



**Evaluación de costos, programación y uso de herramientas computacionales en la
reconstrucción de una vía de alta operatividad**

Libardo González Quintero

Informe de práctica presentado para optar al título de Ingeniero Civil

Asesor

Daniel Esteban Naranjo González, Ingeniero Sanitario

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Civil
Medellín, Antioquia, Colombia
2024

Cita	(González Quintero, 2024)
Referencia	(González Quintero, 2024). <i>Evaluación de costos, programación y uso de herramientas computacionales en la reconstrucción de una vía de alta operatividad</i> . [Informe de práctica]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Agradecimientos.

En primer lugar, quiero agradecer a Dios y a mi familia por su apoyo incondicional y comprensión durante mi etapa académica. Agradezco a la Universidad de Antioquia y a la Facultad de Ingeniería por brindarme la oportunidad y las herramientas necesarias para culminar mis estudios. Un agradecimiento especial a mis compañeros y profesores que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a dar este gran paso en mi proyecto de vida. A mi asesor, Daniel Naranjo, por su invaluable acompañamiento y dedicación en la realización de este proyecto. Finalmente, agradezco a CONSYCON S.A.S por la oportunidad y confianza de ser parte de su equipo de trabajo.

Tabla de contenido.

Resumen	11
Abstract	12
Introducción	13
1 Planteamiento del problema	14
1.1 Antecedentes.	15
2.1 Factores Técnicos y Constructivos.	16
2.2 Factores Económicos y Financieros.....	16
2.3 Factores climáticos y geológicos.	16
2.4 Factores Administrativos y de Gestión.....	17
2 Justificación.....	17
3 Objetivos	18
3.1 Objetivo general.	18
3.2 Objetivos específicos.....	18
4 Marco teórico	19
4.1 Programación de obra.....	19
4.2 Instagantt.	20
4.3 Presupuesto del proyecto.....	21
4.4 Costos directos.	21
4.5 Costos indirectos.	21
4.6 Quercusoft.	22
4.7 Ejecución del proyecto.....	23
4.8 Comparación con la programación de obra y el presupuesto ejecutado.	23
5 Metodología	23

5.1 Estudios preliminares.	24
5.2 Diseños.	24
5.3 Planos y modelos arquitectónicos.	24
5.4 Elaboración del presupuesto.	24
5.5 Elaboración de la programación de obra.	26
5.6 Supervisión de fase constructiva.	27
5.7 Presupuesto y programación ejecutados.	27
5.8 Comparación entre presupuesto inicial y ejecutado.	28
5.9 Comparación entre programación de obra inicial y ejecutada	28
6 Resultados y Análisis	30
6.1 Estudios preliminares.	30
6.2 Diseños.	31
6.2.1 Carpeta asfáltica.	31
6.2.2 Estructura de cárcamo.	32
6.3 Planos y modelos arquitectónicos.	33
6.3.1 Plano de vía.	33
6.3.2 Modelo de vía, urbanismo y redes hidrosanitarias.	33
6.4 Presupuesto inicial.	35
6.5 Programación de obra inicial.	36
6.5 Supervisión de procesos constructivos.	37
6.5.1 Actividades previas.	37
6.5.2 Jardineras y andenes.	38
6.5.3 Cárcamo.	38
6.5.4 DERB.	39
6.5.5 Pavimentación.	40

6.6 Presupuesto ejecutado.	40
6.7 Comparación entre presupuesto inicial y el ejecutado.	41
6.8 Programación ejecutada.	47
6.9 Comparación entre programación inicial y la ejecutada.	48
7 Conclusiones	52
Referencias	53

Lista de tablas.

Tabla 1. Propiedades geomecánicas del suelo. Fuente: SPT geotecnia.	31
Tabla 2. Consistencia del suelo en la subrasante. Fuente: SPT geotecnia.	31
Tabla 3. Presupuesto inicial. Fuente: Quercusoft.	35
Tabla 4. Presupuesto ejecutado. Fuente: Quercusoft.	41
Tabla 5. Comparación de costos de Obras preliminares. Fuente: Quercusoft.	42
Tabla 6. Comparación de costos CDER. Fuente: Quercusoft.	42
Tabla 7. Comparación de costos Tubería de drenaje. Fuente: Quercusoft.	43
Tabla 8. Comparación de costos de Base. Fuente: Quercusoft.	43
Tabla 9. Comparación de costos Concretos. Fuente: Quercusoft.	44
Tabla 10. Comparación de costos Acero. Fuente: Quercusoft.	45
Tabla 11. Comparación de costos Pavimento. Fuente: Quercusoft.	45
Tabla 12. Costos obras adicionales. Fuente: Quercusoft.	46

Lista de figuras.

Figura 1. Localización de apiques en la vía. Fuente: elaboración propia.	30
Figura 2. Estratos de suelo de la subrasante. Fuente: SPT geotecnia.	30
Figura 3. Estructura de carpeta asfáltica. Fuente: SPT geotecnia.	32
Figura 4. Diseño estructural del cárcamo. Fuente: elaboración propia.	32
Figura 5. Plano geométrico de vía. Fuente: elaboración propia.	33
Figura 6. Detalles constructivos y elementos de vía (sección 1). Fuente: elaboración propia.	34
Figura 7. Detalles constructivos y elementos de vía (sección 2). Fuente: elaboración propia.	34
Figura 8. Detalles constructivos y elementos de cárcamo. Fuente: elaboración propia.	35
Figura 9. señalización y adecuación de botadero. Fuente: elaboración propia.	37
Figura 10. Jardineras y andenes. Fuente: elaboración propia.	38
Figura 11. Demolición de cárcamo actual y construcción del nuevo. Fuente: elaboración propia.	38
Figura 12. Verificación de espesor de base y profundidad de excavación. Fuente: elaboración propia.	39
Figura 13. Verificación de espesores y temperatura de mezcla asfáltica para pavimentación. Fuente: elaboración propia.	40

Lista de gráficos.

Gráfico 1. Programación de obra inicial. Fuente: elaboración propia.....	36
Gráfico 2. Porcentaje de variación entre el presupuesto inicial y el ejecutado. Fuente: elaboración propia.....	41
Gráfico 3. Programación de obra ejecutada. Fuente: elaboración propia.	47
Gráfico 4. Porcentaje de variación del tiempo entre la programación inicial y la ejecutada. Fuente: elaboración propia.	49
Gráfico 5. Porcentaje de avance de la programación inicial y la ejecutada a través del tiempo. Fuente: elaboración propia.	50

Siglas, acrónimos y abreviaturas

ml	Metros lineales
m2	Metros cuadrados.
m3	Metros cúbicos.
cm	Centímetros.
kg	Kilogramos.
glo	Global.
APU	Análisis de precios unitarios.
CDER	Cortes, demoliciones, excavaciones y retiros.
DERB	Demoliciones, excavaciones, retiros e instalación de base.
COP	Pesos colombianos.

Resumen

La presente investigación se centra en planificar y presupuestar la reconstrucción de una vía de acceso a la empresa ARclad en Rionegro, Antioquia, a cargo de la constructora CONSYCON S.A.S., destacando la complejidad debido a la constante operatividad de la empresa y el intenso tráfico de vehículos pesados. El proyecto no solo implica el reemplazo integral de la infraestructura vial, sino también obras adicionales como la incorporación de elementos de urbanismo y obras de drenaje, lo cual subraya la necesidad de una meticulosa gestión y logística para cumplir con los estándares técnicos y de calidad. A través de este caso, se busca identificar las principales causas que afectan los costos y la programación de la obra, haciendo uso de las herramientas computacionales Quercusoft e Instagantt. Para dar solución al problema planteado se obtendrá información antes y durante la ejecución del proyecto para la gestión del presupuesto y la programación. Luego, se aborda la supervisión de la fase constructiva para garantizar el cumplimiento de los estándares técnicos y de calidad. Finalmente, se realiza una fase de evaluación que compara la ejecución real con lo planeado inicialmente. Este enfoque tiene como objetivo minimizar la incertidumbre y maximizar la eficiencia en la reconstrucción de vías en contextos de alta complejidad operativa y logística.

Palabras clave: *presupuesto, programación de obra, análisis de precio de unitario, vías.*

Abstract

This research focuses on planning and budgeting the reconstruction of an access road to the ARclad company in Rionegro, Antioquia, in charge of the construction company CONSYCON S.A.S., highlighting the complexity due to the constant operation of the company and the intense traffic of heavy vehicles. The project involves not only the integral replacement of the road infrastructure, but also additional works such as the incorporation of urban planning elements and drainage works, which underlines the need for meticulous management and logistics to comply with technical and quality standards. Through this case, we seek to identify the main causes that affect the costs and scheduling of the work, making use of the Quercusoft and Instagantt computational tools. To solve the problem, information will be obtained before and during the execution of the project for budget and schedule management. Then, the supervision of the construction phase is addressed to ensure compliance with technical and quality standards. Finally, an evaluation phase is carried out to compare the actual execution with what was initially planned. This approach aims to minimize uncertainty and maximize efficiency in the reconstruction of roads in contexts of high operational and logistical complexity.

Keywords: *budget, work scheduling, unit price analysis, roads.*

Introducción

La elaboración del presupuesto y la programación de obra al inicio de un proyecto ha representado un desafío significativo debido a la necesidad de trabajar con numerosas suposiciones (Gardner et al., 2016). Esta situación se complica aún más en proyectos de construcción de carreteras, donde la información preliminar es escasa y, la incertidumbre es más elevada (Tijanić et al., 2019). Las causas que afectan estos proyectos viales están relacionadas con eventos internos que hacen parte de la gestión propia de la construcción de la obra, como daños mecánicos en los equipos, cambios en las especificaciones técnicas, rendimientos de la mano de obra y falta de personal (Gómez & Orobio, 2015). Por otro lado, están los eventos externos sobre los cuales el constructor no tiene control, como eventos meteorológicos en caso de la lluvia o variabilidad en las propiedades del suelo (Luu et al., 2009). En consecuencia, la gestión eficiente de estos proyectos requiere un enfoque flexible y la integración de herramientas avanzadas de planificación y presupuesto, para ajustar las proyecciones a medida que se obtiene nueva información. Esto permitirá una respuesta más efectiva a las dificultades que se presentan durante la ejecución del proyecto (Gómez & Orobio, 2015).

Considerando lo anterior, se pretende realizar un estudio sobre un proyecto de reconstrucción de una vía ubicada en el municipio de Rionegro, Antioquia, que constituye el acceso a una empresa manufacturera. El tramo de vía consta de una sección recta de 80 m lineales con un ancho transversal de 8,6 m, el cual será intervenido en su totalidad para reemplazo completo de carpeta asfáltica, base y subbase. Por otro lado, se incluirán varias obras adicionales, entre las cuales está la construcción de urbanismo (andenes, jardineras), construcción de obras de drenaje (sumideros, cárcamos), movimientos de tierra para mejoramiento de paisajismo, construcción de paso de redes (eléctricas, datos), entre otras.

Es importante mencionar que el aspecto más complejo del proyecto está relacionado con la elaboración del presupuesto y la programación de la obra, dado que la vía es altamente transitada, opera durante las 24 horas del día y es el único acceso. Además, es importante tener una buena

logística y gestión de los procesos constructivos para cumplir con los estándares técnicos y de calidad.

El estudio consiste inicialmente en abordar la planificación del proyecto haciendo uso de herramientas que permitan mayor efectividad, por lo tanto, sé planteó el uso de los softwares Quercusoft e Instagantt para realizar el presupuesto y la programación de obra. Se realiza un adecuado seguimiento de los procesos constructivos, lo cual permite, que su desarrollo se vincule con lo planificado en la etapa inicial. Finalmente se realiza una evaluación del proyecto, comparando la concepción que se tuvo desde la elaboración del presupuesto y la programación, con lo que se obtendrá realmente al culminar el mismo. También es importante mencionar que la experiencia del contratista en proyectos viales juega un papel importante a la hora de anticiparse a dificultades futuras (Tijanić et al., 2019), por lo que es importante generar todo tipo conocimiento e información que serán útiles para proyectos venideros.

1 Planteamiento del problema

Los proyectos de construcción de vías presentan un nivel de incertidumbre significativamente superior a diferencia de otros, como las construcciones inmobiliarias y la infraestructura estándar. Esto se debe a que existe una mayor familiaridad con la gestión de los procesos constructivos, lo que permite reducir las afectaciones causadas por los eventos internos y externos (Cuellar, 2006). Por ejemplo, en el caso de una edificación, se puede mitigar el efecto de la lluvia mediante la instalación de cubiertas temporales y sistemas de drenaje. Además, los rendimientos de los equipos y la mano de obra suelen tener valores típicos y poca variación, por lo tanto, los riesgos suelen ser menores.

Teniendo en cuenta lo anterior, la reconstrucción de vías en contextos de alta operatividad, como el acceso a instalaciones industriales o zonas con tráfico intenso de vehículos pesados, surgen una serie de desafíos que requieren una planificación detallada y una logística rigurosa. Estos proyectos no solo deben considerar los aspectos técnicos de la construcción, sino también

minimizar las interrupciones en las actividades cotidianas y garantizar la seguridad tanto de los trabajadores como de los usuarios de la vía (Brusselsaers et al., 2024). Estas consideraciones tienen gran influencia en la elaboración del presupuesto y la programación de la obra, por lo que es necesario contemplarlas minuciosamente en la etapa inicial de planificación y durante la ejecución del proyecto.

Por lo tanto, se busca identificar las principales causas que afectan los costos y la programación de proyectos de carreteras cuando se desarrollan en contextos de alto tráfico de vehículos pesados. Esta información servirá como base para proyectos relacionados y ayudará a reducir la incertidumbre para las empresas constructoras con poca experiencia que deseen llevar a cabo un proyecto vial de este tipo. Además, se implementarán herramientas computacionales como Quercusoft e Instagantt, que permiten una gestión eficiente de la información relacionada con la planificación de proyectos de construcción, en este caso el presupuesto y la programación de obra (Succar, 2009). Por último, será necesario llevar a cabo una supervisión constante de la ejecución de los procesos constructivos para garantizar que se cumplan los estándares técnicos y de calidad definidos en la etapa preliminar del proyecto.

1.1 Antecedentes.

A través de los años la ingeniería ha perfeccionado métodos para lograr la eficiencia y la eficacia en la ejecución de obras mediante diversos procesos constructivos y administrativos. Como resultado, la programación de obras y la gestión de costos han sido objeto de constante estudio y evolución. Este desarrollo se refleja en los manuales disponibles, los cuales se han convertido en herramientas esenciales para las personas que trabajan en actividades constructivas, administrativas y financieras en un proyecto constructivo. Estas actividades están interrelacionadas y son cruciales para asegurar el cumplimiento de los tiempos y plazos del proyecto establecidos en la programación inicial (Burgos & Vela, 2015). No obstante, a pesar de los esfuerzos por hacer una gestión óptima, los proyectos frecuentemente experimentan desviaciones en el presupuesto y la programación. A

continuación, se exponen algunos estudios que exploraron las causas que afectaron ambos aspectos en proyectos de infraestructura vial.

2.1 Factores Técnicos y Constructivos.

Diseños inapropiados que puede ocasionar revisiones frecuentes y alteraciones durante la ejecución del proyecto, incrementando los costos y el cronograma. Se ha evidenciado que los fallos en la fase de diseño constituyen una de las causas principales de excesos de costos y demoras en proyectos de infraestructura vial. De acuerdo con Camelo & Pereira (2015), otras afectaciones técnicas están relacionadas con la maquinaria utilizada, ya que cuando su operación se realiza en entornos viales donde no se puede suspender el tráfico, los rendimientos disminuyen por los reprocesos, cambios de logística y tiempos muertos de operación.

2.2 Factores Económicos y Financieros.

Según Gómez y Orobio (2015), la variabilidad en los costos de materiales de construcción, equipos, maquinaria y mano de obra puede alterar significativamente el presupuesto proyectado. Esto se debe a factores como la inflación y los cambios económicos tanto nacionales como internacionales. Otros elementos que influyen son la insuficiencia de fondos financieros y los retrasos en los desembolsos por parte de la entidad contratante o el contratista, lo que puede detener temporalmente el progreso del proyecto, alterando el cronograma establecido y generar costos adicionales.

2.3 Factores climáticos y geológicos.

Fenómenos meteorológicos extremos, como fuertes lluvias, inundaciones o sequías, pueden suspender las operaciones de construcción de vías. Las estrategias actuales para mitigar estos impactos suelen ser insuficientes y, en ocasiones, pueden resultar contraproducentes al incrementar los costos cuando las soluciones no son efectivas (Nasirzadeh et al., 2008). Adicionalmente, según Mahamid (2013) las características geotécnicas y topográficas del terreno también influyen directamente en la complejidad y costo de las obras. La presencia de condiciones no anticipadas,

como suelos inestables o depósitos subterráneos de agua, puede requerir soluciones técnicas de alto costo.

2.4 Factores Administrativos y de Gestión.

Aunque la fase inicial de planificación es importante, la gestión de la obra debe ser permanente hasta su finalización. De acuerdo con (Shah et al., 2023), para un control eficaz de los costos en la construcción de vías se requiere prácticas rigurosas, como un seguimiento en tiempo real de los gastos en comparación con los avances de obra. La falta de un seguimiento adecuado impide la detección oportuna de falencias y problemas, lo que a su vez disminuye la efectividad de las medidas correctivas. Otro factor administrativo está relacionado con los cambios en el alcance en el proyecto, ya sea por decisiones del cliente, hallazgos inesperados o modificaciones regulatorias, los cuales pueden generar incrementos en los costos y retrasos en el cronograma de la obra (Shah et al., 2023).

Por otro lado, en otros estudios resaltan la importancia del software especializado en la creación de presupuestos y la programación de obra, lo cual ha transformado la gestión de proyectos de construcción. Estas herramientas proporcionan una mayor precisión y eficiencia en la planificación y ejecución de dichos proyectos (Marzouk, Hisham, & Othman, 2018). Programas como Microsoft Project y Building Information Modeling (BIM) han demostrado ser esenciales para gestionar adecuadamente los recursos, tiempos y costos involucrados en los proyectos de infraestructura. Según Georgiadou (2019), el uso de BIM permite integrar y coordinar información entre los diferentes profesionales que actúan en un proyecto de construcción, como ingenieros sanitarios, eléctricos, estructurales, etc. Mediante un modelo digital que refleja el progreso real de todas las partes interesadas.

2 Justificación.

La reconstrucción de infraestructura vial en contextos de alta operatividad y tráfico intenso, como el acceso a instalaciones industriales, representa uno desafíos significativos tanto técnicos

como logísticos y requiere una gestión eficaz de recursos y tiempo. En este escenario, la reconstrucción de la vía de acceso a la empresa ARclad en Rionegro, Antioquia, se convierte en un caso de estudio importante para evaluar el desempeño de herramientas computacionales como Quercusoft e Instagantt. Estas herramientas se emplean en la gestión de costos y programación, permitiendo un mejor control y seguimiento de la ejecución de la obra para proyectos de esta magnitud y complejidad.

La investigación examino los problemas asociados con los sobrecostos y los retrasos en la programación de obra, identificando las principales causas que afectan el cumplimiento de estos factores, al comparar la ejecución real con la planeación inicial. Este trabajo servirá como referencia para futuros proyectos similares, especialmente para las empresas constructoras con poca experiencia en este tipo de obras. Además, contendrá información útil para otros profesionales y académicos en el campo de la construcción de vías.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general.

Determinar las principales causas que afectan los costos y la programación de obra en el proyecto de reconstrucción de un tramo de vía en pavimento flexible, con alta circulación de vehículos de carga pesada.

3.2 Objetivos específicos.

Gestionar eficientemente la planificación y el presupuesto del proyecto mediante el uso de herramientas computacionales como Quercusoft e Instagantt.

Evaluar la calidad y el cumplimiento de los estándares técnicos durante la ejecución del proceso constructivo.

Comparar el presupuesto ejecutado y el comportamiento de la programación con lo propuesto al inicio del proyecto.

4 Marco teórico

En los proyectos de ingeniería se desarrollan dos etapas fundamentales: La planificación y la ejecución. Ambos procesos conllevan la misma importancia, ya que descuidar alguna de ellas podría resultar en sobrecostos, diseños y construcciones deficientes, generando retrasos en la ejecución de las obras (Chou, 2011). La planificación es esencial antes de iniciar la ejecución de un proyecto, dado que esto contribuye significativamente a la reducción de costos y la optimización del tiempo. La responsabilidad de esta etapa recae tanto en el contratista como en la entidad contratante, asegurando así el éxito del proceso (Doloi, 2011).

La planificación es un proceso enfocado en alcanzar resultados. Se fundamenta en tomar decisiones anticipadas enfocadas en responder estas preguntas ¿qué hacer?, ¿cuándo hacerlo?, ¿cómo hacerlo? y quién será responsable de llevar a cabo las acciones necesarias para lograr los objetivos establecidos (Martin & Miller, 1982). Se ha argumentado que la planificación deficiente o poco realista en los proyectos, es la causa principal de problemas y dificultades, implicando pérdidas financieras tanto para el cliente como para el contratista debido a los sobrecostos que se pueden generar (Yang et al. , 2013). Además, según Durdyev et al. (2018) cuando un proyecto se planifica de forma incorrecta, puede enfrentar diversas consecuencias, como: retrasos del proyecto, dificultades en productividad y disminución de calidad.

4.1 Programación de obra.

Para elaborar el cronograma de un proyecto constructivo, es fundamental llevar a cabo tres pasos clave: Inicialmente se identifican las actividades, lo cual implica desglosar y tabular todas las tareas que deben realizarse a lo largo del proyecto. Luego, es necesario generar una secuencia lógica. Esto significa asignar prioridades a cada tarea y determinar qué actividades dependen de otras o pueden desarrollarse simultáneamente. Esta secuenciación ayuda en la organización y

coordinación del proyecto. Por último, es crucial estimar los tiempos. Aquí se define la duración de cada tarea en función de los recursos disponibles para llevarlas a cabo (Burgos & Vela, 2015).

4.2 Instagantt.

Es una herramienta digital para la gestión de proyectos que ofrece una variedad de características diseñadas para su programación y seguimiento. Entre sus funciones más destacadas se encuentran las diversas vistas de proyectos, que incluyen diagramas de Gantt, tablas, Kanban y vistas de carga de trabajo, permitiendo una visualización clara de los cronogramas y el progreso de las actividades (Instagantt, 2021). La capacidad de organizar proyectos en cuadernos de trabajo y secciones hace que la herramienta se adapte en gran medida a la supervisión de proyectos complejos (Instagantt, 2021).

La gestión de tareas en Instagantt se optimiza mediante interfaces intuitivas que permiten la asignación de colores, etiquetas, la programación por arrastre, la definición de dependencias y el establecimiento de prioridades (Instagantt, 2021). La colaboración en tiempo real, la asignación de tareas y el seguimiento en conjunto resaltan la importancia de la comunicación, lo cual es de gran relevancia para la metodología de la gestión de proyectos. Además, las funcionalidades de informes y exportación de datos proporcionan una base para la toma de decisiones basada en evidencia y la presentación de resultados (Instagantt, 2021).

Instagantt presenta ciertas limitaciones que pueden influir en la experiencia del usuario. Entre estas se encuentra la falta de un plan gratuito, lo que puede ser un impedimento para aquellos que buscan una solución a largo plazo sin inversión (Instagantt, 2021). Además, la necesidad de que todos los miembros del equipo cuenten con una suscripción puede incrementar los costos operativos y limitar el acceso a la herramienta (Instagantt, 2021). A pesar de su interfaz intuitiva, algunos usuarios pueden experimentar una curva de aprendizaje más pronunciada si están más familiarizados con otras plataformas (Smith, 2024). Por último, las restricciones en la personalización de funciones pueden no satisfacer las necesidades específicas de todos los proyectos o equipos de trabajo (Smith, 2024).

4.3 Presupuesto del proyecto.

En la evaluación de proyectos un criterio fundamental para la toma de decisiones se enfoca en el presupuesto, pues esto permite obtener una estimación de la prefactibilidad y viabilidad (Ćirilović et al., 2014). Según Muñiz & González. (2009) el presupuesto es una herramienta crucial para la planificación, su función principal es expresar en términos monetarios los ingresos, gastos y recursos para cumplir con los objetivos de un proyecto. Además, Sepúlveda. (2006) menciona que la configuración precisa de un presupuesto en la construcción es crucial para garantizar la rentabilidad y el éxito de una empresa constructora. Un presupuesto inadecuado puede producir pérdidas financieras significativas, debido a errores de cálculo como subestimar o sobreestimar los costos. La elaboración del presupuesto contempla lo siguiente:

4.4 Costos directos.

Se refiere a la suma de todos los gastos que están directamente relacionados con la construcción de la obra. Según Vega & Portillo (2016), la determinación de estos costos se basa en la estimación de la unidad de medida, la cantidad y el valor unitario mediante la realización de los APU y de este modo, calcular lo que cuesta realizar cada actividad. Las cantidades de materiales son calculadas a partir de volúmenes y dimensiones obtenidas de los planos, y la mano de obra se estima de acuerdo con el personal necesario para ejecutar una labor específica. Finalmente, los equipos y herramientas son determinados teniendo en cuenta su tipología y el uso práctico que se les da.

4.5 Costos indirectos.

Son aquellos gastos que no están directamente vinculados a una actividad o ítem específico de la construcción de la obra, pero que son necesarios para el desarrollo y la gestión general del proyecto (Salazar & Suarez, 1977). Esto abarca los costos administrativos, como salarios de gerentes, contadores y personal de oficina. Incluye los gastos generales de la empresa constructora, como el alquiler y los servicios públicos. Pero es muy común que el valor total de los costos indirectos se estime con base a un porcentaje de los costos directos.

4.6 Quercusoft.

Es un software desarrollado para proyectos de construcción que proporciona soluciones eficientes y confiables para la elaboración de presupuestos mediante la realización de los APU. Este software ofrece una variedad de funciones diseñadas para mejorar la planificación y el control de costos del proyecto (Quercusoft, s.f.). Se destaca por su capacidad para crear presupuestos detallados desde cero o utilizando bases de datos preexistentes, permitiendo a los usuarios adaptar y personalizar sus proyectos según las necesidades específicas. Además, facilita la construcción de una base de datos robusta al integrar nueva información o actualizar datos continuamente (Quercusoft, s.f.).

Quercusoft proporciona herramientas avanzadas para el seguimiento del presupuesto, permitiendo comparar costos previstos con los reales y detectar desviaciones a tiempo. También genera informes detallados y personalizados, ofreciendo una visión clara del progreso del proyecto y facilitando la toma de decisiones basada en datos y estadísticas. La herramienta permite a los equipos trabajar juntos de manera efectiva, compartiendo actualizaciones y comentarios en tiempo real, mejorando así la colaboración (Quercusoft, s.f.). Además, se integra con otros sistemas y herramientas utilizadas en la industria de la construcción, mejorando la eficiencia en la transferencia de la información (Quercusoft, s.f.).

Sin embargo, el software presenta algunas limitaciones. La integración con otros sistemas puede no ser perfecta o requerir configuraciones adicionales, lo que podría complicar su implementación en entornos con algunos sistemas (Quercusoft, s.f.). La dependencia del soporte técnico y las actualizaciones continuas puede representar una limitación si el soporte no está disponible en el idioma del usuario o si las actualizaciones no se gestionan adecuadamente (Quercusoft, s.f.). Finalmente, algunas funcionalidades no son completamente personalizables para satisfacer las necesidades específicas de todos los proyectos o equipos, lo que limita su flexibilidad en ciertos contextos (Quercusoft, s.f.).

4.7 Ejecución del proyecto.

La etapa de ejecución del proyecto es una tarea clave dentro de las responsabilidades administrativas, ya que implica la supervisión y control de las actividades planificadas. Consiste en garantizar que la ejecución las actividades se realice conforme a lo indicado en los planos y las especificaciones desde el punto de vista constructivo (Solís, 2004), esto incluye lo definido previamente en el presupuesto y la programación. El principal objetivo del control de obra es determinar qué tan avanzadas están las actividades para lograr las metas establecidas. La supervisión busca detectar y prevenir posibles errores, implementando estrategias correctivas en caso de variaciones significativas (Gitosudarmo, 2014). Finalmente, esto permite comparar qué factores influyeron más negativa o positivamente en la realización del proyecto (Durdyev, 2020).

4.8 Comparación con la programación de obra y el presupuesto ejecutado.

Por último, el análisis comparativo entre el presupuesto y la programación inicial, con respecto a lo ejecutado permitirá evaluar su eficiencia y desempeño. El presupuesto representa la asignación de recursos financieros y temporales planificados al inicio del proyecto, mientras que el presupuesto ejecutado refleja los gastos y el uso real de recursos a lo largo del proceso de construcción (Castro et al., 1988). Según Alegría & Luque. (2014) esta comparación permite evaluar la efectividad financiera y la gestión del tiempo, por lo tanto, es importante llevar un registro detallado de los gastos realizados y compararlos con respecto a los previstos en el presupuesto.

5 Metodología

El presupuesto y la programación de obra son factores muy importantes que están relacionados, donde la importancia de cada uno responde a las particularidades de cada proyecto. Sin embargo, la mayoría de los proyectos centran sus esfuerzos en el presupuesto, pues es así como se obtiene información preliminar de factibilidad y viabilidad (Ćirilović et al, 2014). Para el cumplimiento de los objetivos planteados se tendrán en cuenta los siguientes momentos:

5.1 Estudios preliminares.

Se llevaron a cabo pruebas técnicas como ensayos en campo y en laboratorio para determinar las características físicas y mecánicas de la estructura del pavimento existente y del suelo que subyace en este lugar, así como también las condiciones de humedad.

5.2 Diseños.

Los diseños permitieron proponer diferentes elementos que serán realizados a partir de la información obtenida de los estudios previos. Se especificarán todos los detalles técnicos y constructivos para que cumplan eficientemente con las solicitudes y prestaciones requeridas, además de cumplir con la normativa vigente. Estos diseños pueden contemplar la construcción de ciertas estructuras como el pavimento, redes hidrosanitarias, conexiones de redes eléctricas y datos, urbanismo, cárcamo, muro de contención, etc.

5.3 Planos y modelos arquitectónicos.

En esta fase del trabajo se construyeron las representaciones gráficas de los diseños donde se detalló dimensiones, materiales, texturas, etc. Esto permitirá presentar y comunicar la información de una forma más efectiva en términos técnicos.

Luego se inició la gestión del presupuesto y programación de obra, en donde ambas actividades se desarrollarán de manera simultánea. Además, estas actividades serán realizadas a partir de los diseños y planos arquitectónicos, en donde se ordenará las etapas de ejecución y las especificaciones técnicas del proyecto.

5.4 Elaboración del presupuesto.

En este punto se estimará el costo de la obra. El procesamiento de la información se realizará mediante la herramienta computacional Quercusoft. Este software facilita la generación de las listas y plantillas para determinar los costos directos e indirectos del proyecto. Además, permitirá la realización de los APU, lo cual consiste en un análisis para determinar el valor unitario que cuesta realizar una actividad en una unidad de medida preestablecida (Quercusoft, s.f.).

En primer lugar, se realizó la identificación de todos los ítems de las actividades a realizar con su descripción. Las actividades serán agrupadas en seis grupos generales, que son:

Obras preliminares: este grupo general incluye actividades que se llevarán a cabo al inicio de la obra, como la instalación de la señalización, la marcación topográfica de niveles sobre la vía, y la adecuación de sitios de acopio.

CDER: este grupo general contendrá todas las actividades relacionadas con los cortes de pavimento y concreto, demolición de la carpeta asfáltica, el retiro de los escombros y la excavación de todo el material granular que será reemplazado.

Tubería de drenaje: incluye las actividades relacionadas con las obras hidráulicas, como la instalación de la tubería de drenaje de la vía, filtros y la construcción de sumideros.

Base: se refiere principalmente al suministro e instalación de geotextil, la base y subbase granular.

Concreto: Contempla todas las actividades que requieren estructuras de concreto, como la construcción del cárcamo, las jardineras y andenes.

Acero: Incluye actividades que involucran estructuras reforzadas con acero.

Pavimento: Este grupo comprende las actividades finales del proyecto, como el seriado de la vía, la aplicación de imprimación asfáltica y la pavimentación.

Después de elaborar la lista de todas las actividades de forma agrupada, se les asociará una unidad de medida. Las unidades estarán dadas en metros lineales (ml), metros cuadrados (m²), metros cúbicos (m³), centímetros (cm), días (día), horas (h), kilogramos (kg) y cantidades globales (glo) cuando la actividad se contempla como un todo. Luego, se les asigna las cantidades a las actividades, las cuales son obtenidas de a partir de mediciones obtenidas de planos o realizadas en campo. Finalmente, se realizará un análisis de precios unitarios (APU) para calcular el costo por unidad de cada actividad, que consiste en desglosar cada actividad en sus recursos necesarios, como materiales, mano de obra, equipos, maquinaria y transporte, asignando un costo a cada uno de estos elementos basándose en su cantidad y precio por unidad, para lo cual será necesario estimar los rendimientos del personal, el equipo y la maquinaria, así como sus costos asociados. Al sumar todos estos costos, se obtiene el valor por unidad de la actividad.

5.5 Elaboración de la programación de obra.

Una vez ordenadas las etapas de ejecución y las especificaciones técnicas del proyecto, se elaborará la programación de la ejecución de la obra, lo cual consistirá en realizar un calendario con el conjunto de actividades a desarrollar (Cesar Sánchez, 1997). La herramienta que se implementará para realizar esta programación será Instagantt el cual es una herramienta computacional que se basa en el modelo gráfico de Gantt. Este modelo está constituido por divisiones verticales donde se presentará la escala del tiempo: meses, días, semanas, etc. A su vez estas divisiones se cruzarán con una serie de barras horizontales que se relacionan a la actividad, tarea o proceso. La longitud de estas barras representará la duración en la escala de tiempo (Burgos & Vela, 2015).

Inicialmente, se efectuará un desglose de las actividades principales conforme a los requerimientos constructivos del proyecto. Este incluirá las tareas correspondientes, muchas de las cuales estarán integradas por subtareas:

Actividades previas: contempla tareas como la instalación de la señalización, la marcación topográfica de niveles sobre la vía, y la adecuación de sitios de acopio.

Jardineras y andenes: incluye las tareas de demolición de las jardineras y andenes existentes, la construcción de los nuevos respectivamente y la instalación de cordonería.

Cortes en pavimento: Se refiere a los cortes del pavimento para debilitar sus capacidades estructurales y facilitar el proceso de demolición.

Cárcamo: incluye las tareas de demolición del cárcamo existente y la construcción del nuevo cárcamo. Esta última se subdivide en dos subtareas: construcción del primer y segundo tramo.

DERB: Esta actividad se subdivide en 5 etapas o tareas, que a su vez están conformadas por subtareas relacionadas con reemplazo de la carpeta asfáltica existente y la instalación de la nueva, contempla subtareas como la demolición del pavimento, excavación, instalación de geotextil, filtros, tubería de drenaje y base granular.

Pavimentación: Esta actividad comprende tareas como el seriado de la vía, la aplicación de imprimación asfáltica y la pavimentación.

Después de definir estas actividades con sus tareas y subtareas, se construyó el gráfico de Gantt, asignándoles las fechas de inicio y finalización de acuerdo con la duración establecida para las subtareas. Luego se establecerá el orden de la ejecución de tareas y subtareas y el trazado de las líneas de las dependencias, las cuales indican que tarea(s) deben completarse antes de que una nueva pueda iniciar. A medida que se complete el diagrama, se obtendrá la duración aproximada para las tareas, actividades principales y finalmente la de todo el proyecto.

5.6 Supervisión de fase constructiva.

Al iniciar la fase constructiva se abordó la gestión y logística de todas actividades y procesos de modo que estos sean llevados de la forma más ajustada posible a lo presupuestado y planificado inicialmente. Cabe mencionar que el acompañamiento se hará con la necesidad de cumplir con los estándares técnicos y de calidad definidos previamente. Además, el acompañamiento abarcará la parte de seguridad, pues en la construcción es asunto de gran importancia.

Para lograr el segundo objetivo del proyecto, se realizarán labores de campo. Estas incluyen verificar que se cumplan los tiempos y el orden de ejecución de las tareas y actividades. Si es necesario, se tomarán medidas correctivas para minimizar efectos negativos. Además, estas labores en campo servirán para verificar las dimensiones de acuerdo con lo establecido en los planos arquitectónicos y asegurar el cumplimiento de las especificaciones dadas para los materiales como su tipología y cantidades. Adicionalmente con las labores en campo se comprobará que la delegación y comunicación para ejecutar las actividades, se esté desarrollando de forma efectiva.

5.7 Presupuesto y programación ejecutados.

Para comparar los resultados reales de presupuestación y programación del proyecto con respecto a lo estimado durante la etapa de formulación, se elaborará un presupuesto y una programación de obra ejecutados. Esto permitirá determinar las diferencias significativas y las posibles causas que repercutieron en la variación entre lo ejecutado y lo establecido al principio del proyecto.

5.8 Comparación entre presupuesto inicial y ejecutado.

El presupuesto ejecutado se elaborará utilizando como base el presupuesto inicial, donde se incluirá todas las listas y planillas de los costos directos e indirectos, incluyendo los APU de todas las actividades. Una vez se inicie el proceso constructivo se irán ajustando constantemente los APU de las actividades a medida que se vayan ejecutando. Esto implica registrar la cantidad y el precio real del material utilizado, para lo cual será necesario documentar los valores entregados en las remisiones. En cuanto a la mano de obra, se registrará el tiempo laborado por el personal, la cantidad de trabajadores y sus salarios. Para los equipos y maquinaria se anotará los tiempos de operación y sus costos asociados. En algunos casos será necesario eliminar recursos y añadir nuevos. Este procedimiento se llevará a cabo para cada una de las actividades establecidas en el presupuesto, incluyendo las obras adicionales que puedan surgir, permitiendo así obtener el valor real del presupuesto ejecutado

La comparación entre el presupuesto real y el inicial comenzará con la determinación del porcentaje de variación del costo global. Luego, se calcularán los porcentajes de variación que correspondientes a los siete grupos generales de actividades y que se calificarán cualitativamente de acuerdo con los siguientes intervalos: 0-5% bajo, 5-10% medio y >10% alto. Posteriormente, se realizará la comparación de los costos entre cada grupo utilizando los resultados proporcionados por el software Quercusoft, que mostrarán el costo de cada recurso (mano de obra, equipos y maquinaria, materiales y subcontratos) y su incidencia en el porcentaje de los costos totales en cada grupo de actividades. Con esta información, se podrán identificar las diferencias más relevantes y determinar si estuvieron relacionadas con factores internos o externos, técnicos y de ejecución, o administrativos y de gestión. De esta forma, se obtendrá la información sobre las causas principales que pueden afectar el presupuesto y se podrán tomar medidas para reducir estos inconvenientes en proyectos que se realicen en contextos similares.

5.9 Comparación entre programación de obra inicial y ejecutada

La ejecución del programa se llevará a cabo de manera análoga al presupuesto ejecutado. Esto implica seleccionar la programación inicial, que incluye las actividades enumeradas,

secuenciadas y programadas en el tiempo. Después de iniciar el proceso constructivo, se efectuará un seguimiento periódico del avance porcentual de las tareas y subtareas en curso, documentando cualquier cambio en el orden y las dependencias, así como las fechas reales de inicio y finalización de estas.

Instagantt es una herramienta computacional que facilita una presentación visual más clara de la información y permite realizar comparaciones de manera más sencilla. Así, podremos observar inicialmente los cambios en el orden de ejecución de las tareas y las dependencias. Luego se estimará el porcentaje de variación del tiempo de las actividades principales las cuales se calificarán cualitativamente teniendo en cuenta estos intervalos: 0-10% bajo, 10-20% medio y >20% alto. Luego se realizará un gráfico con información obtenida de Instagantt que muestran los porcentajes de ejecución de la obra de acuerdo con la programación inicial y la ejecutada a través del tiempo. Con esta información podremos detectar aquellos factores inusuales que hayan tenido un impacto significativo en el incremento de la discrepancia entre lo ejecutado y lo previsto en la programación de la obra. Es importante señalar que, debido a la complejidad logística de este proyecto, el cronograma puede sufrir varias alteraciones, lo que hace esencial el registro constante de los datos a medida que ocurren cambios y así obtener información más detallada.

6 Resultados y Análisis

6.1 Estudios preliminares.

Se realizaron pruebas en campo mediante apiques de 1,25m de profundidad ubicados en dos abscisas diferentes de la vía existente (figura 1) y donde se obtuvieron los diferentes horizontes de suelo con sus respectivos espesores (figura 2).

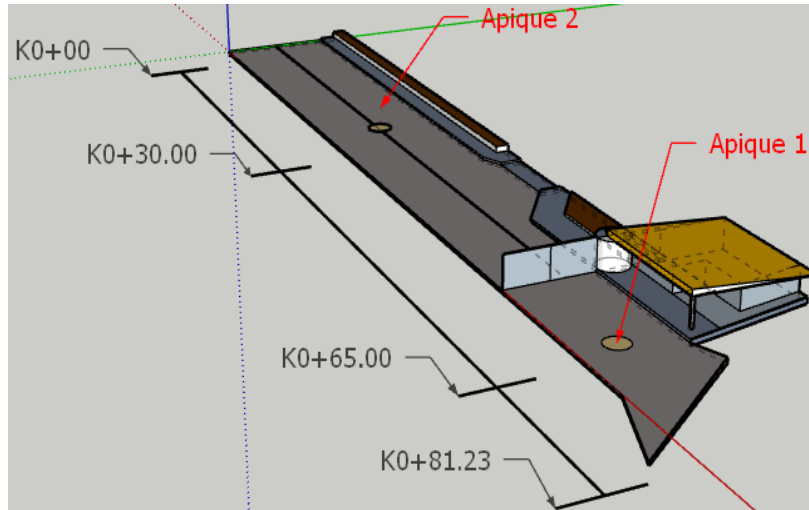


Figura 1. Localización de apiques en la vía. Fuente: elaboración propia.

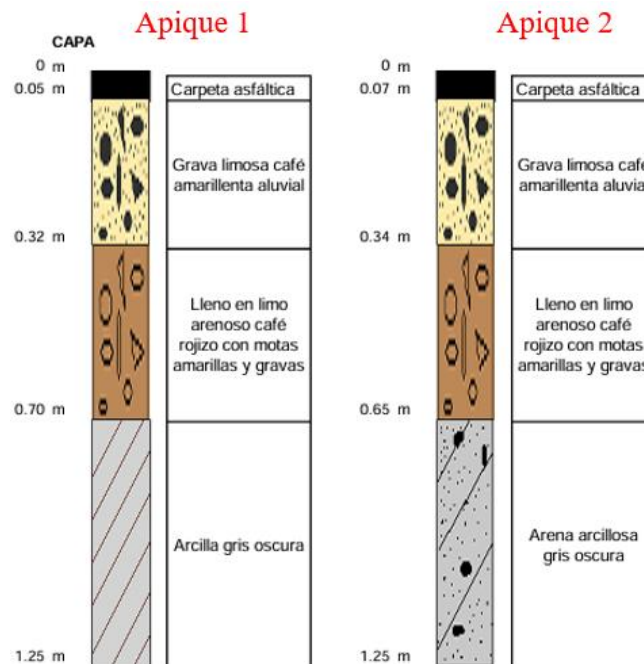


Figura 2. Estratos de suelo de la subrasante. Fuente: SPT geotecnia.

Una vez recolectada esta información en campo, se realizaron pruebas de laboratorio para analizar propiedades geomecánicas como el límite de consistencia humedad natural, granulometría y capacidad de soporte expresada en términos de CBR (método de cono dinámico). Los resultados se muestran en la siguiente tabla (*tabla 1*):

Apique	Muestra	Descripción	Clasificación USC	Límites de consistencia		natural (%)	CBR (%)
				LL	IP		
1	1	Grava limosa café amarillenta aluvial	GP-GM	NL	NP	12.9	
	2	Arcilla gris oscura	CH	60	33	30.3	3.1
2	1	Grava limosa amarilla aluvial	GW-GM	NL	NP	13.6	
	2	Arena arcillosa gris oscura	SC	62	35	39.6	3.6

Tabla 1. Propiedades geomecánicas del suelo. Fuente: SPT geotecnia.

Los resultados obtenidos mostraron que la subrasante de la zona de estudio se encuentra conformada por una arcilla (CH) o Arena arcillosa (SC), que se caracterizan por ser suelos impermeables, muy plásticos y generalmente difíciles de compactar con presencia de agua. La humedad natural del estrato es media con un porcentaje del 35% y se encuentra por debajo del límite líquido determinado para estos suelos.

En la siguiente tabla (*tabla 2*), se resumen las características de la subrasante.

Descripción	Límite líquido (%)	Límite plástico (%)	índice de plasticidad (%)	Humedad natural (%)
Arcilla o arena arcillosa gris oscura	60-62	27	33-35	30.3-39.6

Tabla 2. Consistencia del suelo en la subrasante. Fuente: SPT geotecnia.

Con base en los resultados de laboratorio se pudo determinar que el suelo de subrasante se encuentra en condiciones cercanas a la saturación. El grado de potencial expansivo es alto, debido a que el índice de plasticidad es cercano a 35%.

6.2 Diseños.

6.2.1 Carpeta asfáltica: Teniendo en cuenta los parámetros obtenidos del suelo, la información sobre el tránsito y los requisitos de los tipos de materiales a emplear, el diseño definido para la estructura de pavimento fue la siguiente figura (*figura 3*):

Espeor (cm)	ESTRUCTURA
8.0	Mezcla asfáltica MDC-19
20.0	Base Granular BG-38
25.0	Subbase SBG-50
	GEOTEXTIL DE SEPARACIÓN
	SUB RASANTE

Figura 3. Estructura de carpeta asfáltica. Fuente: SPT geotecnia.

6.2.2 Estructura de cárcamo: teniendo en cuenta las cargas del tránsito y los requerimientos hidráulicos, el diseño estructural para el cárcamo fue el siguiente (*figura 4*):

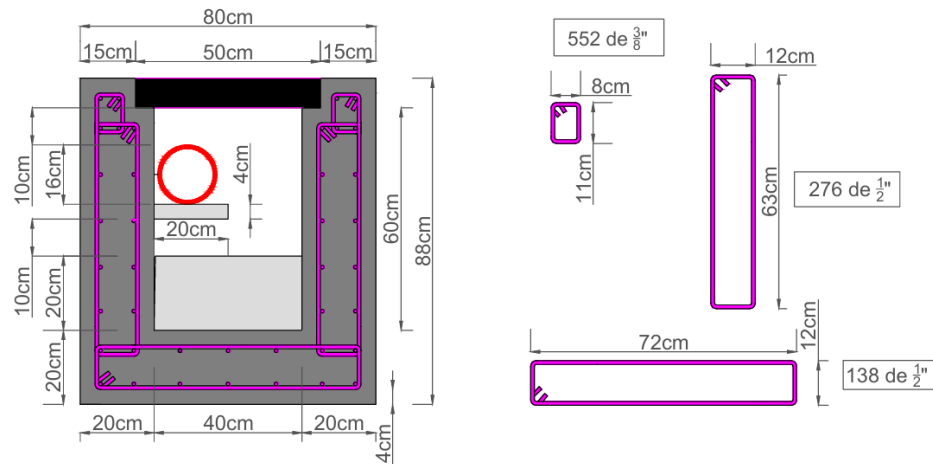


Figura 4. Diseño estructural del cárcamo. Fuente: elaboración propia.

6.3 Planos y modelos arquitectónicos.

6.3.1 Plano de vía: En este se detallaron las secciones del embalaje de la vía, pendientes de bombeo y desagüe hacia sumideros, ancho de calzada y andenes, etc.

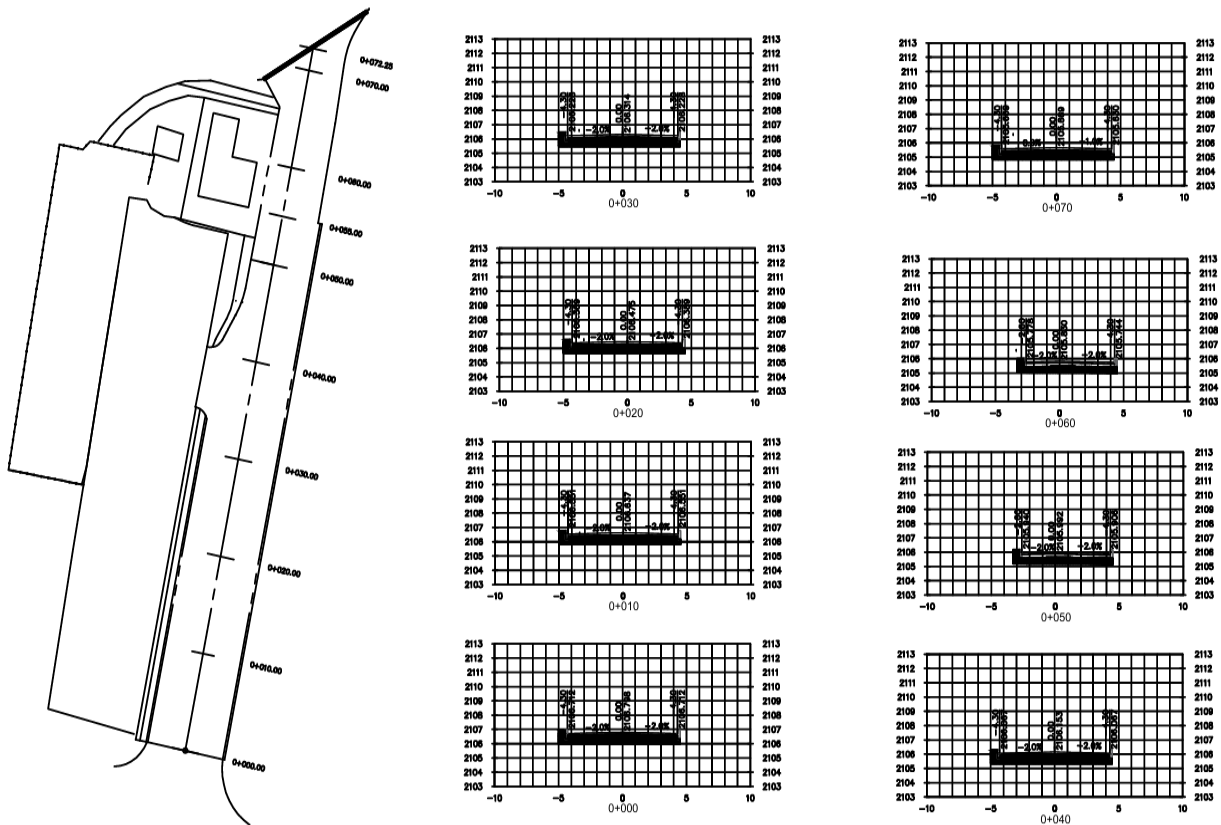


Figura 5. Plano geométrico de vía. Fuente: elaboración propia.

6.3.2 Modelo de vía, urbanismo y redes hidrosanitarias: Estos modelos mostraron los detalles constructivos y los diferentes elementos que conformarían dos secciones diferentes de la vía y el cárcamo.

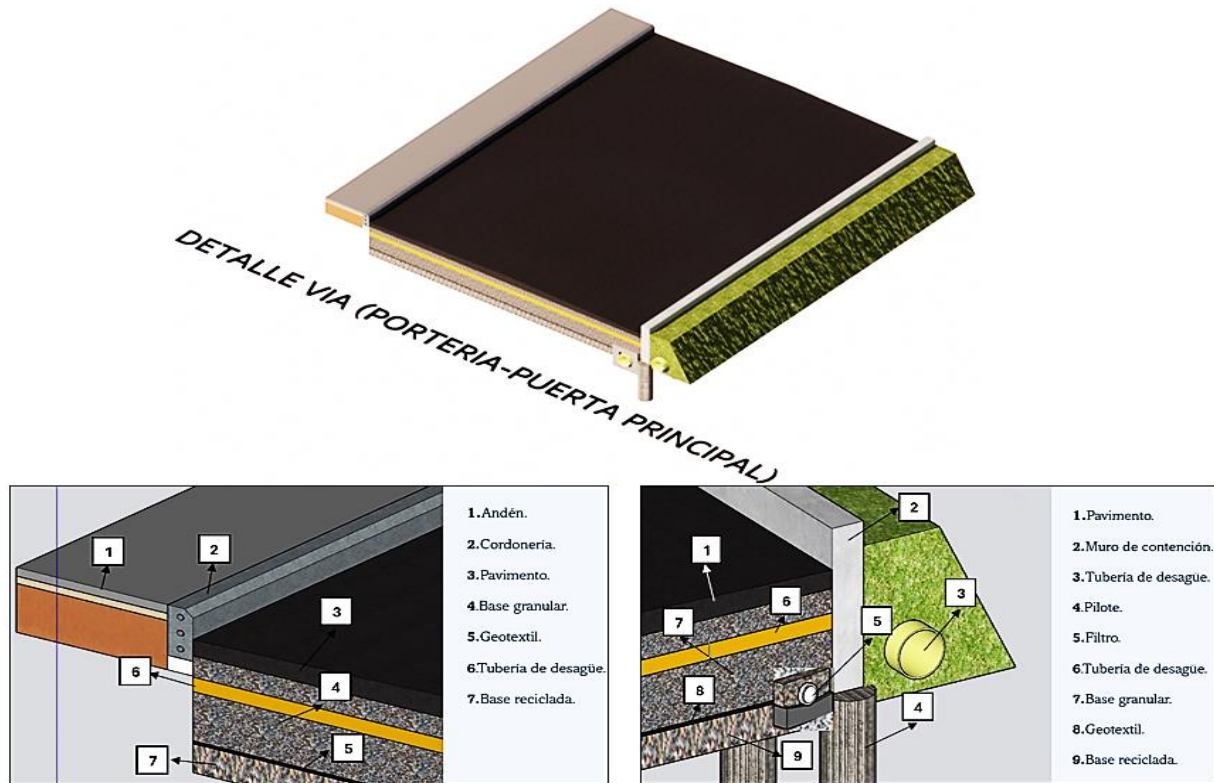


Figura 6. Detalles constructivos y elementos de vía (sección 1). Fuente: elaboración propia.

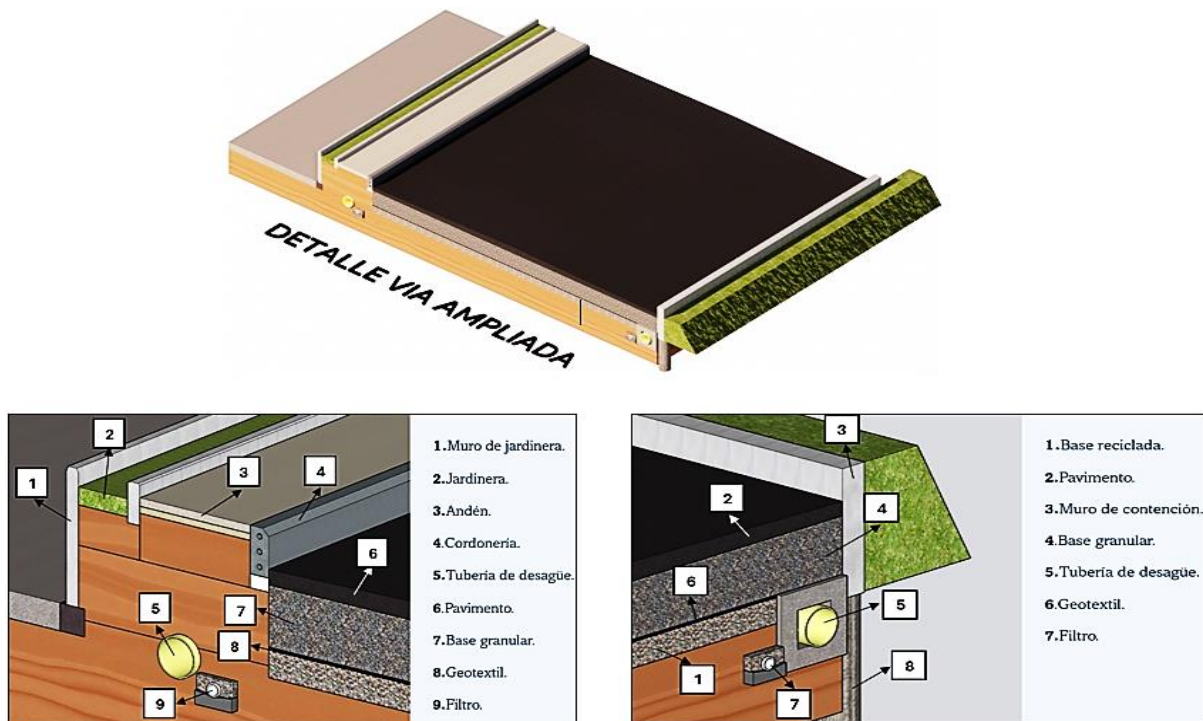


Figura 7. Detalles constructivos y elementos de vía (sección 2). Fuente: elaboración propia.

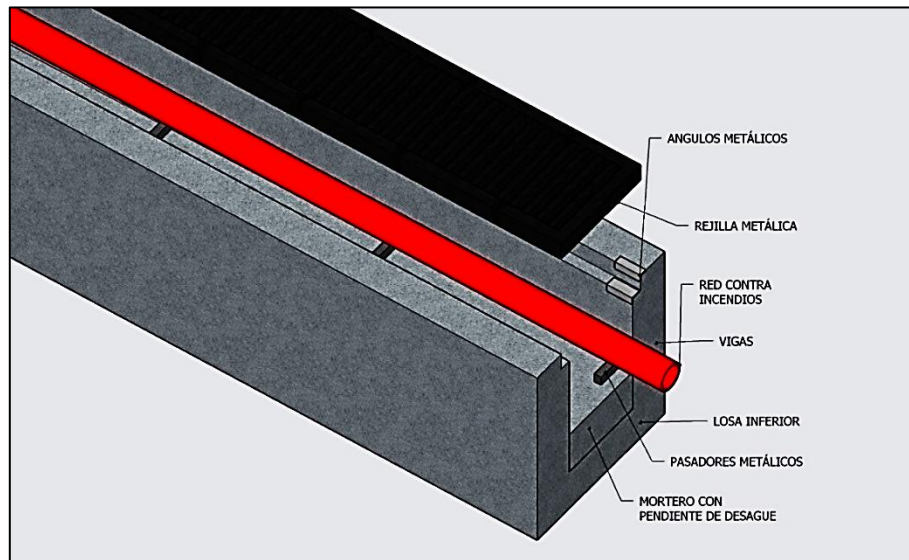


Figura 8. Detalles constructivos y elementos de cárcamo. Fuente: elaboración propia.

6.4 Presupuesto inicial.



Tabla 3. Presupuesto inicial. Fuente: Quercusoft.

El presupuesto inicial contempló los costos de 37 actividades con su respectiva unidad de medida, cantidad y APU.

6.5 Programación de obra inicial.



Gráfico 1. Programación de obra inicial. Fuente: elaboración propia.

El diagrama de Gantt estuvo conformado por 87 tareas diferentes las cuales estaban programadas para realizarse en un plazo de 89 días hábiles de ejecución.

6.5 Supervisión de procesos constructivos.

La supervisión consistió en un acompañamiento técnico desde el punto de vista presupuestal, cronológico y constructivo. Para ello se mencionará cuáles fueron los requisitos principales que se tuvieron en cuenta para el cumplimiento de estándares técnicos y de calidad.

6.5.1 Actividades previas.



Figura 9. señalización y adecuación de botadero. Fuente: elaboración propia.

Se verificó que la señalización estuviera colocada correctamente para garantizar la seguridad del personal operativo, el tránsito vehicular y los peatones. Se comprobó que el sitio de almacenamiento de escombros estuviera despejado, nivelado y descapotado.

6.5.2 Jardineras y andenes.



Figura 10. Jardineras y andenes. Fuente: elaboración propia.

Para esta actividad fue importante chequear las dimensiones de los muros, la apariencia del acabado y la utilización eficiente de los materiales por parte del personal operativo.

6.5.3 Cárcamo.



Figura 11. Demolición de cárcamo actual y construcción del nuevo. Fuente: elaboración propia.

Para esta actividad fue importante cumplir con un cuidadosa demolición y retiro del cárcamo existente ya que sobre este pasaba una red eléctrica y de datos de gran importancia. Además, se verificó la pendiente de desagüe, dimensiones y acabados.

6.5.4 DERB.



Figura 12. Verificación de espesor de base y profundidad de excavación. Fuente: elaboración propia.

En este conjunto de actividades se debieron corroborar las profundidades de excavación y de la base colocada, además de su densidad de compactación. También se verificó la pendiente de la tubería de desagüe y su correcta conexión con los sumideros.

6.5.5 Pavimentación.



Figura 13. Verificación de espesores y temperatura de mezcla asfáltica para pavimentación. Fuente: elaboración propia.

Se verificó el correcto seriado de la vía, las pendientes de bombeo. Se inspeccionó que la mezcla asfáltica cumpliera con la temperatura mínima y los espesores de compactación requeridos.

6.6 Presupuesto ejecutado.

El presupuesto ejecutado consideró las actividades del presupuesto inicial incluyendo la realización de 6 actividades adicionales y para un total de 42. El presupuesto ejecutado fue el siguiente:



Tabla 4. Presupuesto ejecutado. Fuente: Quercusoft.

El porcentaje de variación entre el presupuesto inicial y el ejecutado fue del 8,3%. Aunque las incidencias de los recursos se muestran valores similares, al analizar cada grupo de actividades generales de manera particular, se observará las causas que influyeron en mayor medida sobre el presupuesto realmente ejecutado.

6.7 Comparación entre presupuesto inicial y el ejecutado.

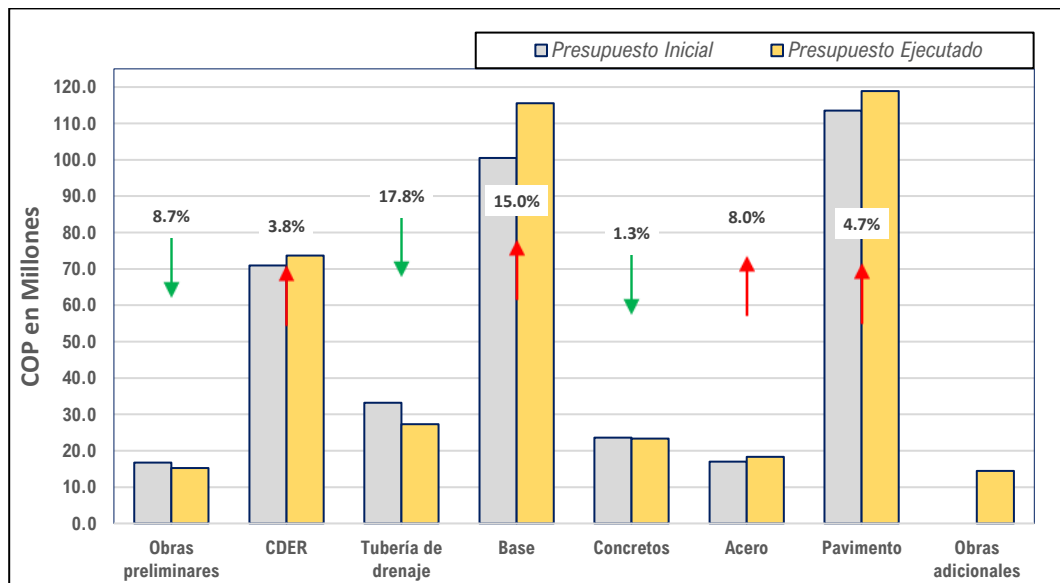


Gráfico 2. Porcentaje de variación entre el presupuesto inicial y el ejecutado. Fuente: elaboración propia.

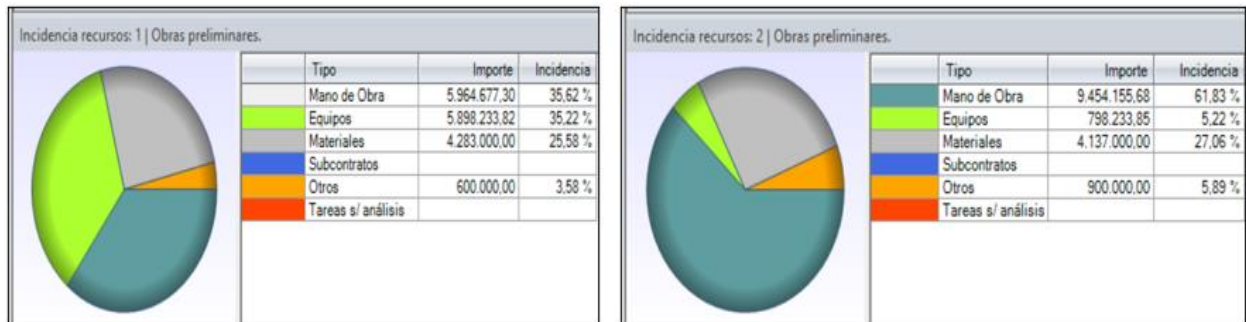


Tabla 5. Comparación de costos de Obras preliminares. Fuente: Quercusoft.

Obras preliminares: Para este grupo de actividades, el porcentaje de variación de los costos fue de un valor medio de 8,7%. La incidencia en los recursos muestra una diferencia significativa, especialmente entre la mano de obra y los equipos. Actividades como la señalización y la instalación de iluminación requirieron más tiempo y cantidad de personal. En cuanto a los equipos, algunos no fueron necesarios, como los topográficos, que tenían un costo muy elevado y se requirieron durante menos días de lo previsto.

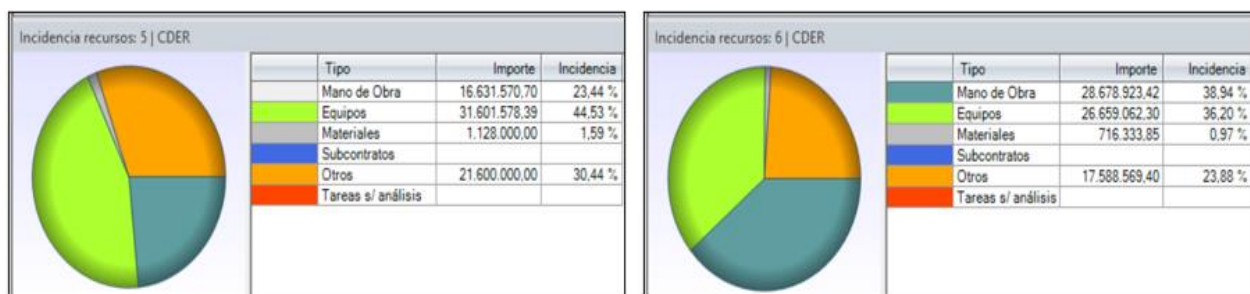


Tabla 6. Comparación de costos CDER. Fuente: Quercusoft.

CDER: en estas actividades, el porcentaje global de la variación de los costos fue bajo, con un aumento de solo el 3,5%. A pesar de esto, su incidencia en los costos totales es alta, por lo que su variación es más significativa. Hubo varios cambios en la incidencia en los recursos para la mano de obra, equipos y transporte. El incremento en la incidencia de la mano de obra se debió al aumento en la cantidad de personal y horas extras laboradas, donde el costo total de este recurso fue aproximadamente el doble al previsto. El costo de los equipos, incluyendo la maquinaria, se redujo debido a que el rendimiento en actividades como la demolición del pavimento fueron altos

pues en varias zonas de la vía, el pavimento estaba muy deteriorado, lo que redujo el tiempo necesario para su demolición. Además, el costo por hora de la maquinaria con equipo de demolición es más elevado, lo que también ayudó a disminuir estos costos.

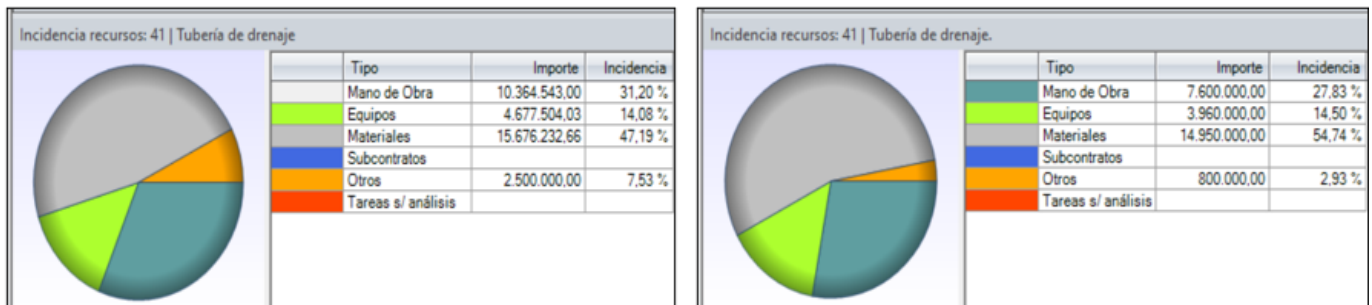


Tabla 7. Comparación de costos Tubería de drenaje. Fuente: Quercusoft.

Tubería de drenaje: en cuanto al sistema hidrosanitario de la vía, el porcentaje de variación de los costos fue el más elevado en comparación con otros grupos de actividades, con una reducción del 17,8%. Hubo una reducción en los costos en todos los recursos, siendo más significativa en transporte y mano de obra. Se utilizaron camiones de mayor tamaño para el transporte de la tubería y accesorios, reduciendo la cantidad de viajes. El tiempo laboral del personal también se redujo debido a una menor dificultad en la instalación de la tubería a la que se había contemplado inicialmente para el cumplimiento de las pendientes de desagüe y la correcta fijación de la misma.

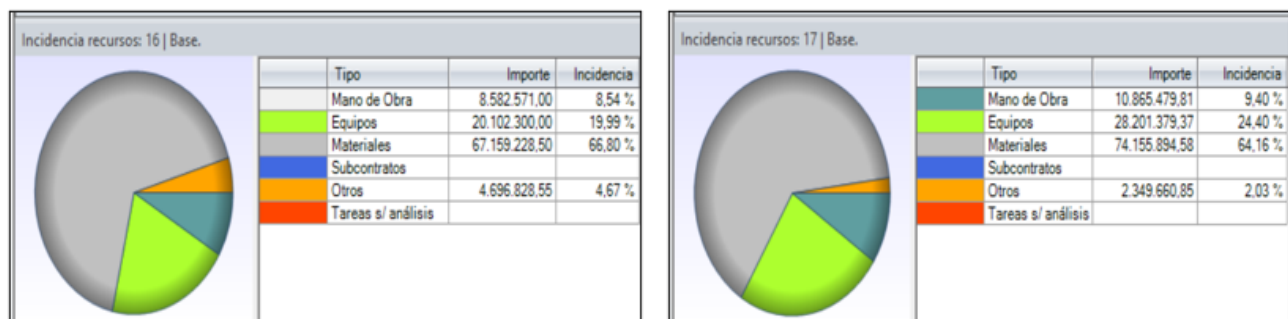


Tabla 8. Comparación de costos de Base. Fuente: Quercusoft.

Base: en esta actividad se presentaron las variaciones más significativas. El porcentaje de variación fue uno de los más altos, con un valor del 15%. Además, fue el grupo de actividades con mayor incidencia en el presupuesto final, con una diferencia de 15 millones COP, lo que significó un aumento del 4% en el presupuesto total. Hubo un aumento en el costo de los recursos, excepto en transporte. Los costos de los materiales aumentaron debido a la cantidad de base utilizada, ya que en algunas zonas de la vía fue necesario aumentar los volúmenes de material a reemplazar debido a suelos con alta plasticidad, humedad natural y nivel freático. El incremento en el espesor de la base requirió más capas de compactación, aumentando el tiempo de operación de la maquinaria como el vibro compactador y equipos como apisonadores y placas vibratorias, lo cual a su vez requirió mayor cantidad de obra y tiempo empleado.

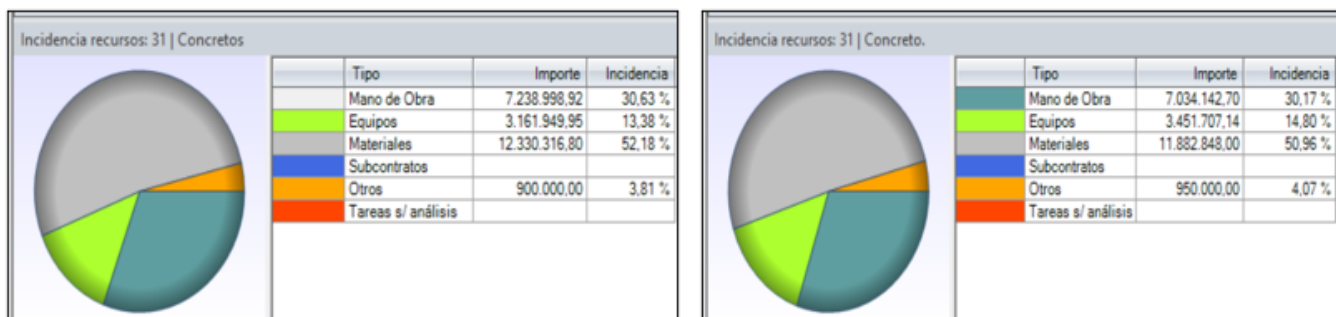


Tabla 9. Comparación de costos Concretos. Fuente: Quercusoft.

Concretos: la variación de este grupo de actividades fue la más baja, un valor de solo el 1.3%, además de que la incidencia de los recursos tampoco tuvo una variación significativa. Esto se debe a que se pudo tener más control sobre las variables, por ejemplo, era poco probable que la cantidad de material tuviera alguna variación si se realizaba la obra en conforme a los diseños, así como los equipos que se debían utilizar. Además, el rendimiento de la mano de obra era un valor con menos incertidumbre ya que el contratista ya tenía mayor experiencia en este tipo de obras.

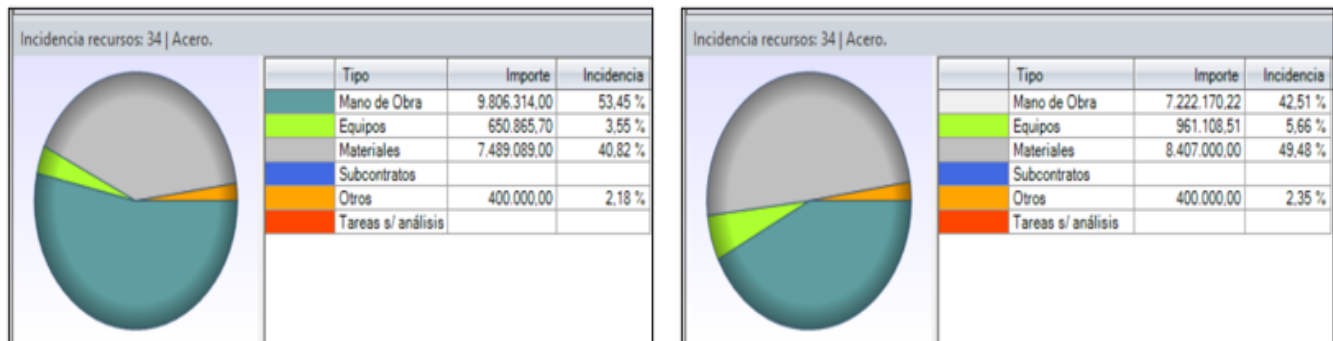


Tabla 10. Comparación de costos Acero. Fuente: Quercusoft.

Acero: para este grupo de actividades, la variación fue del 8%. A diferencia de las actividades en concreto, la variación de costos fue media. Esto se debió a cambios con relación al material, pues inicialmente se había previsto realizar la figuración del acero en obra, pero finalmente se optó por traerlo ya figurado. Esto aumentó el costo de los materiales, pero redujo el costo de la mano de obra destinada para esta tarea. Los recursos de equipos y transporte no tuvieron variaciones significativas.

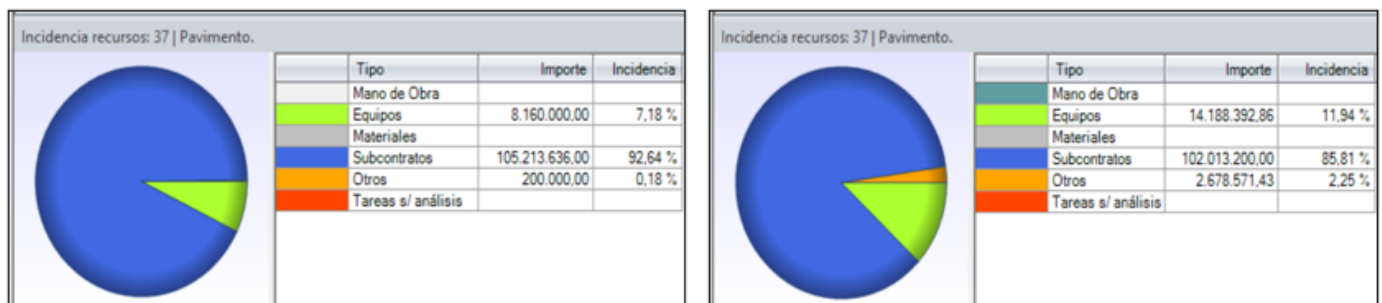


Tabla 82. Comparación de costos Pavimento. Fuente: Quercusoft..

Pavimento: finalmente, la pavimentación tuvo una variación baja en los costos con un valor del 4,7%. Este aumento en los costos estuvo dado fundamentalmente por el incremento en los costos de los equipos y los transportes, aunque no tuvo gran influencia ya que la mayor incidencia en los recursos estaba dada para el subcontrato de la pavimentación. El aumento en los costos de los equipos fue debido a la complejidad para realizar el seriado de la vía, ya que se debía dejar la superficie en perfectas condiciones para la pavimentación, pero esta mantuvo en operación, lo que

causó varios reprocesos. Adicionalmente, el aumento en los costos de transporte se debió a la necesidad de traer una motoniveladora no contemplada en el presupuesto inicial, cuyo costo de traslado fue alto debido a la distancia considerable (aproximadamente 100 km).



Tabla 83. Costos obras adicionales. Fuente: Quercusoft

Obras adicionales: estas obras no estaban incluidas en el presupuesto inicial y surgieron a lo largo del proyecto. Incluyeron actividades como la reconstrucción de una cuneta al ingreso de la vía la cual fue afectada por el paso de maquinaria, la construcción de una tubería de desfogue del cárcamo debido al empozamiento del agua de lluvia, el reemplazo con suelo-cemento en dos tramos de la vía que se encontraban en condiciones deficientes y la adecuación de un lugar para el botadero de escombros, debido a su capacidad almacenamiento limitado, que requirió traslados y deposiciones en un sitio autorizado. El costo total de estas obras fue de 15,5 millones COP, lo que aumentó el costo total del proyecto en un 3,9%, que se considera un valor elevado.

6.8 Programación ejecutada.

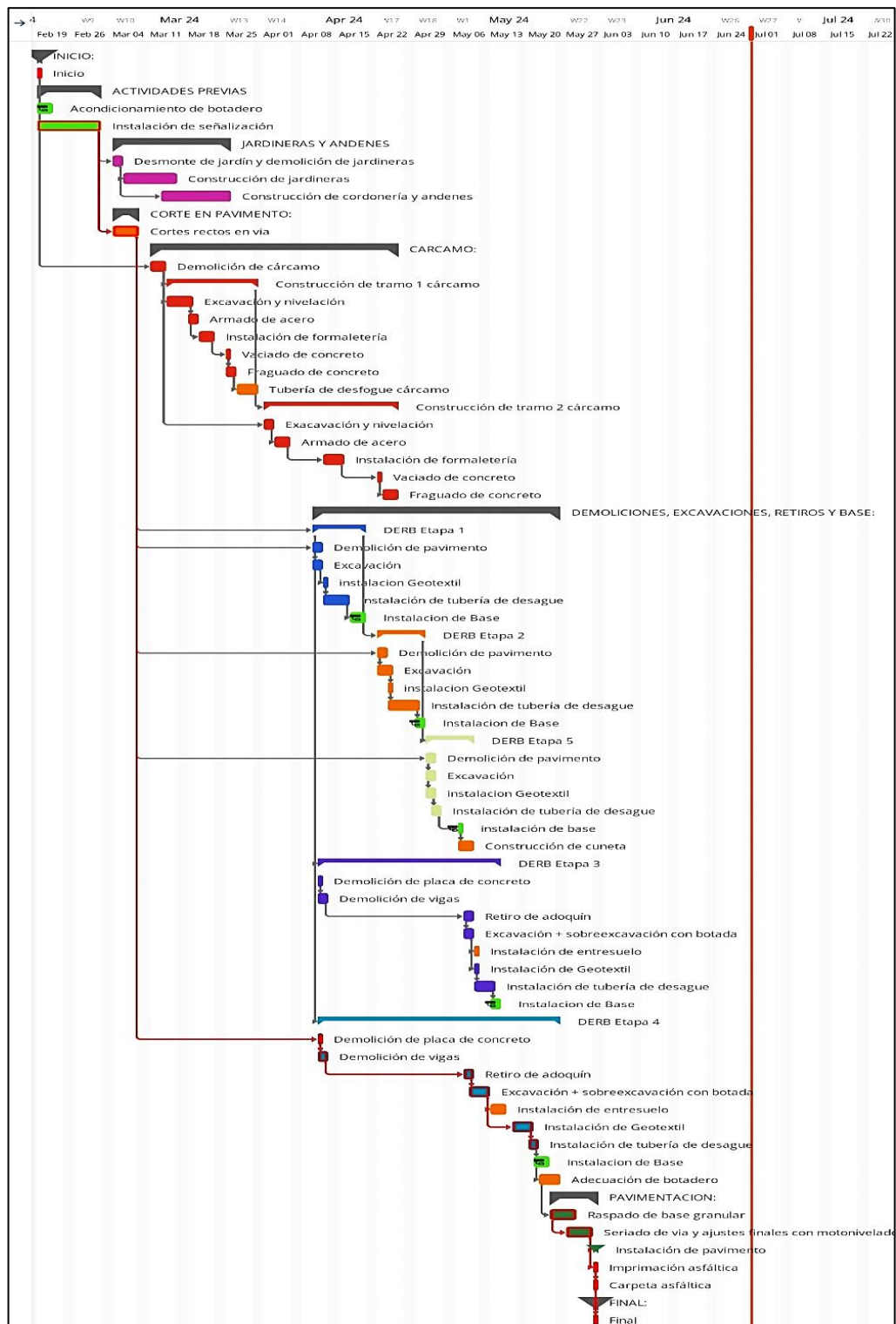


Gráfico 68. Programación de obra ejecutada. Fuente: elaboración propia.

El diagrama de Gantt de la programación ejecutada estuvo conformado por 92 tareas, 5 más que el inicial, debido a la aparición de las obras adicionales como la nueva adecuación de botadero, el reemplazo con suelo-cemento en dos tramos de la vía (tramo 1 y tramo 2), la construcción de la tubería para el desfogue en el cárcamo y la reconstrucción de la cuneta. El plazo de ejecución se redujo 6 días, al completarse en 83.

6.9 Comparación entre programación inicial y la ejecutada.

El orden de las tareas, así como sus dependencias, experimentaron cambios significativos en el grupo de actividades DERB, asociadas a las etapas para realizar el reemplazo de la carpeta asfáltica de la vía. El orden inicial fue DERB etapa 1-3-2-4-5, mientras que el orden ejecutado fue DERB etapa 1-2-5-3-4. El cambio en la secuencia se originó durante la ejecución de la etapa 3, cuando se presentaron inconvenientes con el ingreso de algunos vehículos de carga pesada, como los tractocamiones. Debido a sus grandes proporciones, estos vehículos no podían realizar el giro para ingresar a la planta, por lo que fue necesario implementar suspensiones temporales de ingreso para estos vehículos, lo que llevó a un cambio en el orden de todas las etapas. Adicionalmente, durante esta actividad principal se realizaron todas las obras adicionales mencionadas anteriormente, excepto la construcción de la tubería para el desfogue en el cárcamo, las cuales originaron nuevas dependencias y alteraron el orden de las subtareas.

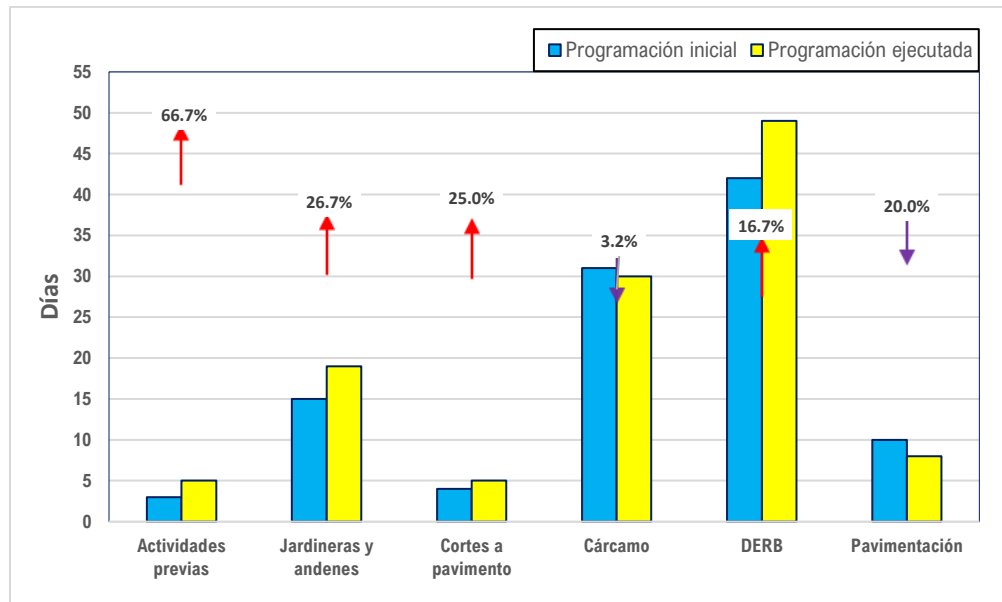


Gráfico 69. Porcentaje de variación del tiempo entre la programación inicial y la ejecutada. Fuente: elaboración propia.

Actividades previas: el porcentaje de variación obtenido fue aparentemente muy alto, sin embargo, esto se atribuye a la tarea de instalación de la señalización que causó esta variación, ya que su realización se extendió durante mucho tiempo. Esto no se realizó de manera continua pues la colocación de la señalización se realizó cada vez que fue necesario, por lo que esta incidencia no influyó significativamente en la programación general.

Jardineras y andenes: en este grupo de tareas, el porcentaje de variación fue alto, pues el grupo de tareas se extendieron en el tiempo debido a una disminución del personal operativo. Ya que inicialmente se tenía contemplado 7 personal para realizar dicho grupo de actividades y finalmente fue ejecutado por 5.

Cortes a pavimento: al igual que el grupo de actividades previas, los cortes de pavimento se extendieron en el tiempo y su ejecución se realizó durante ciertos intervalos, además de presentarse dos averías en el equipo de corte, suspendiendo su operación. El porcentaje de variación fue alto.

Cárcamo: Para este grupo de tareas el porcentaje de variación fue el más bajo. El redimiendo de la mano de obra tuvo baja incertidumbre, reduciendo los tiempos de ejecución.

DERB: Como se mencionó en la programación ejecutada, en esta actividad principal ocurrieron las variaciones más significativas respecto al orden de las tareas. Su porcentaje de variación fue medio debido a la realización de la mayoría de las obras adicionales, las cuales prolongaron los tiempos de ejecución de esta actividad principal.

Pavimentación: el porcentaje de variación para esta actividad principal fue medio. Debido al aumento potencial en lluvias, las tareas se realizaron en menor tiempo, implementado mayor cantidad de equipos (apisonadores, placas vibratorias) y maquinaria (motoniveladora), lo cual acelero la ejecución de los procesos.

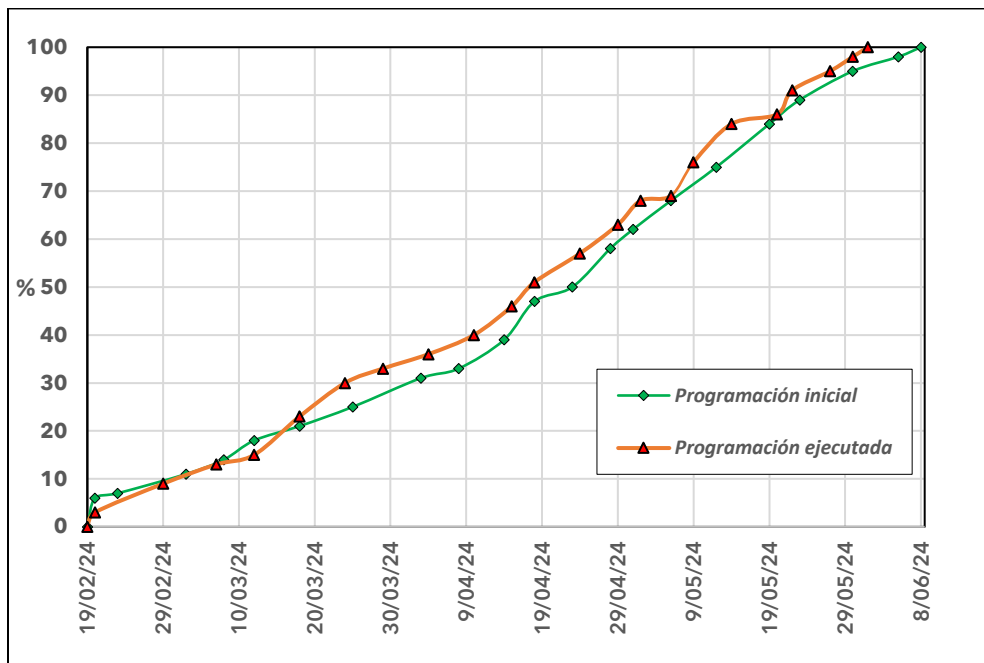


Gráfico 70. Porcentaje de avance de la programación inicial y la ejecutada a través del tiempo.
Fuente: elaboración propia.

En este gráfico, construido a partir de información proporcionada por Instagantt, podemos detectar de manera general las variaciones en la programación. Inicialmente, se evidencian las

líneas del porcentaje de avance de la obra de la programación inicial y la ejecutada, las cuales se desarrollan con una pendiente muy similar durante toda su extensión, lo que indica un avance consistente para ambas programaciones, obteniendo una diferencia de solo seis días una vez se alcanza el 100% de ejecución. Las zonas de menor pendiente en la curva señalan períodos de progreso reducido, típicos en la ejecución, pero no normalmente previstos en la programación inicial. A pesar de que en la mayoría de las actividades principales los porcentajes de variación surgieron debido al incremento de tiempo de ejecución de las tareas, el porcentaje de variación del tiempo de la ejecución de todo el proyecto se redujo en 6.74%. Esto se debe a que hubo un mayor número de días en que se realizaron varias tareas al mismo tiempo, es decir, hubo una mayor cantidad de frentes de trabajo operando.

7 Conclusiones

-Los factores geológicos son una causa principal de afectación tanto para el presupuesto como para la programación de obra en vías que son desarrolladas en estos contextos, ya que puede incidir significativamente en los costos y en el cronograma. Tal como se vio en este caso de estudio, los factores geológicos se relacionan con la mayoría de los procesos que se ejecutan en vías, como las excavaciones, los tipos de material, maquinaria y equipos que se deben emplear, etc. En el caso de los materiales son los recursos normalmente más costosos y su valor unitario es el más elevado, por lo que su incertidumbre es de gran importancia y se debe centrar los esfuerzos para reducirla.

-Es necesario intensificar los estudios geotécnicos para mitigar estas incertidumbres, dado que en este proyecto los estudios realizados resultaron insuficientes. Los sondeos (apiques) no detectaron las zonas con suelos de capacidades deficientes, caracterizados por alta plasticidad, humedad natural y un nivel freático elevado, lo que resultó en la necesidad de reemplazarlos con suelo-cemento. A pesar de los incrementos en los costos y las desviaciones en el cronograma, existía un riesgo potencial de que estas condiciones generaran afectaciones mayores.

-En este caso de estudio se pudo demostrar que la experiencia del contratista en la realización de estos proyectos es de gran importancia, pues actividades como la construcción del urbanismo y el cárcamo, en las cuales el contratista está más familiarizado, los porcentajes de variación tanto para los costos como los tiempos de ejecución fueron mucho más bajos.

-El uso de herramientas computacionales como Quercusoft e Instagantt tuvo un impacto positivo notable en la ejecución de este proyecto. Se comenzó a desarrollar una base de datos en Quercusoft para la empresa contratista en relación con los presupuestos, lo cual promete mejorar la eficiencia en la estimación de costos no solo para este tipo de proyectos, sino para la construcción en general. Además, se observó que la programación de la obra estuvo sujeta a numerosos cambios, los cuales pudieron ser monitoreados constantemente mediante Instagantt, facilitando la toma de decisiones oportunas y acertadas.

Referencias

- Alegría, L. D. M., & Luque, J. J. L. (2014). *Diferencia en la estimación del presupuesto inicial en un proyecto de construcción, utilizando el modelo de costos por actividades*. [Trabajo de grado, Universidad la Gran Colombia] Repositorio Institucional - Universidad La Gran Colombia.
- Barbosa, M., & Piminchumo, B. (2014). *Los presupuestos de obra y su incidencia en los costos de producción de la empresa Artecon Perú S.A.C. en la ciudad de Trujillo* [Tesis, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio UPAO.
- Brusselaers, N., Fredriksson, A., Gundlegård, D., & Zernis, R. (2024). Decision support for improved construction traffic management and planning. *Sustainable Cities And Society*, 105305. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105305>
- Burgos, M., & Vela, D. (2015). *Análisis de las causas del incumplimiento de la programación en las obras civiles*. [Trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio UMNG.
- Camelo, V., & Pereira, A. (2015). *Factores que afectan los rendimientos de las motoniveladoras y compactadoras en las construcciones de obras viales urbanas en Bogotá* [Trabajo de grado, Universidad de Paula Santander]. Repositorio Ciencia Unisalle.
- Castro, A. V., Hernández, V. E., & De Pablos Escobar, L. (1988). Diferencia entre presupuesto programado y presupuesto ejecutado. *Papeles de Economía Española*, 37, 456-459. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=64500>
- Cesar Sanchez, J., Henao. (1997). *Manual de Programación y Control de Programas de obra* (1.ª ed.). <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2982>
- Chou, J. (2011). Cost simulation in an item-based project involving construction engineering and management. *International Journal Of Project Management*, 29(6), 706-717. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.07.010>
- Ćirilović, J., Vajdić, N., Mladenović, G., & Queiroz, C. (2014). Developing Cost Estimation Models for Road Rehabilitation and Reconstruction: Case Study of Projects in Europe and Central Asia. *Journal Of The Construction Division And Management*, 140(3). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000817](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000817)
- Cuellar, N. R. (2006). *Modelo de análisis de incertidumbres de riesgo en costos y duraciones de proyectos de infraestructura vial* [Proyecto de grado de maestría, Universidad de los Andes]. Repositorio uniandes.

-
- Doloi, H. (2011). Understanding stakeholders' perspective of cost estimation in project management. *International Journal Of Project Management*, 29(5), 622-636. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.06.001>
- Durdyev, S. (2020). Review of construction journals on causes of project cost overruns. *Engineering, Construction And Architectural Management*, 28(4), 1241-1260. <https://doi.org/10.1108/ecam-02-2020-0137>
- Durdyev, S., Eng, H. T., & Cheng, K. Y. (2018). Quantification of Critical Success Factors of Contractors in Cambodia: AHP Approach. *Journal Of Management, Economics, And Industrial Organization*, 51-61. <https://doi.org/10.31039/jomeino.2018.2.2.4>
- Famiyeh, S., Amoatey, C. T., Adaku, E., & Agbenohevi, C. S. (2017). Major causes of construction time and cost overruns: A case of selected educational sector projects in Ghana. *Journal of Engineering Design and Technology*, 15(2), 181–198. <https://doi.org/10.1108/jedt-11-2015-0075>
- Gardner, B. J., Gransberg, D. D., & Jeong, H. (2016). Reducing Data-Collection Efforts for Conceptual Cost Estimating at a Highway Agency. *Journal Of the Construction Division And Management*, 142(11). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001174](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001174)
- Georgiadou, M. C. (2019). An overview of benefits and challenges of building information modelling (BIM) adoption in UK residential projects. *Construction Innovation*, 19(3), 298-320. <https://doi.org/10.1108/ci-04-2017-0030>
- Gitosudarmo, I. (2014). Basic Principles of Management. FE ElephantTopic.
- Gómez, H. D., & Orobio, A. (2015). Effects of uncertainty on scheduling of highway construction projects. *Dyna*, 82(193), 155-164. <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n193.47453>
- Instagantt. (2021). *Features*. Recuperado de <https://instagantt.com>
- Luu, V. T., Kim, S., Van Tuan, N., & Ogunlana, S. O. (2009). Quantifying schedule risk in construction projects using Bayesian belief networks. *International Journal Of Project Management*, 27(1), 39-50. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2008.03.003>
- Mahamid, I. (2013). Common risks affecting time overrun in road construction projects in Palestine: Contractors' perspective. *Construction Economics And Building*, 13(2), 45-53. <https://doi.org/10.5130/ajceb.v13i2.3194>
- Martin, M. D. & Miller, K. (1982). Project Planning as the Primary Management Function. *Project Management Quarterly*, 13(1), 31–38.

-
- Marzouk, M., Hisham, M., & Othman, A. (2018). Risk analysis for construction projects using Primavera P6. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. <http://www.ieomsociety.org/ieom2018/papers/364.pdf>
- Muñiz, L., & González, L. M. (2009). *Control presupuestario: Planificación, elaboración, implantación y seguimiento del presupuesto*. Profit Editorial.
- Nasirzadeh, F., Afshar, A., & Khanzadi, M. (2008). Dynamic risk analysis in construction projects. *Canadian Journal Of Civil Engineering*, 35(8), 820-831. <https://doi.org/10.1139/108-035>
- Quercusoft. (s.f.). *Software Presupuestos y Precios Unitarios de Obra*. Recuperado de <https://quercusoft.com>
- Salazar, C. S., & Suarez, C. (1977). *COSTO y TIEMPO EN EDIFICACION*. Editorial Limusa.
- Sepúlveda, M. (2006). *Guía práctica para la elaboración de Presupuestos* [Tesis, Universidad Austral de Chile]. Tesis electrónicas UACH.
- Shah, F. H., Bhatti, O. S., & Ahmed, S. (2023). A Review of the Effects of Project Management Practices on Cost Overrun in Construction Projects. *Engineering Proceedings*. <https://doi.org/10.3390/engproc2023044001>
- Smith, J. (2024). *User Experience and Functional Limitations of Instagram*. *Journal of Project Management*, 12(2), 34-45
- Solís, R. (2004). La supervisión de obra. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46780106>, 55-60.
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation In Construction*, 18(3), 357-375. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- Tijanić, K., Car-Pušić, D., & Šperac, M. (2019). Cost estimation in road construction using artificial neural network. *Neural Computing & Applications (Print)*, 32(13), 9343-9355. <https://doi.org/10.1007/s00521-019-04443-y>
- Vega, J., & Portillo, D. (2016). *Programación previa a la construcción del centro educativo El Libano* [Trabajo de grado, Universidad de Paula Santander]. Repositorio institucional UFPS.
- Yang, J. B., Chu, M. Y., & Huang, K. M. (2013). An Empirical Study of Schedule Delay Causes Based on Taiwan's Litigation Cases. *Project Management Journal*, 44(3), 21-31. <https://doi.org/10.1002/pmj.21337>