con el tiempo y presupuesto establecido	MANEJAR DE CERCA
S-03	Ing. Tatiana Laines - Fiscalizadora de Obra	externo	A favor	5.00	3.00	8.00		X	Cumplimiento de especificaciones técnicas y planos	Culmine con el tiempo y presupuesto establecido	MANEJAR DE CERCA
S-04	Varios - Usuarios De La Vida	externo	En contra	1.00	3.00	4.00	X		Contar con los nuevos muros	No se interrumpa la circulación vial	HACER SEGUIMIENTO
S-05	Varios - Moradores Del Sector	externo	A favor	3.00	5.00	8.00	X		No haya afectaciones a viviendas	Brindar seguridad a la vivienda	MANTENER SATISFECHO
S-06	Ing. Rubén Cabrera - Coordinador del proyecto	Interno	A favor	5.00	3.00	8.00		X	Controlar de mano de obra, maquinaria y materiales	Los componentes del proyecto sean provistos a tiempo	MANEJAR DE CERCA
S-07	Ing. Ricardo Cabrera - Contratista del proyecto	Interno	A favor	5.00	4.00	9.00		X	El equipo humano realice su trabajo de manera eficiente y eficaz.	Los trámites municipales de forma oportuna.	MANEJAR DE CERCA

Con lo desarrollado se procede a obtener y determinar la matriz de poder interés respecto a los interesados del proyecto, como de detalla en la tabla 3.6 y 3.7.

Tabla 3.6 Matriz de poder-interés de los interesados del proyecto de construcción de muros.

INTERESADO STAKEHOLDER	INTERESADO STAKEHOLDER	PODER			INTERÉS				P+I
		Influencia	Control	P	Económico	Técnico	Social	I	
		60%	40%		50%	30%	20%		
S-01	Dr. Andrés Ruano Paredes - Alcalde GADM de TULCÁN	5	5	5.00	5	5	5	5.00	10.00
S-02	Ing. Mauricio Cotacachi - Administrador del Contrato	4	5	4.40	5	3	2	3.80	8.20
S-03	Ing. Tatiana Laines - Fiscalizadora de Obra	3	5	3.80	5	5	3	4.60	8.40
S-04	Varios - usuarios de la vida	1	1	1.00	1	2	3	1.70	2.70
S-05	Varios - moradores del sector	3	3	3.00	1	2	5	2.10	5.10

Tabla 3.7 Matriz de comunicación del proyecto sobre los interesados.

OBJETIVO		Usuario		Responsabilidad		
¿Qué comunicar?	¿Por qué?	Destinatario	Método de comunicación	Preparación	Envío	Frecuencia
Reporte de avance proyecto	Conocimiento	Dr. Andrés Ruano Paredes - Alcalde GADM de TULCÁN	Forma escrita y verbal.	Coordinador	Contratista	Mensual
Reporte de avance proyecto	Control	Ing. Mauricio Cotacachi - Administrador del Contrato	Forma escrita y verbal.	Coordinador	Contratista	Semanal
Reporte de avance proyecto	Control	Ing. Tatiana Laines - Fiscalizadora de Obra	Forma escrita y verbal.	Coordinador	Contratista	Semanal
Informativo del proyecto	Conocimiento	Varios - usuarios de la vida	Rótulo Informativo	Coordinador	Coordinador	Una vez

OBJETIVO		Usuario		Responsabilidad		
¿Qué comunicar?	¿Por qué?	Destinatario	Método de comunicación	Preparación	Envío	Frecuencia
Informativo del proyecto	Conocimiento	Varios - moradores del sector	Rótulo Informativo, reuniones	Coordinador	Contratista	Semanal
Dar a conocer los objetivos y alcance del proyecto	Coordinar actividades	Ing. Rubén Cabrera - Coordinador del proyecto	Información digital, incluyendo documentos precontractuales y contractuales	Contratista	Contratista	Semanal
Reporte de avance proyecto físico y económico, información de parte del Contratante	Prever actividades a desarrollar.	Ing. Ricardo Cabrera - Contratista del proyecto	Documentación física y digital	Coordinador y/o Entidad contratante	Coordinador y/o Entidad contratante	Tres veces a la semana

3.4.4.1 Resultados de gestión de los interesados del proyecto

Para garantizar la participación y el compromiso de todas las partes involucradas del proyecto, se elaboró una matriz de poder-interés, identificando a los actores clave y definiendo estrategias de comunicación efectivas. Se realizaron reuniones periódicas con contratista, fiscalizador, administrador de contrato y beneficiarios, asegurando que los objetivos del proyecto estuvieran alineados y que se resolvieran dudas o inquietudes de manera oportuna. Este enfoque permitió una ejecución más fluida y redujo la posibilidad de conflictos.

3.4.4.2 Lecciones aprendidas en gestión de los interesados

La participación activa de los interesados desde las primeras etapas del proyecto facilitó su aceptación y redujo resistencias. Sin embargo, se identificó la necesidad de mejorar los canales de comunicación, especialmente con la comunidad beneficiaria, para recopilar sus inquietudes de manera más eficiente. También se concluyó que una mayor interacción con los grupos de interés podría generar un mayor sentido de pertenencia y colaboración, asegurando el éxito del proyecto a largo plazo.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Con la ayuda de la matriz de poder-interés se pudo determinar las estrategias de comunicación que se manejaron para cada interesado y evitar conflictos a lo largo del proyecto.
- Con la metodología del valor ganado, se monitoreó el avance físico y financiero de la obra, controlando que dichos avances estén acordes o superen las expectativas de lo planificado o línea base.
- Utilizando la gestión de la Calidad se controló la calidad de los rubros ejecutados que cumplan con las especificaciones técnicas que exigía el proyecto, además que se utilice y elabore materiales de buena calidad a través de ensayos o con la compra de materiales con certificados de conformidad.
- Adicionalmente se logró mejorar ciertas prácticas constructivas para disminuir los desperdicios, optimizar el tiempo de ejecución, como fue la decisión de comprar el acero perfilado desde la fábrica para que en obra se realicen la menor cantidad de cortes y dobleces, además de la utilización de encofrado metálico para la reutilización y evitar el uso de madera.

4.2 Recomendaciones

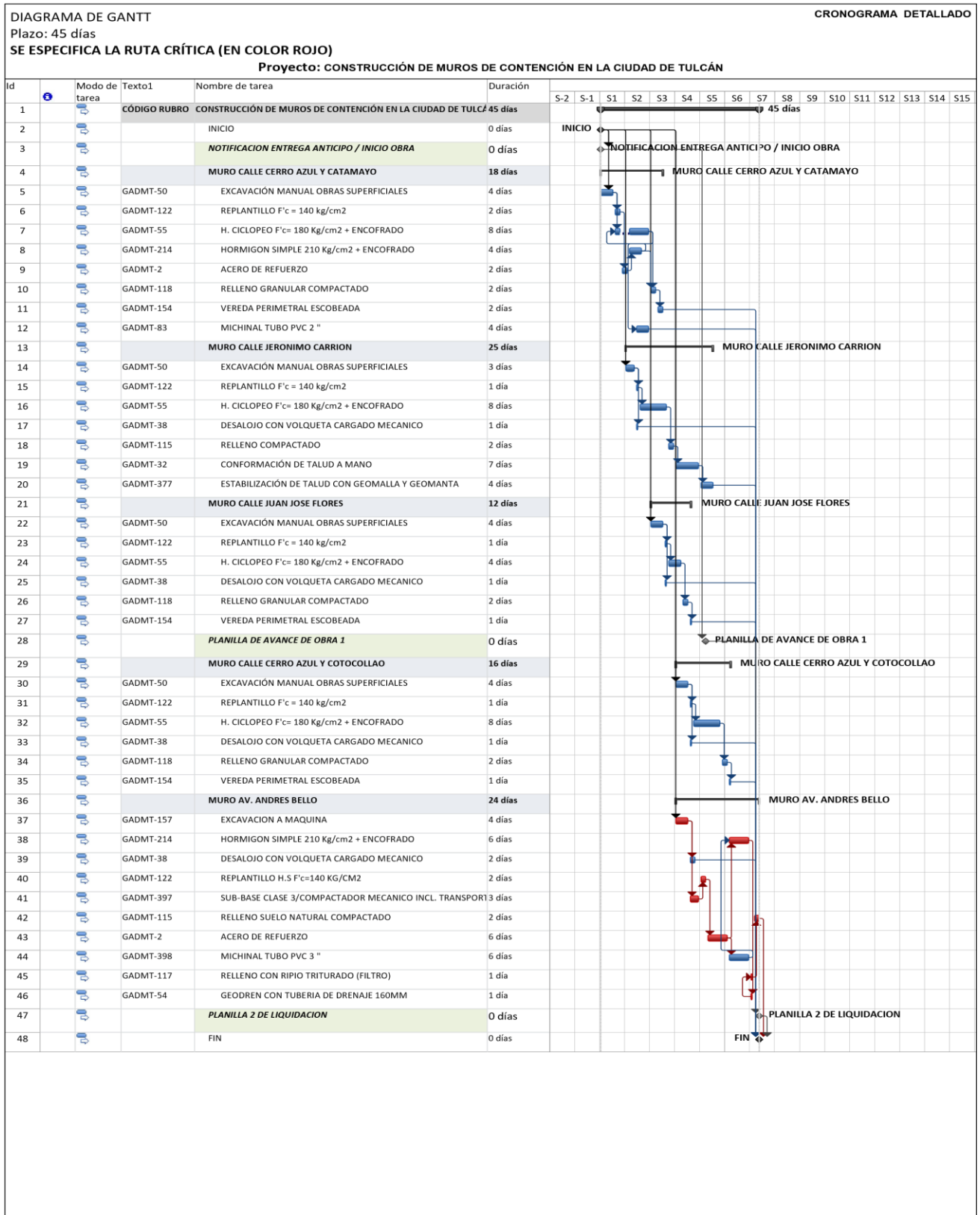
- Se debe iniciar la gestión de los proyectos de construcción con la creación del acta de constitución del proyecto, ya que es un insumo básico y de partida para ejecutar la gestión de las 4 áreas del conocimiento que se plantearon en el presente trabajo de titulación.
- En la medida de lo posible, se recomienda la recopilación de las evidencias que respalden la gestión implementada ya que serviría de base o referencias para futuras obras de similares características.
- Antes de iniciar la gestión del proyecto, se sugiere establecer que áreas del conocimiento se aplicarían, ya que, la intención de implementar todas las áreas sería contraproducente para proyectos pequeños donde el personal que pueda llevar a cabo esta gestión sea limitado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asana. (s. f.). *¿Por qué fracasan los proyectos? 7 causas comunes y sus soluciones [2024]* • Asana. Asana. Recuperado 1 de enero de 2025, de https://asana.com/es/resources/why-projects-fail?utm_source=chatgpt.com
2. Gómez, S. P., & Vicente, L. (2019). *Lean Manufacturing: Paso a paso*. Marge Brooks. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/117567>
3. *La guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)* (Versión Sexta Edición). (2017).
4. Pastor, R. A. T. (1994). *MODELO CONCEPTUAL PARA LA GESTIÓN DE PROYECTOS*.
5. PMI. (2017). *Aumento de las tasas de éxito* | PMI. https://www.pmi.org/learning/library/es-2017-pulse-aumento-de-las-tasas-de-exito-13601?utm_source=chatgpt.com
6. Pons, J. F., & Rubio, I. (2001). *LAS 10 CLAVES DEL ÉXITO PARA SU IMPLANTACIÓN*.
7. Pons, J. F., & Rubio, I. (2019). *LEAN CONSTRUCTION y la planificación colaborativa METODOLOGÍA DEL LAST PLANNER SYSTEM* (primera). Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.
8. Reyes, J. N. E. (2007). *Análisis de la gestión de proyectos a nivel mundial*.
9. Rodríguez, E. H. P., & Castro, C. J. C. (2021). Análisis relativo para identificar las causas de retrasos en las obras de construcción. Caso de estudio Cuenca-Ecuador. *Ciencia Digital*, 5(2), Article 2. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v5i2.1572>
10. Yandún, J. (2024, agosto 5). *Informe de Necesidades—"Construcción de muros de contención en la ciudad de Tulcán"*.

ANEXOS

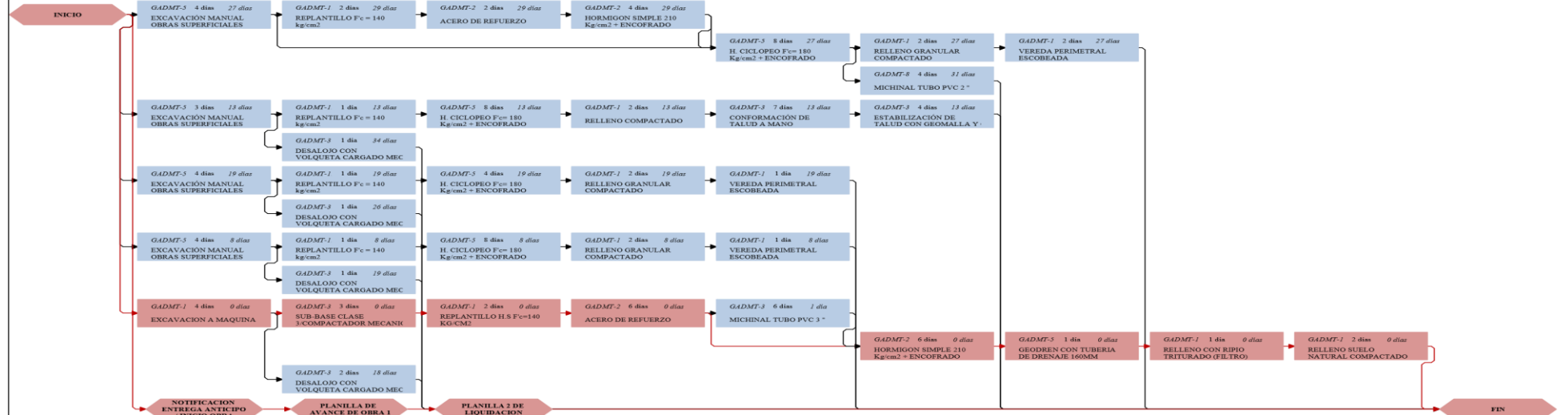
Anexo 1. Gantt - Cronograma detallado.



Anexo 2. Diagrama de red (método de la ruta crítica).

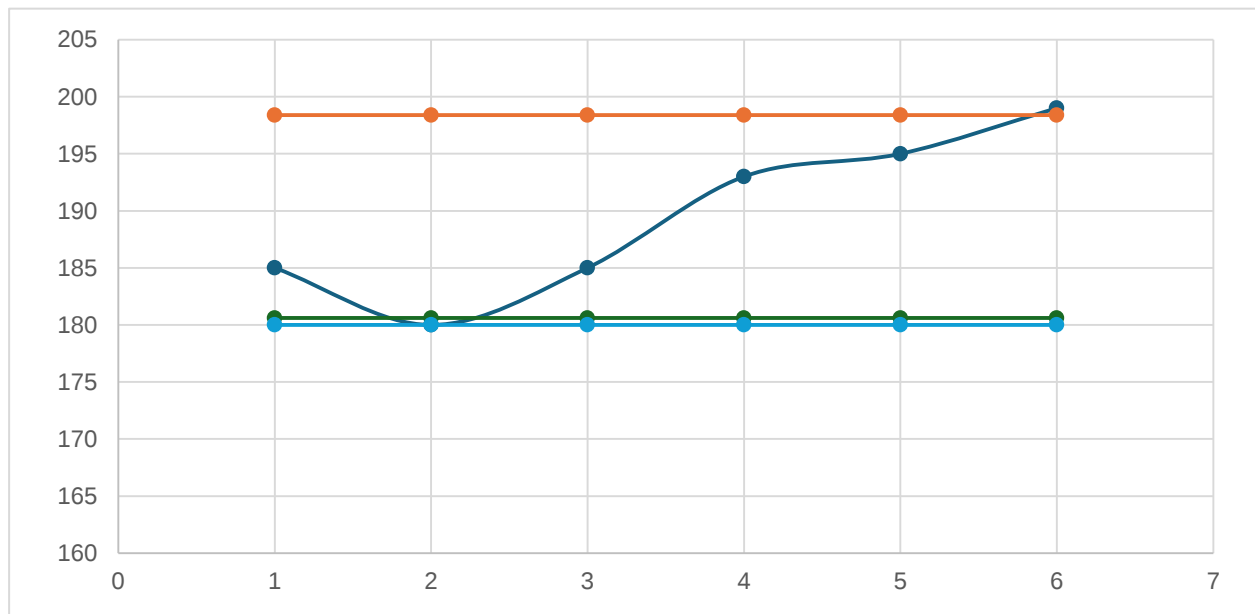
DIAGRAMA DE RED:
SE ESPECIFICA LA RUTA
CRITICA EN COLOR ROJO

CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE CONTENCIÓN EN LA CIUDAD DE TULCÁN



Anexo 3. Carta de control de hormigón elaborado.

ESPÉCIMEN	DÍAS	RESISTENCIA
M1	21	185
M2	21	180
M3	21	185
M4	21	193
M5	21	195
M6	21	199



Anexo 4. Certificados de Conformidad del acero y cemento.

CERTIFICADO DE CONFORMIDAD CON SELLO DE CALIDAD INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización	
Organismo de certificación de productos acreditado por el SAE con acreditación No. SAE-CP-14-004	
Nro. DVC-SC-2024-008	
Otorgado al producto:	
Varillas de acero corrugadas de baja aleación para refuerzo de hormigón. Grado / Tipo: 42 / AS-MA	
Marca Comercial: NOVACERO	
Fabricado por: NOVACERO S.A. Panamericana Norte km 16. Latacunga - Ecuador	
Documento Normativo de Referencia: NTE INEN 2167:2020	
Fecha de expedición:	Fecha de vencimiento:
2024-01-17	2027-01-16
	
Ing. César Díaz Guevara DIRECTOR EJECUTIVO SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN INEN	
VDC-002-19 2023-11-08	
Esta certificación está sujeta a que la empresa y el producto cumplan permanentemente con los requisitos del documento Normativo de Referencia y el Consenso para la utilización del Certificado y Marca de Conformidad "Sello de Calidad INEN"	
Servicio Ecuatoriano de Normalización - Pasaje El Morado 75-29 y Diego de Almagro, Quito - Ecuador - Teléfono: (011) 213673980 Twitter: @INEN_ECU Facebook: connormalizacion Ecuador www.normalizacion.gob.ec	

CERTIFICADO DE CONFORMIDAD CON SELLO DE CALIDAD INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización	
Organismo de certificación de productos acreditado por el SAE con acreditación No. SAE-CP-14-004	
Nro. DVC-SC-2024-197	
Otorgado al producto:	
Cemento portland puzolánico. Tipo IP	
Marca Comercial: SELVALEGRE	
Fabricado por: UNACEM ECUADOR S.A. km 7,5 vía Selva Alegre, Sector Perugachi. Otavalo - Ecuador	
Documento Normativo de Referencia: NTE INEN 490:2011	
Fecha de expedición:	Fecha de vencimiento:
2024-05-07	2027-05-06
	
Ing. César Díaz Guevara DIRECTOR EJECUTIVO SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN INEN	
VDC-002-19 2023-11-08	
Esta certificación está sujeta a que la empresa y el producto cumplan permanentemente con los requisitos del documento Normativo de Referencia y el Consenso para la utilización del Certificado y Marca de Conformidad "Sello de Calidad INEN"	
Servicio Ecuatoriano de Normalización - Pasaje El Morado 75-29 y Diego de Almagro, Quito - Ecuador - Teléfono: (011) 213673980 Twitter: @INEN_ECU Facebook: connormalizacion Ecuador www.normalizacion.gob.ec	

Anexo 5. Ensayos de compresión en el hormigón.

Alcalá de Tula		DIRECCION DE FISCALIZACIÓN										INEN:		DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE HORMIGÓN DE CEMENTO HIDRÁULICO					
		LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTOS Y HORMIGONES										1573							
PROYECTO:		MUROS DE CONTENCIÓN CIUDAD DE TULCÁN										EQUIPOS:		CALIBRADOR - FLEXÓMETRO - PRESNA UNIVERSAL DE COMPRESIÓN - BALANZA					
CONTRATISTA DE OBRA:		Ing. Ricardo Cabrera		FISCALIZADO POR		Ing. Tatiana Laines (GAD-MT)		ENSAYO REALIZADO EN:		GAD-MT		X		OTRO LABORATORIO					
ENSAYADO POR:		Lab. V. Enríquez/J. Ronquillo		No MUESTRAS POR:		18		GAD-MT		X		USUARIO		OPERADOR					
No Probeta	Obra-Elemento	Abierta	Fecha de Fabricación	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diseño f/c (kg/cm²)	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Área (mm²)	Volumen (m³)	Peso (kg)	Densidad (kg/m³)	Carga (kN)	Resistencia (kN)	Resistencia (kg/cm²)	%	Tipo de falla/Proyector		
MC 1	MURO DE CONTENCIÓN H. C CERRO AZUL	CIMENTACIÓN	16-dic.-24	6-ene.-25	21	180	302	152	18145,84	0,00548	12,268	2,239	329,25	33.574,2	185,02	103%	TIPO 3/54%		
MC 2				6-ene.-25	21		300	153	18385,39	0,00552	12,349	2,239	325,65	33.207,1	180,62	100%	TIPO 3/94%		
MC 3				6-ene.-25	21		302	152	18145,84	0,00548	12,306	2,245	330,19	33.670,1	185,55	103%	TIPO 4/94%		
MC 4	MURO DE CONTENCIÓN H. C J. JOSÉ FLORES	CIMENTACIÓN	16-dic.-24	6-ene.-25	21	180	303	151	17907,86	0,00543	12,416	2,288	339,22	34.590,5	193,16	107%	TIPO 4/94%		
MC 5				6-ene.-25	21		300	151	17907,86	0,00537	12,349	2,299	344,16	35.094,6	195,97	109%	TIPO 2/94%		
MC 6				6-ene.-25	21		301	150	17671,46	0,00532	12,428	2,336	345,48	35.229,2	199,36	111%	TIPO 3/94%		
MC 7	MURO DE CONTENCIÓN H. C CERRO AZUL	PANTALLA 1	20-dic.-24	6-ene.-25	17	180	301	152	18145,84	0,00546	12,219	2,237	319,25	32.554,5	179,40	100%	TIPO 2/88%		
MC 8				6-ene.-25	17		302	153	18385,39	0,00555	12,316	2,218	307,15	31.320,6	170,36	95%	TIPO 3/88%		
MC 9				6-ene.-25	17		303	153	18385,39	0,00557	12,410	2,228	321,15	32.748,2	178,12	99%	TIPO 4/88%		
MC 10	MURO DE CONTENCIÓN H. C J. JOSÉ FLORES	PANTALLA 1	20-dic.-24	6-ene.-25	17	180	301	152	18145,84	0,00546	12,409	2,272	300,33	30.624,8	168,77	94%	TIPO 4/88%		
MC 11				6-ene.-25	17		304	152	18145,84	0,00552	12,863	2,241	308,65	31.473,6	173,45	96%	TIPO 4/88%		
MC 12				6-ene.-25	17		303	153	18385,39	0,00557	12,483	2,241	316,48	32.272,1	175,53	98%	TIPO 4/88%		
MC 13	MURO DE CONTENCIÓN H. C CERRO AZUL	PANTALLA 2	21-dic.-24	6-ene.-25	16	180	303	152	18145,84	0,00550	12,419	2,259	302,31	30.826,7	169,88	94%	TIPO 4/87%		
MC 14				6-ene.-25	16		302	152	18145,84	0,00548	12,319	2,248	304,02	31.001,1	170,84	95%	TIPO 3/87%		
MC 15				6-ene.-25	16		301	152	18145,84	0,00546	12,373	2,265	293,64	29.943,3	165,01	92%	TIPO 3/87%		
MC 16	MURO DE CONTENCIÓN H. C J. CARRIÓN	CIMENTACIÓN	23-dic.-24	6-ene.-25	14	180	302	151	17907,86	0,00541	12,266	2,268	281,29	28.683,7	160,17	89%	TIPO 4/85%		
MC 17				6-ene.-25	14		303	151	17907,86	0,00543	12,153	2,240	278,26	28.374,7	158,45	88%	TIPO 3/85%		
MC 18				6-ene.-25	14		302	152	18145,84	0,00548	12,293	2,243	286,32	29.196,5	160,90	89%	TIPO 5/85%		



ENSAYADO POR:

Lab. V. Enríquez/J. Ronquillo
LABORATORISTA GAD-MT

REVISADO POR:

Ing. Tatiana Laines
FISCALIZADORA GAD-MT

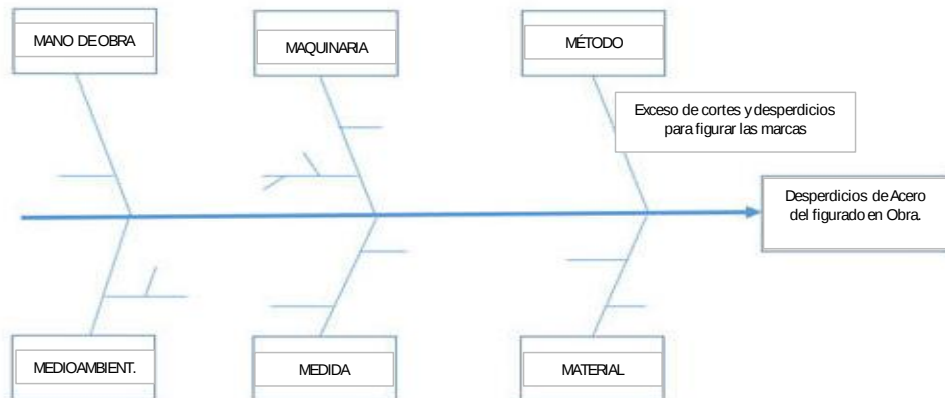
APROBADO POR:

Ing. Verónica Fustala
DIRECCION DE FISCALIZACIÓN GAD-MT

Anexo 6. Diagrama de Ishikawa – Acero de Refuerzo.

TRATAMIENTO DE NO CONFORMIDADES Y OPORTUNIDADES DE MEJORA	
---	--

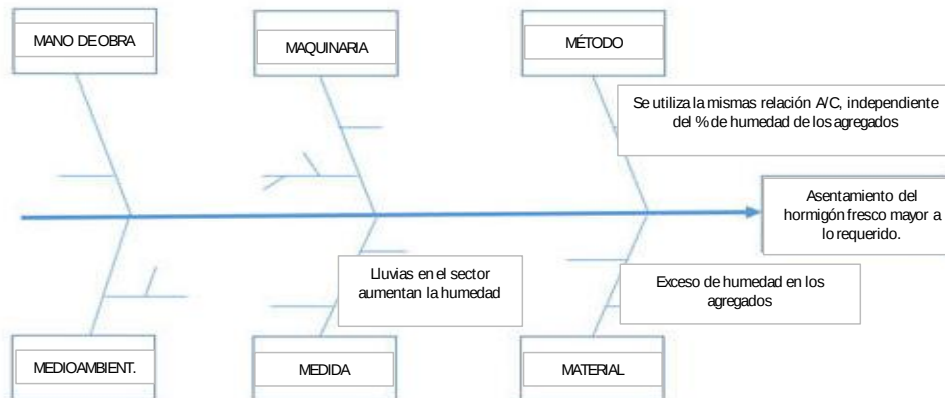
FECHA	SEMANA 1
ESTANDAR DE CALIDAD	Especificación Técnica
REQUISITO	GADMT-2: ACERO DE REFUERZO
NO CONF./OP. MEJORA	Oportunidad de mejora: Desperdicios de Acero del figurado en Obra.

DIAGRAMA ISHIKAWA		5 PORQUES	RESPUESTA
			
ACCIONES CORRECTIVAS		- Se solicita a la Fábrica se realice el figurado de acuerdo a las marcas requeridas según planos estructurales.	

PERSONAL QUE HIZO EL ANÁLISIS	FIRMA
Ing. Henry Aveiga	

Anexo 7. Diagrama de Ishikawa – Hormigón simple 210kg/cm²

TRATAMIENTO DE NO CONFORMIDADES Y OPORTUNIDADES DE MEJORA	
FECHA	SEMANA 2
ESTANDAR DE CALIDAD	Especificación Técnica
REQUISITO	GADMT-214: Hormigón simple 210 kg/cm ² + Encofrado
NO CONF./OP. MEJORA	No conformidad: Asentamiento del hormigón fresco mayor a lo requerido

DIAGRAMA ISHIKAWA	5 PORQUES	RESPUESTA
		
ACCIONES CORRECTIVAS	- Se tapan los agregados mediante lonas para evitar la incidencia de la lluvia. - Se controla el asentamiento del hormigón mediante el Cono de Abrams (asentamiento debe ser entre 5 cm a 15 cm)	

PERSONAL QUE HIZO EL ANÁLISIS	FIRMA
Ing. Henry Aveiga	

Anexo 8. Diagrama de Ishikawa – Relleno compactado

TRATAMIENTO DE NO CONFORMIDADES Y OPORTUNIDADES DE MEJORA	
FECHA	SEMANA 3
ESTANDAR DE CALIDAD	Especificación Técnica
REQUISITO	GADMT-115: Relleno compactado
NO CONF./OP. MEJORA	No conformidad: Espesores de compactación mayores a 20 cm

DIAGRAMA ISHIKAWA	5 PORQUES	RESPUESTA
ACCIONES CORRECTIVAS	- Capacitación al personal sobre la importancia y el método para compactar las capas cada 20 cm. - Revisión periódica de los espesores a ser compactados	

PERSONAL QUE HIZO EL ANÁLISIS	FIRMA
Ing. Henry Aveiga	

Anexo 9. Lista de verificación – Muro calle Cerro Azul y Catamayo

LISTA DE VERIFICACIÓN							
OBJETO/No DE CONTRATO	Construcción de muros de contención						
FECHA	SEMANA 3						
ENTREGABLE	Muro Calle Cerro Azul y Catamayo						

RUBRO	ID	U	ESTANDAR DE CALIDAD	REQUISITO	EVIDENCIA	CUMPLE/NO CUMPLE	OBSERVACIONES
EXCAVACIÓN MANUAL OBRAS SUPERFICIALES	GADMT-50	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	
REPLANTILLO Fc = 140 kg/cm2	GADMT-122	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	
H. CICLOPEO Fc= 180 Kg/cm2 + ENCOFRADO	GADMT-55	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	
HORMIGON SIMPLE 210 Kg/cm2 + ENCOFRADO	GADMT-214	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo, ensayos de cilindros de hormigón, certificado de conformidad del cemento	CUMPLE	
ACERO DE REFUERZO	GADMT-2	kg	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo, certificado de conformidad del acero	CUMPLE	Se disminuye el desperdicio, solicitando al fabricante el acero figurado de acuerdo a plano estructural
RELLENO GRANULAR COMPACTADO	GADMT-118	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	Se corrige la práctica de compactación en capas mayores a 20 cm
PERSONAL QUE HIZO LA REVISIÓN					FIRMA		
Ing. Rubén Cabrera							

Anexo 10. Lista de verificación – Muro calle Jerónimo Carrión.

LISTA DE VERIFICACIÓN							
OBJETO/No DE CONTRATO	Construcción de muros de contención						
FECHA	SEMANA 5						
ENTREGABLE	Muro Calle Jerónimo Carrión						
RUBRO	ID	U	ESTANDAR DE CALIDAD	REQUISITO	EVIDENCIA	CUMPLE/NO CUMPLE	OBSERVACIONES
EXCAVACIÓN MANUAL OBRAS SUPERFICIALES	GADMT-50	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	
REPLANTILLO Fc = 140 kg/cm2	GADMT-122	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	
H. CLOPEO Fc= 180 Kg/cm2 + ENCOFRADO	GADMT-55	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	
RELLENO COMPACTADO	GADMT-115	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	Se corrige la práctica de compactación en capas mayores a 20 cm
CONFORMACIÓN DE TALUD A MANO	GADMT-32	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	
ESTABILIZACIÓN DE TALUD CON GEOMALLA Y GEOMANTA	GADMT-377	m2	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	
PERSONAL QUE HIZO LA REVISIÓN					FIRMA		
Ing. Rubén Cabrera							

Anexo 11. Lista de verificación – Muro calle Juan José Flores

LISTA DE VERIFICACIÓN							
OBJETO/No DE CONTRATO	Construcción de muros de contención						
FECHA	SEMANA 4						
ENTREGABLE	Muro Calle Juan José Flores						
RUBRO	ID	U	ESTANDAR DE CALIDAD	REQUISITO	EVIDENCIA	CUMPLE/NO CUMPLE	OBSERVACIONES
EXCAVACIÓN MANUAL OBRAS SUPERFICIALES	GADMT-50	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	
REPLANTILLO Fc = 140 kg/cm2	GADMT-122	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	
H. CLOPEO Fc= 180 Kg/cm2 + ENCOFRADO	GADMT-55	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	
RELLENO GRANULAR COMPACTADO	GADMT-118	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	Se corrige la práctica de compactación en capas mayores a 20 cm
PERSONAL QUE HIZO LA REVISIÓN					FIRMA		
Ing. Rubén Cabrera							

Anexo 12. Lista de verificación – Muro calle Cerro Azul y Catamayo

LISTA DE VERIFICACIÓN							
OBJETO/No DE CONTRATO	Construcción de muros de contención						
FECHA	SEMANA 6						
ENTREGABLE	Muro Calle Cerro Azul y Catamayo						
RUBRO	ID	U	ESTANDAR DE CALIDAD	REQUISITO	EVIDENCIA	CUMPLE/NO CUMPLE	OBSERVACIONES
EXCAVACIÓN MANUAL OBRAS SUPERFICIALES	GADMT-50	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	
REPLANTILLO Fc = 140 kg/cm2	GADMT-122	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	
H. CLOPEO Fc= 180 Kg/cm2 + ENCOFRADO	GADMT-55	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	
RELLENO GRANULAR COMPACTADO	GADMT-118	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	Se corrige la práctica de compactación en capas mayores a 20 cm
PERSONAL QUE HIZO LA REVISIÓN					FIRMA		
Ing. Rubén Cabrera							

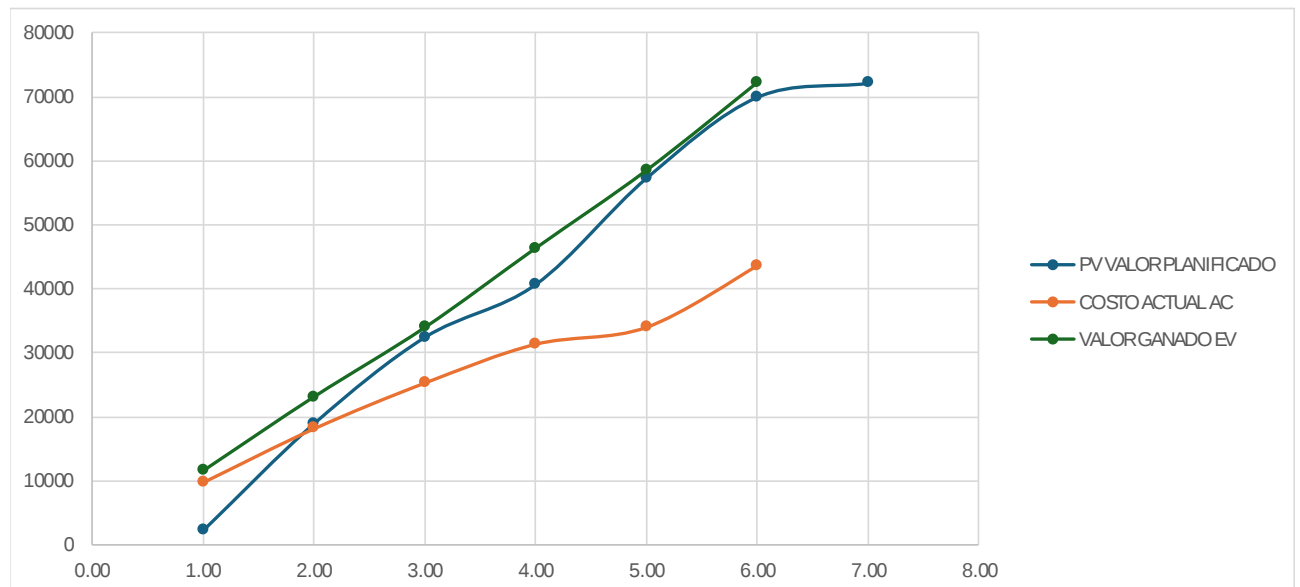
Anexo 13. Lista de verificación – Muro Av. Andrés Bello

LISTA DE VERIFICACIÓN							
OBJETO/No DE CONTRATO	Construcción de muros de contención						
FECHA	SEMANA 7						
ENTREGABLE	Muro Av. Andrés Bello						

RUBRO	ID	U	ESTANDAR DE CALIDAD	REQUISITO	EVIDENCIA	CUMPLE/NO CUMPLE	OBSERVACIONES
EXCAVACION A MAQUINA	GADMT-157	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	
REPLANTILLO $F_c = 140 \text{ kg/cm}^2$	GADMT-122	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	
SUB-BASE CLASE 3 / COMPACTADOR MECANICO INCL. TRANSPORTE	GADMT-397	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	
HORMIGON SIMPLE $210 \text{ Kg/cm}^2 +$ ENCOFRADO	GADMT-214	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo, ensayos de cilindros de hormigón, certificado de conformidad del cemento	CUMPLE	
ACERO DE REFUERZO	GADMT-2	kg	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo, certificado de conformidad del acero	CUMPLE	Se disminuye el desperdicio, solicitando al fabricante el acero figurado de acuerdo a plano estructural
RELLENO SUELO NATURAL COMPACTADO	GADMT-115	m3	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	Especificaciones	Control del proceso constructivo	CUMPLE	Se corrige la práctica de compactación en capas mayores a 20 cm
PERSONAL QUE HIZO LA REVISIÓN					FIRMA		
Ing. Rubén Cabrera							

Anexo 14. Metodología del Valor Ganado

	1797.27	13760.49	11112.78	6839.85	13736.05	10431.23	1796.92
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7
PV parcial	2181.99	16719.17	13505.88	8274.67	16643.38	12657.46	2175.2
PV(presupuesto referencial)	2181.99	18901.16	32407.04	40681.71	57325.09	69982.55	72157.75
AC(parcial)	11572.5	11570	11580	11567.48	8620	17247.77	
AC(planillado)	9836.625	18195.6313	25309.2866	31345.2516	33970.4638	43535.4988	
% avance obra	16%	32%	47%	64%	81%	100%	
EV(avance real de obra)	11545.24	23090.48	33914.1425	46296.4124	58447.7775	72157.75	
CV (variacion del costo)	1708.615	4894.84875	8604.85594	14951.1608	24477.3137	28622.2512	
	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	
CPI(Indice de desp. Costos)	1.17	1.27	1.34	1.48	1.72	1.66	
	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	
SV (var. Del cronograma)	9363.25	4189.32	1507.1025	5614.7024	1122.6875	2175.2	
	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	
SPI(Indice de desemp. Cronogr.)	5.29	1.22	1.05	1.14	1.02	1.03	
	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	BIEN	



Anexo 15. Cronograma valorado de ejecución de obra.

							SEMANAS (45 DÍAS)						
COD	No	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	PRECIO UNITARIO	TOTAL	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7
C	0	MURO CALLE CERRO AZUL Y CATAMAYO				\$10.399,89							
R	1	Excavación manual obras superficiales	m³	6,5	\$ 7,82	\$ 50,83	100%						
R	2	Replanto F'c = 140 kg/cm²	m³	3,1	\$ 145,18	\$ 450,06	100%						
R	3	H, ciclópeo F'c= 180 Kg/cm² + Encofrado	m³	39	\$ 139,40	\$ 5.436,60	20%	80%					
R	4	Hormigón simple 210 Kg/cm² + Encofrado	m³	3	\$ 223,66	\$ 670,98		100%					
R	5	Acero de refuerzo	kg	585	\$ 2,03	\$ 1.187,55	50%	50%					
R	6	Relleno granular compactado	m³	82,5	\$ 26,09	\$ 2.152,43			100%				
R	7	Vereda perimetral escobada	m²	28	\$ 15,37	\$ 430,36			100%				
R	8	Michinal tubo PVC 2"	m	9,5	\$ 2,22	\$ 21,09		100%					
C	9	MURO CALLE JERÓNIMO CARRIÓN				\$23.990,77							
R	10	Excavación manual obras superficiales	m³	141	\$ 7,82	\$ 1.102,62		100%					
R	11	Replanto F'c = 140 kg/cm²	m³	6,5	\$ 145,18	\$ 943,67		100%					
R	12	H, ciclópeo F'c= 180 Kg/cm²+ Encofrado	m³	115	\$ 139,40	\$16.031,00		50%	50%				
R	13	Desalojo con volqueta cargado mecánico	m³	141	\$ 7,25	\$ 1.022,25		100%					
R	14	Relleno compactado	m³	80	\$ 7,04	\$ 563,20			100%				
R	15	Conformación de talud a mano	m³	55,8	\$ 10,43	\$ 581,99				100%			
R	16	Estabilización de talud con geomalla	m²	372	\$ 10,07	\$ 3.746,04					100%		

							SEMANAS (45 DÍAS)						
COD	No	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	PRECIO UNITARIO	TOTAL	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7
		y geomanta											
C	17	MURO CALLE JUAN JOSÉ FLORES				\$ 4.780,56							
R	18	Excavación manual obras superficiales	m ³	31,5	\$ 7,82	\$ 246,33			100%				
R	19	Replanto F'c = 140 kg/cm ²	m ³	1,1	\$ 145,18	\$ 159,70			100%				
R	20	H, ciclópeo F'c= 180 Kg/cm ² + Encofrado	m ³	26,25	\$ 139,40	\$ 3.659,25			50%	50%			
R	21	Desalojo con volqueta cargado mecánico	m ³	15	\$ 7,25	\$ 108,75			100%				
R	22	Relleno granular compactado	m ³	15	\$ 26,09	\$ 391,35				100%			
R	23	Vereda perimetral escobada	m ²	14	\$ 15,37	\$ 215,18				100%			
C	24	MURO CALLE CERRO AZUL Y COTOCOLLAO				\$10.909,13							
R	25	Excavación manual obras superficiales	m ³	99,5	\$ 7,82	\$ 778,09				100%			
R	26	Replanto F'c = 140 kg/cm ²	m ³	2,3	\$ 145,18	\$ 333,91				100%			
R	27	H, ciclópeo F'c= 180 Kg/cm ² + Encofrado	m ³	56,25	\$ 139,40	\$ 7.841,25				20%	80%		
R	28	Desalojo con volqueta cargado mecánico	m ³	99,5	\$ 7,25	\$ 721,38				100%			
R	29	Relleno granular compactado	m ³	32	\$ 26,09	\$ 834,88					50%	50%	
R	30	Vereda perimetral escobada	m ²	26	\$ 15,37	\$ 399,62						100%	
C	31	MURO AV, ANDRÉS BELLO				\$22.077,40							
R	32	Excavación a maquina	m ³	80	\$ 3,78	\$ 302,40				100%			

							SEMANAS (45 DÍAS)						
COD	No	DESCRIPCIÓN	UNID	CANT	PRECIO UNITARIO	TOTAL	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7
R	33	Hormigón simple 210 Kg/cm ² + Encofrado	m ³	50	\$ 223,66	\$11.183,00						100%	
R	34	Desalojo con volqueta cargado mecánico	m ³	60	\$ 7,25	\$ 435,00				100%			
R	35	Replanto H.S F'c=140 kg/cm ²	m ³	5	\$ 145,18	\$ 725,90					100%		
R	36	Sub-base clase 3/compactador mecánico incl., transporte	m ³	25	\$ 44,70	\$ 1.117,50				100%			
R	37	Relleno suelo natural compactado	m ³	75	\$ 7,04	\$ 528,00							100%
R	38	Acero de refuerzo	kg	3000	\$ 2,03	\$ 6.090,00					90%	10%	
R	39	Michinal tubo PVC 3"	m	10	\$ 4,84	\$ 48,40						100%	
R	40	Relleno con ripio triturado (filtro)	m ³	30	\$ 25,81	\$ 774,30							100%
R	41	Geodren con tubería de drenaje 160mm	m	35	\$ 24,94	\$ 872,90							100%

MONTO PARCIAL DEL PROYECTO:	\$2.181,99	\$16.719,17	\$13.505,88	\$ 8.274,67	\$16.643,3	\$12.657,46	\$ 2.175,20
PORCENTAJE PARCIAL DEL PROYECTO:	3,02%	23,17%	18,72%	11,47%	23,07%	17,54%	3,01%
MONTO ACUMULADO DEL PROYECTO:	\$2.181,99	\$18.901,16	\$32.407,04	\$40.681,71	\$57.325,0	\$69.982,55	\$72.157,75
PORCENTAJE ACUMULADO DEL PROYECTO:	3,02%	26,19%	44,91%	56,38%	79,45%	96,99%	100%

Anexo 16. Cronograma de uso de insumos

No	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL (\$)	SEMANA 1		SEMANA 2		SEMANA 3		SEMANA 4		SEMANA 5		SEMANA 6		SEMANA 7	
						CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)
1	Cemento	kg	73.436,5	0,16	11.749,84	2.525,7	404,11	20.917,20	3.346,75	15.053,52	2.408,56	5.869,08	939,05	10.590	1.694,40	18.481	2.956,96	-	
2	Clavos	kg	10,60	1,53	16,22	-		0,60	0,92	-		-		-		10,00	15,30	-	
3	Tubo PVC 2"	u	9,98	1,30	2,97	-		9,98	12,97	-		-		-		-		-	
4	Sub base clase 3	m³	30,00	6,50	195,00	-		-		-		30,00	195,00	-		-		-	
5	Lastre	m³	155,40	10,00	1.554,0	-		-		99,00	990,00	18,00	180,00	19,20	192,00	19,20	192,00	-	
6	Polvo de piedra	m³	106,66	21,25	2.266,53	5,06	107,46	38,82	824,88	29,38	624,30	11,56	245,68	20,80	442,00	1,04	22,10	-	
7	Tubería de PVC D =160 MM	ml	35,00	6,90	241,50	-		-		-		-		-		-		35,00	241,50
8	Ripio triturado	m³	185,98	18,00	3.347,64	7,39	133,04	56,73	1.021,21	42,98	773,66	16,92	304,54	30,40	547,20	1,56	28,08	30,00	540,00
9	Agua	m³	71,74	0,30	21,52	2,54	0,76	22,62	6,79	17,07	5,12	6,44	1,93	11,55	3,46	11,52	3,46	-	
10	Alambre galvanizado #18	kg	179,25	2,15	385,39	14,62	31,44	14,62	31,44	-		-		135,00	290,25	15,00	32,25	-	
11	Tabla de encofrado	u	751,66	2,55	1.916,73	23,40	59,67	266,10	678,56	229,24	584,55	81,80	208,60	135,00	344,25	16,12	41,11	-	
12	Clavos de 1 1/2" - 2"	kg	47,30	2,27	107,37	1,56	3,54	17,74	40,27	14,12	32,06	4,88	11,07	9,00	20,43	-		-	
13	Tubo PVC 75 mm * 3 m	u	3,33	10,75	35,80	-		-		-		-		-		3,33	35,84	-	
14	Pingos EUC. D=10cm*3 m	u	473,00	1,00	473,00	15,60	15,60	177,40	177,40	141,25	141,25	48,75	48,75	90,00	90,00	-		-	
15	Pingos	m	159,00	1,10	174,90	-		9,00	9,90	-		-		-		150,00	165,00	-	
16	Piedra de cantera	m³	94,60	13,75	1.300,75	3,12	42,90	35,48	487,85	28,25	388,44	9,75	134,06	18,00	247,50	-		-	
17	Costanera	u	473,00	1,55	733,15	15,60	24,18	177,40	274,97	141,25	218,94	48,75	75,56	90,00	139,50	-		-	
18	Acero estructural	kg	3.764,25	1,16	4.366,53	307,12	356,26	307,12	356,26	-		-		2.835,0	3.288,60	315,00	365,40	-	
19	Polvo de piedra A-	m³	34,45	14,00	482,30	-		1,95	27,30	-		-		-		32,50	455,00	-	
20	Ripio triturado A-	m³	50,35	14,00	704,90	-		2,85	39,90	-		-		-		47,50	665,00	-	
21	Tabla de monte	u	159,00	2,50	397,50	-		9,00	22,50	-		-		-		150,00	375,00	-	
22	Alfajía.	u	106,00	0,80	84,80	-		6,00	4,80	-		-		-		100,00	80,00	-	
23	Geotextil NT 2500	m²	105,00	1,15	120,75	-		-		-		-		-		-		105,00	120,75

						SEMANA 1		SEMANA 2		SEMANA 3		SEMANA 4		SEMANA 5		SEMANA 6		SEMANA 7	
No	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)
24	Geomanto Antierosivo (2 m x 50)	m²	390,60	4,13	1.613,18	-		-		-		-		390,60	1.613,18	-		-	
25	Geomalla Extruida biaxial	m²	390,60	0,89	347,63	-		-		-		-		390,60	347,63	-		-	
26	Alambre de amarre e=3,2 mm.	kg	37,20	4,03	149,92	-		-		-		-		37,20	149,92	-		-	
27	Cortadora dobladora de hierro	hora	53,78	3,00	161,34	4,39	13,16	4,39	13,16	-		-		40,50	121,50	4,50	13,50	-	
28	Vibrador	hora	61,32	2,80	171,70	-		3,47	9,72	-		-		-		57,85	161,98	-	
29	Volqueta 8 m³	hora	37,86	27,00	1.022,22	-		16,92	456,84	1,80	48,60	19,14	516,78	-		-		-	
30	Herramienta menor	hora	930,33	0,38	353,53	21,47	8,16	210,26	79,90	184,17	69,99	180,96	68,76	197,18	74,93	73,95	28,10	62,34	23,69
31	Retroexcavadora	hora	19,02	30,00	570,60	-		5,64	169,20	0,60	18,00	12,78	383,40	-		-		-	
32	Concretera de 1 saco	hora	386,55	3,15	1.217,63	12,42	39,13	117,56	370,32	95,39	300,48	36,04	113,52	59,49	187,39	65,65	206,80	-	
33	Compactador mecánico	hora	132,02	3,20	422,46	-		-		71,73	229,52	14,00	44,80	9,60	30,72	9,60	30,72	27,09	86,70
34	Cemento	kg	54.356,5	-	-	2.525,7		19.837,2		15.053,52		5.869,08		10.590		481,00		-	
35	Polvo de piedra A-	m³	34,45	0,23	728,96	-		1,95	41,26	-		-		-		32,50	687,70	-	
36	Ripio triturado A-	m³	50,35	0,23	1.065,41	-		2,85	60,31	-		-		-		47,50	1.005,10	-	
37	Sub base clase 3	m³	30,00	0,23	634,80	-		-		-		30,00	634,80	-		-		-	
38	Ayudante de maquinaria (Estr.Oc D2)	hora	19,02	4,26	81,03	-		5,64	24,03	0,60	2,56	12,78	54,44	-		-		-	
39	Operador de retroexcavadora (Estr.Oc C1)	hora	19,02	4,65	88,44	-		5,64	26,23	0,60	2,79	12,78	59,43	-		-		-	
40	Ayudante	hora	27,09	4,14	112,15	-		-		-		-		-		-		27,09	112,16
41	Chofer E (Estr.Oc. C1)	hora	37,86	6,08	230,19	-		16,92	102,87	1,80	10,94	19,14	116,37	-		-		-	
42	Albañil (Estr. Oc D2)	hora	956,85	4,19	4.009,2	24,74	103,64	236,46	990,78	212,02	888,35	81,73	342,47	192,75	807,62	166,15	696,17	43,00	180,17

						SEMANA 1		SEMANA 2		SEMANA 3		SEMANA 4		SEMANA 5		SEMANA 6		SEMANA 7	
No	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)
43	Peón (Estr. Oc. E2)	hora	3.211,93	4,14	13.297,39	80,37	332,72	832,28	3.445,66	714,55	2.958,22	485,90	2.011,63	532,20	2.203,31	450,95	1.866,93	115,68	478,93
44	Fierrero- instalador (estr. oc. d2)	hora	107,55	4,19	450,63	8,78	36,77	8,78	36,77	-		-		81,00	339,39	9,00	37,71	-	
45	Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estr. Oc. C1)	hora	442,38	4,65	2.057,07	18,22	84,71	122,32	568,79	89,56	416,45	32,09	149,21	120,62	560,86	56,78	264,03	2,80	13,02
				TOTAL	59.474,57		1.797,27		13.760,49		11.112,78		6.839,85		13.736,05		10.431,23		1.796,92

Anexo 17. Cronograma de uso de equipo y herramienta.

						SEMANA 1		SEMANA 2		SEMANA 3		SEMANA 4		SEMANA 5		SEMANA 6		SEMANA 7	
No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	HORAS-MAQUINA	TARIFA (\$)	COSTO TOTAL (\$)	HORAS-MÁQUINA	COSTO TOTAL (\$)	HORAS-MÁQUINA	COSTO TOTAL (\$)	HORAS-MÁQUINA	COSTO TOTAL (\$)	HORAS-MÁQUINA	COSTO TOTAL (\$)	HORAS-MÁQUINA	COSTO TOTAL (\$)	HORAS-MÁQUINA	COSTO TOTAL (\$)	HORAS-MÁQUINA	COSTO TOTAL (\$)
1	Cortadora dobladora de hierro	hora	53,78	3,00	161,32	4,39	13,16	4,39	13,16	0,00		0,00		40,50	121,50	4,50	13,50	0,00	
2	Vibrador	hora	61,32	2,80	171,70	0,00		3,47	9,72	0,00		0,00		0,00		57,85	161,98	0,00	
3	Volqueta 8 m3	hora	37,86	27,00	1022,22	0,00		16,92	456,84	1,80	48,60	19,14	516,78	0,00		0,00		0,00	
4	Herramienta menor	hora	930,33	0,38	353,52	21,47	8,16	210,26	79,90	184,17	69,99	180,96	68,76	197,18	74,93	73,95	28,10	62,34	23,69
5	Retroexcavadora	hora	19,02	30,00	570,60	0,00		5,64	169,20	0,60	18,00	12,78	383,40	0,00		0,00		0,00	
6	Concretera de 1 saco	hora	386,55	3,15	1217,64	12,42	39,13	117,56	370,32	95,39	300,48	36,04	113,52	59,49	187,39	65,65	206,80	0,00	
7	Compactador mecánico	hora	132,02	3,20	422,46	0,00		0,00		71,73	229,52	14,00	44,80	9,60	30,72	9,60	30,72	27,09	86,70
				TOTAL	3919,46		60,45		1099,14		666,59		1127,26		414,54		441,10		110,39

Anexo 18. Cronograma de uso de mano de obra.

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	HORAS-HOMBRE	SALARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)	SEMANA 1		SEMANA 2		SEMANA 3		SEMANA 4		SEMANA 5		SEMANA 6		SEMANA 7	
						HORAS-HOMBRE	COSTO TOTAL (\$)	HORAS-HOMBRE	COSTO TOTAL (\$)	HORAS-HOMBRE	COSTO TOTAL (\$)	HORAS-HOMBRE	COSTO TOTAL (\$)	HORAS-HOMBRE	COSTO TOTAL (\$)	HORAS-HOMBRE	COSTO TOTAL (\$)	HORAS-HOMBRE	COSTO TOTAL (\$)
1	Ayudante de maquinaria (Estr, Oc D2)	hora	19,02	4,26	81,03	0		5,64	24,03	0,6	2,56	12,78	54,44	0		0		0	
2	Operador de retroexcavadora (Estr, Oc C1)	hora	19,02	4,65	88,44	0		5,64	26,23	0,6	2,79	12,78	59,43	0		0		0	
3	Ayudante	hora	27,09	4,14	112,16	0		0		0		0		0		0		27,09	112,16
4	Chofer E (Estr, Oc, C1)	hora	37,86	6,08	230,19	0		16,92	102,87	1,8	10,94	19,14	116,37	0		0		0	
5	Albañil (Estr, Oc D2).	hora	956,85	4,19	4009,2	24,74	103,64	236,46	990,78	212,02	888,35	81,73	342,47	192,75	807,62	166,15	696,17	43	180,17
6	Peon (Estr, Oc, E2).	hora	3211,93	4,14	13297,4	80,37	332,72	832,28	3445,66	714,55	2958,22	485,9	2011,63	532,2	2203,31	450,95	1866,93	115,68	478,93
7	Fierrero- instalador (estr, oc, d2)	hora	107,55	4,19	450,63	8,78	36,77	8,78	36,77	0		0		81	339,39	9	37,71	0	
8	Maestro mayor en ejecución de obras civiles (Estr, Oc, C1)	hora	442,38	4,65	2057,06	18,22	84,71	122,32	568,79	89,56	416,45	32,09	149,21	120,62	560,86	56,78	264,03	2,8	13,02
					TOTAL	20326,1	557,84	5195,11	4279,31	2733,54	3911,19	2864,84	784,29						

Anexo 19. Cronograma de uso de materiales.

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL (\$)	SEMANA 1		SEMANA 2		SEMANA 3		SEMANA 4		SEMANA 5		SEMANA 6		SEMANA 7	
						CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)	CANT	COSTO TOTAL (\$)
1	Cemento	kg	73436,5	0,16	11749,8	2525,7	404,11	20917,2	3346,75	15053,52	2408,56	5869,08	939,05	10590	1694,4	18481	2956,96	0	
2	Clavos	kg	10,6	1,53	16,22	0		0,6	0,92	0		0		0		10	15,3	0	
3	Tubo PVC 2"	u	9,98	1,3	12,97	0		9,98	12,97	0		0		0		0		0	
4	Sub base clase 3	m ³	30	6,5	195	0		0		0		30	195	0		0		0	
5	Lastre	m ³	155,4	10	1554	0		0		99	990	18	180	19,2	192	19,2	192	0	
6	Polvo de piedra	m ³	106,66	21,25	2266,42	5,06	107,46	38,82	824,88	29,38	624,3	11,56	245,68	20,8	442	1,04	22,1	0	
7	Tubería de PVC D =160 mm	ml	35	6,9	241,5	0		0		0		0		0		0		35	241,5
8	Ripio triturado	m ³	185,98	18	3347,73	7,39	133,04	56,73	1021,21	42,98	773,66	16,92	304,54	30,4	547,2	1,56	28,08	30	540
9	Agua	m ³	71,74	0,3	21,52	2,54	0,76	22,62	6,79	17,07	5,12	6,44	1,93	11,55	3,46	11,52	3,46	0	
10	Alambre galvanizado #18	kg	179,25	2,15	385,39	14,62	31,44	14,62	31,44	0		0		135	290,25	15	32,25	0	
11	Tabla de encofrado	u	751,66	2,55	1916,73	23,4	59,67	266,1	678,56	229,24	584,55	81,8	208,6	135	344,25	16,12	41,11	0	
12	Clavos de 1 1/2" - 2"	kg	47,3	2,27	107,37	1,56	3,54	17,74	40,27	14,12	32,06	4,88	11,07	9	20,43	0		0	
13	Tubo PVC 75 mm * 3 m	u	3,33	10,75	35,84	0		0		0		0		0		3,33	35,84	0	
14	Pingos EUC, D=10 cm*3 m	u	473	1	473	15,6	15,6	177,4	177,4	141,25	141,25	48,75	48,75	90	90	0		0	
15	Pingos	m	159	1,1	174,9	0		9	9,9	0		0		0		150	165	0	
16	Piedra de cantera	m ³	94,6	13,75	1300,75	3,12	42,9	35,48	487,85	28,25	388,44	9,75	134,06	18	247,5	0		0	
17	Costanera	u	473	1,55	733,15	15,6	24,18	177,4	274,97	141,25	218,94	48,75	75,56	90	139,5	0		0	
18	Acero estructural	kg	3764,25	1,16	4366,53	307,12	356,26	307,12	356,26	0		0		2835	3288,6	315	365,4	0	
19	Polvo de piedra A	m ³	34,45	14	482,3	0		1,95	27,3	0		0		0		32,5	455	0	
20	Ripio triturado A	m ³	50,35	14	704,9	0		2,85	39,9	0		0		0		47,5	665	0	
21	Tabla de monte	u	159	2,5	397,5	0		9	22,5	0		0		0		150	375	0	
22	Alfajía	u	106	0,8	84,8	0		6	4,8	0		0		0		100	80	0	
23	Geotextil NT 2500	m ²	105	1,15	120,75	0		0		0		0		0		0		105	120,75
24	Geomanta Antierosivo (2 m x 50)	m ²	390,6	4,13	1613,18	0		0		0		0		390,6	1613,18	0		0	
25	Geomalla Extruida biaxial	m ²	390,6	0,89	347,63	0		0		0		0		390,6	347,63	0		0	
26	Alambre de amarre e=3.2 mm	kg	37,2	4,03	149,92	0		0		0		0		37,2	149,92	0		0	
TOTAL					32799,8		1178,97		7364,67		6166,88		2344,24		9410,32		5432,49		902,25