



**PLAN DE GESTIÓN GERENCIAL APLICADO AL EMPALME DE LA AVENIDA MUTIS,
TRANSVERSAL 112B BIS A, BOGOTÁ D.C.**

WILLIAM ANDRÉS MONTERO RUIZ

LISETH KATERINE OLIVEROS PABÓN

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA UPC

FACULTAD DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS

BOGOTÁ 2026

**PLAN DE GESTIÓN GERENCIAL APLICADO AL EMPALME DE LA AVENIDA MUTIS,
TRANSVERSAL 112B BIS A, BOGOTÁ D.C.**

Trabajo de grado para obtener el título de
Magister en Gerencia de Proyectos

WILLIAM ANDRÉS MONTERO RUIZ
LISETH KATERINE OLIVEROS PABÓN

Asesor: JOAN DAVID GALEANO AVENDAÑO

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA UPC
FACULTAD DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS
BOGOTÁ 2026

Dedicatoria

A Dios, por ser nuestra guía y fortaleza en cada paso de este camino académico.

A nuestras familias, por su amor incondicional y apoyo constante.

A nuestros profesores y mentores de la Universidad Piloto de Colombia, por transmitirnos su conocimiento, despertar en nosotros el pensamiento crítico y acompañarnos con dedicación a lo largo de esta formación como Magísteres en Gerencia de Proyectos.

Agradecimientos

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad Piloto de Colombia y a la Facultad de Posgrados, por brindarnos un espacio académico de excelencia que fortaleció nuestra formación como profesionales en Gerencia de Proyectos.

A nuestro director de trabajo de grado, por su orientación, rigurosidad y acompañamiento permanente durante cada etapa de esta investigación. Sus aportes fueron fundamentales para la consolidación de este documento.

A los docentes del programa de Maestría en Gerencia de Proyectos, quienes con su experiencia y compromiso enriquecieron nuestra visión sobre la gestión integral de proyectos y nos desafiaron a pensar más allá de lo convencional.

A todos nuestros colegas y amigos que, de una u otra forma, contribuyeron con su experiencia, consejos y motivación durante el desarrollo de este trabajo.

Tabla de Contenido

Resumen.....	17
Abstract.....	18
Introducción	19
1. Planteamiento Inicial Del Proyecto	22
1.1 Antecedentes	22
1.1.1 Antecedentes Del Problema, Necesidad U Oportunidad.....	22
1.1.2 Descripción Del Problema (Problema De Negocio) - Árbol De Problemas.	23
1.1.3 Objetivos Del Proyecto (General Y Específicos) - Árbol De Objetivos.	23
1.1.4 Matriz De Marco Lógico	24
1.2 Descripción Organización.....	26
1.2.1 Descripción General	26
1.2.2 Direccionamiento Estratégico De La Organización.	26
1.2.3 Estructura Organizacional	30
1.3 Caso De Negocio (Business Case).....	32
1.3.1 Descripción De Alternativas.....	32
1.3.2 Criterios De Selección De Alternativas.....	32
1.3.3 Análisis De Alternativas.....	34
1.3.4 Selección De Alternativa.....	35

1.3.5 Justificación Del Proyecto (Finalidad E Impacto).....	35
1.4 Marco Teórico.....	37
1.4.1 Dimensión De La Infraestructura Urbana Y Calidad De Vida.....	37
1.4.2 Dimensión De Gerencia Y Maduración De Proyectos Públicos	39
1.4.3 Políticas, Gobierno Y Participación Ciudadana	41
1.4.4 Dimensión Técnica: Ingeniería De Pavimentos Y Urbanismo.....	43
1.4.5 Herramientas, Instrumentos Y Metodologías De Evaluación	44
1.5 Marco Metodológico	45
1.5.1 Enfoque De Investigación	45
1.5.2 Tipo De Investigación	46
1.5.3 Población Y Muestra	46
1.5.4 Herramientas Para La Recolección De Información	47
1.5.5 Fuentes De Información (Primarias Y Secundarias)	48
2. Estudios Y Evaluaciones.....	48
2.1 Estudio De Mercado.....	48
2.1.1 Población	48
2.1.2 Proyección Demanda Del Mercado	49
2.1.3 Proyección Oferta Del Mercado	49
2.1.4 Punto De Equilibrio Oferta - Demanda	50

2.1.5 Pronóstico De Ventas Y Comercialización Del Producto	50
2.1.6 Factores De Competencia Del Mercado Y Distintivos Del Proyecto	51
2.1.7 Determinación De Precio(S) / Estrategias De Comercialización Del Producto	51
2.1.8 Diseño Conceptual Del Proceso, Bien O Producto	52
2.2 Estudio Técnico.....	53
2.2.1 Definición Técnica Y Conceptual Del Proyecto	53
2.2.2 Ingeniería Del Proyecto - Ciclo De Vida.....	53
2.2.3 Tamaño Del Proyecto	55
2.2.4 Localización Del Proyecto.....	59
2.2.5 Organización Del Proyecto.....	59
2.2.6 Requerimientos Para El Desarrollo Del Proyecto	60
2.2.7 Supuestos Y Restricciones Del Proyecto.....	63
2.3 Estudio Económico-Financiero	65
2.3.1 Estimación Del Valor De La Inversión Del Proyecto (Activos Fijos, Pre-Operativos, Capital De Trabajo)	65
2.3.2 Definición Y Determinación De Costos Y Gastos De Operación (Ventas Y Administrativos)	67
2.3.3 Determinación De Fuentes De Financiación, Costo De Capital Y Uso De Fondos.....	69
2.3.4 Flujo De Caja Del Proyecto.....	70

2.3.5 Proyección De Estados Financieros Del Proyecto (Tesorería, Estado De Resultados Y Balance General)	72
2.3.6 Determinación Del Flujo De Caja Neto Del Proyecto	79
2.3.7 Determinación Tasa De Descuento Del Proyecto	81
2.3.8 Evaluación Financiera Del Proyecto (VPN, TIR O De Beneficio-Costo, Punto De Equilibrio).....	83
2.3.9 Análisis De Sensibilidad Y Planes De Contingencia	87
2.4 Estudio Social Y Ambiental.....	91
2.4.1 Definición Del Impacto Social	91
2.4.2 Análisis De Beneficios Y Costos Sociales. Balance Social	92
2.4.3 Descripción Y Categorización De Impactos Ambientales	95
2.4.4 Análisis Ciclo De Vida (Eco-Indicador 99, ISO 14040/44).....	96
2.4.5 Definición De Flujo De Entradas Y Salidas	98
2.4.6 Cálculo De Impacto Ambiental Bajo Criterios P5TM	100
2.4.7 Cálculo De Huella De Carbono	104
2.4.8 Estrategias De Mitigación De Impacto Ambiental.....	106
3. Inicio Y Planeación Del Proyecto.....	108
3.1 Aprobación Del Proyecto (Project Charter)	108
3.2 Plan De Gestión Del Proyecto.....	109
3.2.1 Plan De Gestión De Interesados	109

3.2.2 Plan De Gestión De Alcance	115
3.2.3 Plan De Gestión De Comunicaciones.....	120
3.2.4 Plan De Gestión Del Cronograma	123
3.2.5 Plan De Gestión Del Costo	131
3.2.6 Plan De Gestión De Calidad.....	141
3.2.7 Plan De Gestión De Recursos.....	152
3.2.8 Plan De Gestión Del Riesgo	160
3.2.9 Plan De Gestión De Adquisiciones	166
4. Lecciones Aprendidas	173
5. Conclusiones Y Recomendaciones	174
6. Referencias.....	178
7. Índice De Anexos.....	186

Índice de Tablas

Tabla 1 Matriz de Marco Lógico del Proyecto	24
Tabla 2 Matriz de Alternativas	34
Tabla 3 Proyección de Demanda Vehicular en el Corredor de la Avenida Mutis	49
Tabla 4 Beneficios Sociales Anuales Estimados del Empalme de la Avenida Mutis	51
Tabla 5 Diseño Conceptual del Perfil Vial del Tramo 5, Avenida Mutis.....	52
Tabla 6 Metas Físicas del Contrato de Obra.....	56
Tabla 7 Equipo Profesional Mínimo del Contratista	60
Tabla 8 Requerimientos de Maquinaria y Equipo Principal.....	61
Tabla 9 Estructura de la inversión por categoría económica	65
Tabla 10 Presupuesto por cuenta de control de la EDT	66
Tabla 11 Estimación de la Inversión del Contrato.....	67
Tabla 12 Estructura de costos: descomposición del AIU	67
Tabla 13 Gastos transversales de gestión.....	68
Tabla 14 Gastos adicionales de gestión	69
Tabla 15 Fuentes de financiación del proyecto.....	69
Tabla 16 Uso de fondos: desembolso por fase de ejecución	70
Tabla 17 Flujo de caja del proyecto: entradas y salidas por componente.....	71
Tabla 18 Estado de tesorería (flujo de efectivo)	73

Tabla 19 Estado de resultados (período de 21 meses)	75
Tabla 20 Desglose del costo de producción.....	76
Tabla 21 Desglose de los gastos de administración (AIU)	76
Tabla 22 Balance general al cierre del proyecto	77
Tabla 23 Indicadores financieros del proyecto	78
Tabla 24 Parámetros de entrada de la evaluación financiera	79
Tabla 25 Flujo de caja neto descontado y recuperación de la inversión.....	80
Tabla 26 Estimación de la tasa de descuento por método	82
Tabla 27 Indicadores de evaluación financiera.....	84
Tabla 28 Memoria de cálculo de los indicadores.....	85
Tabla 29 Cálculo del valor presente de beneficios y costos	86
Tabla 30 Sensibilidad del escenario 1 (pesimista) frente al escenario base	87
Tabla 31 Sensibilidad del escenario 2 (optimista) frente al escenario base.....	88
Tabla 32 Riesgos, impacto estimado y planes de contingencia	90
Tabla 33 Balance Social del Proyecto	94
Tabla 34 Matriz de Identificación y Categorización de Impactos Ambientales.....	95
Tabla 35 Resultados del ACV Según Eco-Indicador 99.....	97
Tabla 36 Flujo de Entradas Principales del Proyecto	98
Tabla 37 Flujo de Salidas Principales del Proyecto.....	99

Tabla 38 Evaluación P5TM – Dimensión People (Personas).....	101
Tabla 39 Evaluación P5TM – Dimensión Planet (Planeta)	101
Tabla 40 Evaluación P5TM – Dimensión Profit (Beneficio Económico)	102
Tabla 41 Evaluación P5TM – Dimensión Process (Proceso)	102
Tabla 42 Evaluación P5TM – Dimensión Product (Producto)	103
Tabla 43 Resultado Consolidado de la Evaluación P5TM	103
Tabla 44 Emisiones Directas del Proyecto por Fuente (Alcance 1)	104
Tabla 45 Emisiones Indirectas por Energía del Proyecto (Alcance 2)	105
Tabla 46 Emisiones Indirectas de la Cadena de Valor del Proyecto (Alcance 3).....	105
Tabla 47 Huella de Carbono del Proyecto por Alcance.....	106
Tabla 48 Matriz Poder-Interés de Interesados	111
Tabla 49 Matriz de dependencia e influencia de interesados clave	112
Tabla 50 Estándar del Formato para la resolución de conflictos y gestión de expectativas	114
Tabla 51 Documento de Requisitos del Proyecto	116
Tabla 52 Niveles de escalamiento de las comunicaciones.....	121
Tabla 53 Hitos de la Línea Base de Tiempo	125
Tabla 54 Recursos críticos con sobredemanda y acción de nivelación	129
Tabla 55 Histograma de uso de personal por mes	130
Tabla 56 Estructura de desagregación de costos por capítulo	135

Tabla 57 Indicadores de valor ganado del proyecto	136
Tabla 58 Índices de desempeño por fase	137
Tabla 59 Especificaciones técnicas de calidad	141
Tabla 60 Formato de auditoría de calidad.....	148
Tabla 61 Lista de verificación de entregables principales	149
Tabla 62 Métrica de calidad: cronograma de trabajo.....	151
Tabla 63 Métrica de calidad: metodología constructiva	151
Tabla 64 Métrica de calidad: control en la planificación.....	151
Tabla 65 Matriz de Riesgos	164
Tabla 66 Criterios de Valoración de Proveedores	167
Tabla 67 Matriz de modalidades contractuales de adquisición	168
Tabla 68 Cronograma de compras y asignación de responsables.....	170

Índice de Figuras

Figura 1 Estado del tráfico en la Av. Mutis con Transversal 112B BIS A.....	22
Figura 2 Árbol de problemas.	23
Figura 3 Árbol de objetivos.	24
Figura 4 Objetivos de la organización	27
Figura 5 Misión y visión del IDU	28
Figura 6 Valores del IDU.....	29
Figura 7 Mapa estratégico de la organización.	29
Figura 8 Organigrama de la institución	31
Figura 9 Ciclo de vida del proyecto.....	55
Figura 10 Render del empalme vial en la Avenida Mutis	56
Figura 11 Render vista en planta del proyecto.....	57
Figura 12 Plano en Planta	58
Figura 13 Localización del proyecto.....	59
Figura 14 Representación del flujo de caja.....	72
Figura 15 Resumen de los indicadores de evaluación financiera	84
Figura 16 Comparación de los indicadores financieros por escenario	88
Figura 17 Recuperación de la inversión en valor presente (escenario base)	89
Figura 18 Registro de Interesados del Proyecto	110

Figura 19 Estructura de Desglose del Trabajo (EDT/WBS).....	118
Figura 20 Estructura de desglose de producto	119
Figura 21 Flujograma de las comunicaciones.....	122
Figura 22 Índices de desempeño del proyecto según la gestión del valor ganado	124
Figura 23 Línea Base del proyecto	125
Figura 24 Diagrama de red	126
Figura 25 Cronograma Resumido Tipo Gantt	127
Figura 26 ruta crítica del proyecto.	128
Figura 27 Cronograma con recursos sobre asignados antes de la nivelación	131
Figura 28 Cronograma con recursos nivelados.....	131
Figura 29 Línea base de costos a nivel de actividad.....	133
Figura 30 Presupuesto por actividad.....	134
Figura 31 Estructura de desagregación de recursos a nivel de recurso.....	135
Figura 32 Indicadores de desempeño.....	138
Figura 33 Curva s generada en Project	138
Figura 34 Representación de la proyección de los datos.	140
Figura 35 Diagrama de flujo del proceso de control de calidad	144
Figura 36 Diagrama de Ishikawa para la no conformidad en densidad de compactación	145
Figura 37 Estructura desagregación de recursos.....	154

Figura 38 Roles, Responsabilidades y Competencias.....	155
Figura 39 Histograma de Recursos Humanos.....	157
Figura 40 Matriz de probabilidad e impacto y umbral de tolerancia de riesgos del proyecto	161
Figura 41 Estructura de desagregación de riesgos (RiBS) del proyecto.....	162
Figura 42 Monto estimado por categoría de adquisición.....	169
Figura 43 Cronograma de compras por categoría de adquisición.....	171

Resumen

Este trabajo de grado desarrolla el plan de gestión gerencial para la construcción del empalme vial de la avenida Calle 63 (Avenida José Celestino Mutis) con la transversal 112B Bis A, en la localidad de Engativá, Bogotá D. C. La obra, planeada y gestionada por el Instituto de Desarrollo Urbano, con un presupuesto de \$13.331.560.035 y un plazo de ejecución de veintiún meses, resuelve la discontinuidad del corredor vial y beneficia a 612.630 habitantes de la zona de influencia con la construcción de 2.215,2 m² de espacio público y 213 m de ciclorruta. La planeación se apoya en la guía PMBOK del PMI en su octava edición y en la norma ISO 31000, y recoge los requisitos técnicos del IDU y del Esquema 2 de contratación pública. A partir de una estructura de desglose del trabajo de cinco niveles se formulan los planes de alcance, cronograma, costos, calidad, recursos, comunicaciones, riesgos, adquisiciones e interesados. La evaluación socioeconómica del proyecto arroja un valor presente neto social de \$51.514 millones, una relación beneficio costo de 3,52 y una tasa interna de retorno del 43,2 %, resultados que sostienen su viabilidad incluso en escenarios pesimistas. El plan incorpora además la gestión integral de residuos de construcción y demolición y la medición de la huella de carbono con la herramienta GPM P5.

Palabras clave: gestión de proyectos, infraestructura vial, PMBOK, evaluación socioeconómica, sostenibilidad

Abstract

This graduate thesis develops the project management plan for the construction of the road junction connecting Avenida Calle 63 (Avenida José Celestino Mutis) with Transversal 112B Bis A in the Engativá district of Bogotá, Colombia. The work, planned and managed by the Instituto de Desarrollo Urbano, with a budget of COP 13,331,560,035 and a twenty-one-month execution period, resolves the discontinuity of the road corridor and benefits 612,630 residents in influence through the construction of 2,215.2 m² of public space and 213 m of bicycle lanes. The planning is based on the eighth edition of the PMI PMBOK guide and the ISO 31000 standard and incorporates the technical requirements of the IDU and Colombia's Scheme 2 public procurement framework. From a five-level work breakdown structure, plans are formulated for scope, schedule, cost, quality, resources, communications, risk, procurement, and stakeholders. The socioeconomic evaluation of the project yields a social net present value of COP 51,514 million, a benefit cost ratio of 3.52, and an internal rate of return of 43.2%, results that support its viability even under pessimistic scenarios. The plan also incorporates construction and demolition waste management and carbon footprint measurement using the GPM P5 tool.

Keywords: project management, road infrastructure, PMBOK, socioeconomic evaluation, sustainability

Introducción

La gestión de proyectos de infraestructura pública a nivel global se fundamenta en la estandarización de procesos para garantizar el éxito del ciclo de vida de las obras civiles. Estándares internacionales como los propuestos por el Project Management Institute (2025) en su guía PMBOK, junto con normativas de gestión de riesgos como la ISO 31000, establecen que la eficiencia operativa y la sostenibilidad de un activo dependen de una planificación rigurosa. No obstante, la práctica de la ingeniería en el contexto colombiano evidencia una desconexión recurrente entre el cronograma planeado y la realidad ejecutada, lo que deriva en sobrecostos y reclamaciones legales (Castañeda et al., 2025a). Se identifica que estas brechas presupuestales se originan, en gran medida, por una deficiente madurez en la fase de pre-inversión y estudios Fase III incompletos, bajo la premisa de que una inversión insuficiente en diseño incrementa exponencialmente los costos de ejecución (Mogollón & Rueda, 2023).

En la ciudad de Bogotá, esta problemática se materializa de forma crítica en el occidente de la capital, específicamente en la Avenida José Celestino Mutis (Calle 63). Se identifica una discontinuidad técnica y funcional en la intersección con la Transversal 112B Bis A, donde la falta de un empalme adecuado entre el segmento recientemente construido y el trazado existente genera un cuello de botella constante. Este defecto estructural afecta la movilidad y la productividad de más de 612.000 ciudadanos de la localidad de Engativá. Según Quiroga Fúquene (2022), la administración de este tipo de infraestructuras requiere una arquitectura de procesos que integre matrices de riesgo institucionales desde las etapas de licitación, mitigando la gestión reactiva que caracteriza a los proyectos con baja madurez técnica.

La relevancia de intervenir este sector no solo responde a una necesidad de flujo vehicular, sino a un imperativo de justicia de transporte y equidad urbana. Históricamente, el

desarrollo vial en la capital ha priorizado al vehículo particular, generando una distribución desigual del suelo que perjudica a peatones y ciclistas (Guzman et al., 2021). Se estima que los automóviles ocupan el 42% de la malla vial, pero movilizan menos del 15% de los viajes totales, lo que constituye una injusticia distributiva. El presente estudio propone la construcción de 2.215 m² de espacio público accesible y redes de transporte alternativo de alta calidad, fundamentándose en el Derecho a la Ciudad donde la movilidad inclusiva sea el eje de la sostenibilidad (Rodríguez Jácome et al., 2023).

Asimismo, la finalización del empalme es una obligación de seguridad pública. Los accidentes de tránsito en este corredor interrumpido no se consideran eventos fortuitos, sino fallas físicas derivadas de una infraestructura incompleta (Cerquera Escobar, 2013). Bajo el enfoque de "Visión Cero", se asume que ninguna muerte en el tránsito es aceptable, reconociendo que el riesgo se incrementa en intersecciones donde el diseño urbano presenta "puntos negros" o hotspots predecibles (Carvajal et al., 2020). La fragmentación de la red vial eleva el Nivel de Estrés de Tráfico (LTS), obligando a los usuarios de movilidad activa a enfrentar tramos peligrosos que desalientan el uso de medios no motorizados (Huertas et al., 2020).

Desde la perspectiva de la salud pública, la movilidad ineficiente actúa como un vector de enfermedad que causa trauma, sedentarismo y problemas respiratorios (Tapia Granados, 1998). Se identifica, además, una cadena emocional de malestar psicosocial asociada a los extensos tiempos de viaje, donde la alerta crónica y la hostilidad defensiva degradan la salud mental de la población (Castañeda-Meneses, 2024). En Engativá, el hecho de que más de la mitad de la población tarde más de 30 minutos en trayectos cortos genera una angustia urbana

que reduce el tiempo de calidad familiar. Por consiguiente, se requiere una solución que trascienda lo vial para alcanzar una integración urbana compacta (Figuerola & Reyes, s.f.).

Bajo este escenario, el presente trabajo de grado tiene como propósito formular un plan de gestión gerencial aplicado al empalme de la Avenida Mutis con la Transversal 112B Bis A. Se pretende cerrar la brecha estructural existente mediante la aplicación de herramientas de la gerencia de proyectos que aseguren la madurez técnica y la gobernanza del riesgo. De este modo, la ingeniería no solo resuelve un problema de conectividad física, sino que se posiciona como una herramienta para devolver la fluidez operativa, proteger la vida de los usuarios y promover la equidad en el uso del espacio público en beneficio de la comunidad bogotana.

1. Planteamiento Inicial Del Proyecto

1.1 Antecedentes

1.1.1 Antecedentes Del Problema, Necesidad U Oportunidad.

Los ciudadanos que transitan el occidente de Bogotá enfrentan cotidianamente la frustración de un cuello de botella en la Avenida José Celestino Mutis (Calle 63). El problema central es una discontinuidad crítica en la Transversal 112B Bis A, donde el segmento de vía recientemente construido no empalma adecuadamente con el trazado existente, generando un embudo vehicular constante que frena la movilidad en un sector clave de Engativá. La necesidad es clara: el proyecto de Empalme de la Avenida Mutis en la Transversal 112B Bis A debe cerrar esta brecha estructural para que la Calle 63 funcione plenamente, devolviendo agilidad y fluidez al transporte en beneficio de toda la comunidad.

Figura 1 Estado del tráfico en la Av. Mutis con Transversal 112B BIS A

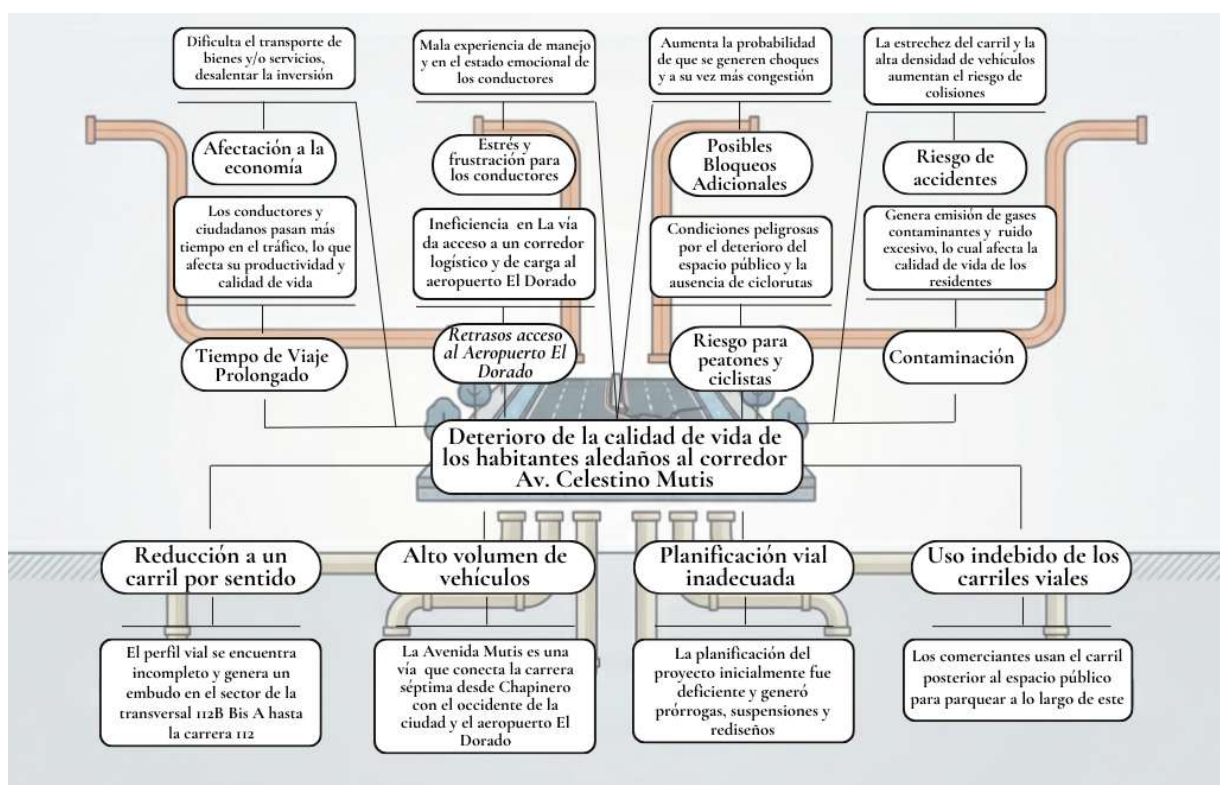


Nota, Representación del tráfico en la Av. Mutis con Transversal 112B Bis A. Tomada de Google maps, 2025 (<https://maps.app.goo.gl/bW3N4yGokGP49ZJ78>) © Google.

1.1.2 Descripción Del Problema (Problema De Negocio) - Árbol De Problemas.

Entender el desafío de la movilidad va más allá de medir el tráfico; se trata de comprender cómo esta falla vial afecta la vida diaria de las personas. Para hacer un diagnóstico claro y profundo, vamos a usar el Árbol de Problemas.

Figura 2 Árbol de problemas.

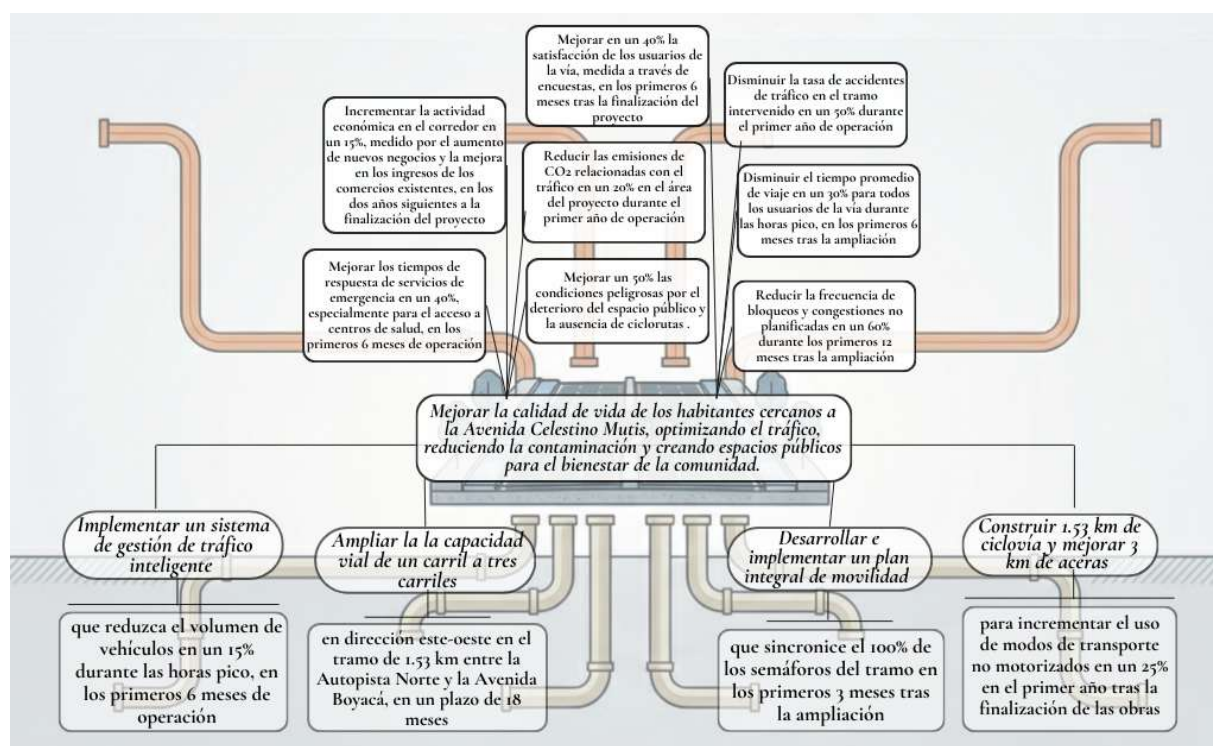


Nota. Gráfico usado como herramienta para identificar causas y efectos. Fuente Propia

1.1.3 Objetivos Del Proyecto (General Y Específicos) - Árbol De Objetivos.

Una vez delimitada la naturaleza y el alcance de la problemática, se emplea la metodología del Árbol de Objetivos, la cual permite realizar una transición lógica desde la identificación de las deficiencias hacia la definición de metas estratégicas.

Figura 3 Árbol de objetivos.



Nota. Gráfico usado como herramienta para identificar objetivos. Fuente Propia.

1.1.4 Matriz De Marco Lógico

Se establece la matriz de marco lógico como el instrumento estratégico para articular los objetivos, resultados e indicadores de desempeño del plan gerencial propuesto, el cual se soporta y se desarrolla en el documento ANEXO – 1.1.4 MATRIZ DE MARCO LÓGICO.

Tabla 1
Matriz de Marco Lógico del Proyecto

Resumen Narrativo	Indicadores Objetivamente Verificables	Medios de Verificación	Supuestos
Fin (Impacto): Contribuir al desarrollo urbano sostenible y al bienestar de los habitantes del occidente de Bogotá mediante la	Incremento en la percepción de calidad de vida de los 612.630 beneficiarios directos	Encuestas de percepción ciudadana (Etapa <i>Ex Post</i>) comparadas con la	Estabilidad de las políticas de movilidad del Distrito en el marco del Plan

Resumen Narrativo	Indicadores Objetivamente Verificables	Medios de Verificación	Supuestos
optimización de la infraestructura vial y el espacio público.	en un plazo de 2 años tras la entrega.	línea base de expectativa.	de Desarrollo "Bogotá Camina Segura".
Propósito (Resultado): Mejorar la conectividad, accesibilidad y fluidez vehicular en el corredor de la Av. Mutis (AC 63) entre la TV 112B Bis A y la Carrera 112.	Reducción del tiempo promedio de recorrido en el sector a menos de 15 minutos para el 60% de los usuarios habituales.	Informes de tránsito y mediciones de velocidad de operación post-intervención.	La ciudadanía hace un uso adecuado de la nueva infraestructura y respeta la señalización implementada.
Componentes (Productos): 1. Infraestructura vial de 213 metros lineales (Tipo V-3) construida y funcional. 2. Espacio público (2215,2 m ²) y ciclorruta sur (213 m) habilitados. 3. Redes hidrosanitarias y secas renovadas y protegidas. 4. Plan de Manejo Arqueológico ejecutado satisfactoriamente.	100% de la calzada norte y sur ejecutada conforme al diseño geométrico aprobado. 100% de las redes hidrosanitarias con concepto de "No Objeción" y recibo por parte de la EAAB.	Acta de Recibo Final de Obra suscrita por el IDU e Interventoría. Planos <i>As-Built</i> cargados en el sistema SIGIDU.	Las empresas de servicios públicos (EAAB, Enel, Vanti) aprueban los empalmes en los tiempos programados.
Actividades (Insumos): 1. Gestión de preliminares (Ajuste de diseños, BIM, PMT y actas de vecindad). 2. Ejecución de obra civil (Movimiento de tierras, pavimentos y estructuras). 3. Implementación de gestión social y ambiental (MAO-SST y Diálogo Ciudadano).	Ejecución del 100% del presupuesto oficial de \$13.331.560.035 en un plazo de 21 meses. Índice de desempeño del cronograma (SPI) $\geq$ 1.0.	Informes mensuales de Interventoría y reportes de Valor Ganado (EV). Bitácora de obra y registros de control de calidad.	La entrega del predio pendiente (RT-54250) se realiza dentro de los primeros 3 meses de ejecución.

Nota. Esta herramienta garantiza la trazabilidad técnica y operativa necesaria para asegurar que la intervención física del empalme vial cumpla con las metas de eficiencia y beneficio social.

1.2 Descripción Organización

La presente sección describe al Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), entidad patrocinadora y contratante del proyecto, caracterizando su naturaleza jurídica, su direccionamiento estratégico y su estructura organizacional como elementos que enmarcan la gestión gerencial del empalme de la Avenida José Celestino Mutis con la Transversal 112B Bis.

1.2.1 Descripción General

El Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) fue creado mediante el Acuerdo 19 de 1972 del Concejo de Bogotá D.C., con el objeto de ejecutar obras viales y de espacio público para el desarrollo urbano de Bogotá (Concejo de Bogotá D.C., 1972). A lo largo de más de cinco décadas, la entidad ha liderado la planeación, construcción y conservación de vías, andenes, ciclorrutas y espacios públicos, respondiendo a los retos de movilidad derivados del crecimiento urbano acelerado de Bogotá. Su propósito es generar conectividad territorial, reducir riesgos viales y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos (IDU, 2024).

1.2.2 Direccionamiento Estratégico De La Organización.

El direccionamiento estratégico del IDU se encuentra formalizado en la Resolución No. 3197 de 2024, expedida por la Dirección General, mediante la cual se adoptó la Plataforma Estratégica institucional vigente, en articulación con el Modelo Integrado de Planeación y Gestión (MIPG) y el Plan de Desarrollo Distrital "Bogotá Camina Segura" 2024-2027 (IDU, 2024).

1.2.2.1 Objetivos Estratégicos De La Organización.

Figura 4 Objetivos de la organización



Nota. Esta figura consolida los objetivos de la organización. Imagen generada por IA. Google. (2025). NotebookLM, <https://notebooklm.google.com/>

1.2.2.2 Políticas Institucionales.

La Plataforma Estratégica del IDU (IDU, 2024) define seis políticas transversales: calidad en la ejecución de proyectos conforme a la normatividad vigente; seguridad vial mediante el diseño de obras que reduzcan siniestros; innovación y sostenibilidad en todas las etapas de los proyectos; responsabilidad social con las comunidades intervenidas; gestión eficiente de los recursos públicos; y ética y transparencia en todas las actuaciones institucionales.

1.2.2.3 Misión, Visión Y Valores.

- **Misión:** el IDU es un establecimiento público descentralizado que ejecuta infraestructura con propósito, fomentando el desarrollo territorial y el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos del Distrito Capital, a través de la planeación,

- construcción y conservación de proyectos para la movilidad y el espacio público (IDU, 2024).
- **Visión:** al año 2050, el IDU será reconocido como una entidad confiable, efectiva y oportuna, que, a través de la colaboración interinstitucional, la innovación y la participación ciudadana, contribuirá a una Bogotá con infraestructura de movilidad más accesible, moderna y segura (IDU, 2024).

Figura 5 Misión y visión del IDU



Nota. Esta figura ilustra los lineamientos de misión y visión del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), que orientan su labor hacia la ejecución de infraestructura con propósito y proyectan a la entidad como referente de confiabilidad e innovación al servicio del desarrollo territorial de Bogotá. Imagen generada por IA. Google. (2025). Gemini, <https://gemini.google.com/>

Figura 6 Valores del IDU



Nota. Esta figura representa los valores institucionales del IDU (IDU, 2024). Imagen generada por IA. Google. (2025). Gemini, <https://gemini.google.com/>

- **Valores:** La cultura organizacional del IDU se sustenta en seis valores: compromiso, calidad, innovación, eficiencia, trabajo en equipo y responsabilidad social (IDU, 2024).

1.2.2.4 Mapa Estratégico.

El mapa estratégico del IDU articula cuatro perspectivas interconectadas orientadas a la generación de valor público (IDU, 2024). Desde la base, la perspectiva de Aprendizaje y Crecimiento fortalece el talento humano e impulsa la innovación, lo que optimiza los Procesos Internos y eleva la calidad del servicio. Esto se traduce en mayor satisfacción ciudadana desde la perspectiva del Cliente, y en un uso eficiente de los recursos públicos en la perspectiva Financiera, contribuyendo al desarrollo sostenible de Bogotá.

Figura 7 Mapa estratégico de la organización.



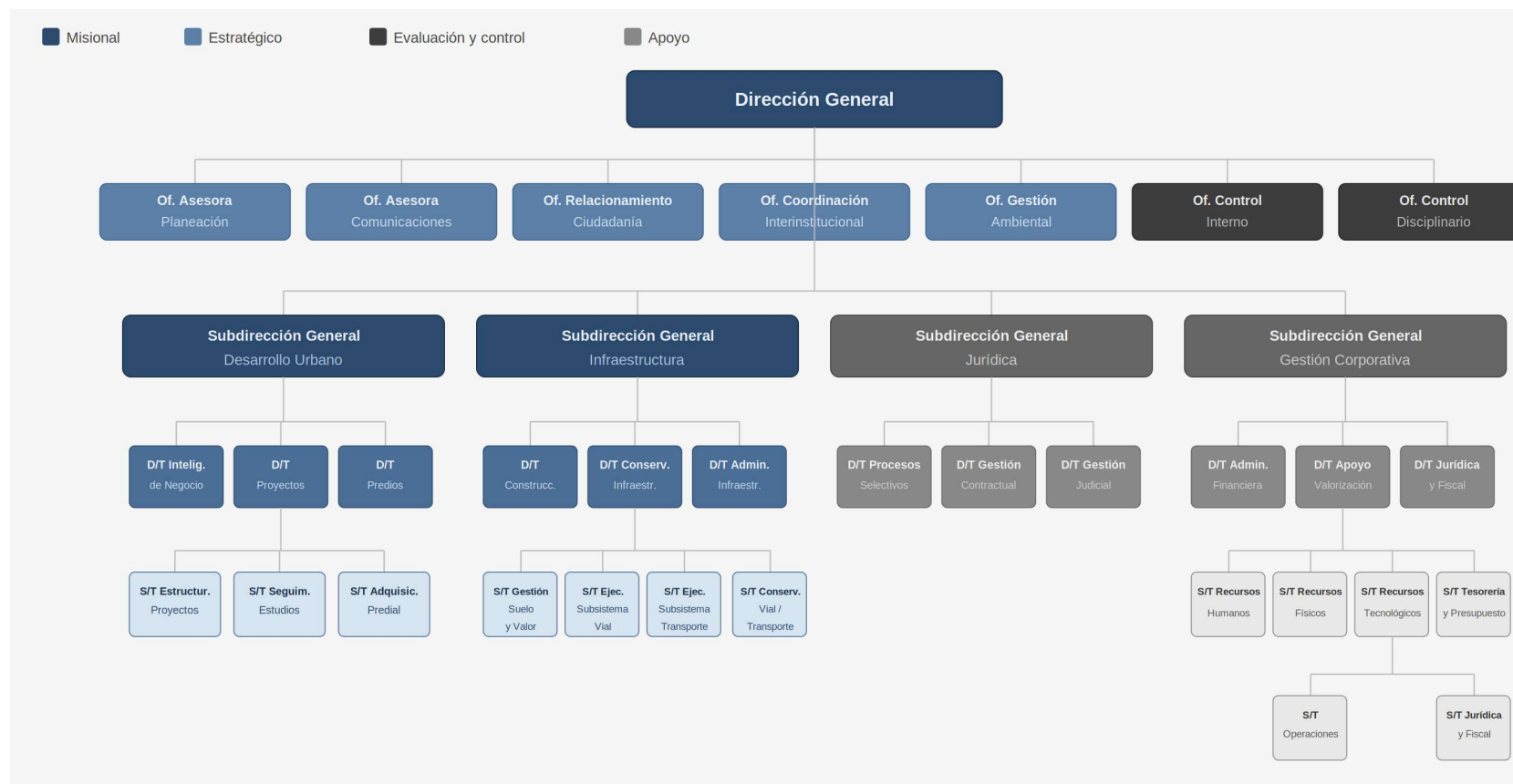
Nota. Esta figura representa las estrategias de la organización. Imagen generada por IA. Google. (2025). NotebookLM, <https://notebooklm.google.com/>

1.2.3 Estructura Organizacional

El IDU corresponde a una estructura matricial fuerte. Aunque es una entidad pública, contexto que suele asociarse a estructuras funcionales tradicionales donde los proyectos se ejecutan dentro de departamentos especializados sin un director con autoridad formal, la naturaleza operativa del IDU es fundamentalmente distinta, dado que su razón de ser es la ejecución de proyectos de infraestructura con alcance, presupuesto, cronograma y entregables definidos, lo que la aleja de una organización funcional clásica y la acerca a modelos orientados a resultados por proyecto.

Esta clasificación se sustenta en tres evidencias. El organigrama institucional (Consejo Directivo del IDU, 2025) refleja la coexistencia de subdirecciones generales que proveen recursos técnicos, jurídicos y financieros desde una lógica funcional permanente, mientras que las direcciones técnicas de Construcciones y Conservación ejercen supervisión directa sobre cada contrato con control sobre cronograma, presupuesto y calidad, rasgo propio de una estructura proyectizada. A su vez, los directores técnicos de cada proyecto operan con autoridad moderada a alta, dedican su tiempo completo a la gestión del proyecto y mantienen control sobre el presupuesto del contrato, lo que coincide puntualmente con la definición de matricial fuerte del PMBOK (PMI, 2025). Finalmente, a diferencia de una organización puramente proyectizada, el IDU conserva una planta institucional permanente que no se disuelve al cerrar cada obra, lo que garantiza la continuidad de los procesos administrativos y la gestión simultánea de múltiples proyectos con recursos compartidos.

Figura 8 Organigrama de la institución



Nota. Esta figura representa a nivel general la estructura organizacional tomada del IDU, 2026. Imagen generada por IA mediante Claude, de Anthropic, 2026, <https://claude.ai>

1.3 Caso De Negocio (Business Case)

1.3.1 Descripción De Alternativas

Se identifica que soluciones operativas como la sincronización semafórica y el fomento del transporte público, responden a estándares internacionales de optimización de activos, buscando eficiencia operativa sin requerir infraestructuras masivas inmediatas. Por otro lado, la restricción vehicular se analiza como una medida de control de flujo a corto plazo.

Adicional, se integra un empalme vial como la solución a largo plazo que permite corregir la discontinuidad geométrica detectada. Este conjunto multidimensional permite contrastar diferentes alternativas asegurando que la decisión final resuelva la problemática, reduzca los niveles de estrés del tráfico y cumpla con el Derecho a la Ciudad mediante la inclusión de movilidad activa.

Las alternativas son:

- Implementar estrategias para impulsar el uso del transporte público.
- Desarrollo de plan integral de movilidad con sincronización de semáforos.
- Implementar la restricción vehicular por placas.
- Empalme vial a tres carriles con ciclovías y mejora de aceras

1.3.2 Criterios De Selección De Alternativas

Se establecen los criterios de selección bajo un enfoque de gestión integral que prioriza la resolución de la falla técnica y el impacto social del proyecto. Se asigna la mayor ponderación (35%) al impacto en la reducción del tiempo de viaje, reconociendo que la eliminación del cuello

de botella es el objetivo primario para recuperar la funcionalidad operativa del corredor y mejorar la productividad sistémica (Zeng et al., 2019).

La aceptación social (25%) se fundamenta en la necesidad de corregir la injusticia distributiva del espacio vial y garantizar la legitimidad de la intervención a través de la participación ciudadana, evitando conflictos que deriven en parálisis de obra (Guzman et al., 2021).

Por su parte, el costo de implementación (20%) actúa como un parámetro de eficiencia financiera, esencial para blindar la inversión pública (Mogollón & Rueda, 2023).

Finalmente, el tiempo de ejecución y la sostenibilidad ambiental (10% cada uno) aseguran que la alternativa seleccionada sea técnicamente viable a corto plazo y resiliente ante los desafíos del cambio climático, cumpliendo con el Derecho a la Ciudad y los estándares de movilidad inclusiva (Rodríguez Jácome et al., 2023).

Se aplican los siguientes criterios de para su evaluación:

- Aceptación social (25%)
- Impacto en la reducción del tiempo de viaje (35%)
- Costo de implementación (20%)
- Tiempo de ejecución (10%)
- Sostenibilidad ambiental (10%)

La evaluación se hace realizando una calificación de 1 a 5 según los criterios, obteniéndose la siguiente matriz:

Tabla 2
Matriz de Alternativas

ALTERNATIVA	SOCIAL 25%	IMPACTO 35%	COSTO 20%	TIEMPO 10%	SOSTENIBILIDAD 10%	TOTAL
Estrategias de transporte Público	3	2	3	3	4	2,75
Sincronización de semáforos	2	3	4	4	1	2,85
Restricción por pico y placa	1	4	5	4	5	3,55
Empalme de los carriles	5	5	1	2	4	3,8

Nota. La tabla contiene la calificación de cada proyecto según el criterio, esta calificación se pondera según el porcentaje que tiene asignado cada criterio para así, finalmente, sumar estos valores y poder identificar el proyecto seleccionado.

1.3.3 Análisis De Alternativas

i) Implementar estrategias para impulsar el uso del transporte público:

- **Ventajas:** Aceptación social y sostenibilidad ambiental.
- **Desventajas:** Requiere coordinación compleja entre entidades y el impacto no es representativo mientras no se mejore la infraestructura vial.

ii) Desarrollo de plan integral de movilidad con sincronización de semáforos:

- **Ventajas:** Equilibrio entre costo y tiempo.
- **Desventajas:** Resistencia de los usuarios por mayores tiempos de espera en semáforos lo cual no genera un impacto diferenciador.

iii) Implementar la restricción vehicular por placas:

- **Ventajas:** Mayor impacto en la reducción del tiempo de viaje, costo, tiempo de implementación y mayor aporte de sostenibilidad ambiental.
- **Desventajas:** La limitación de los vehículos particulares no es agradable para los ciudadanos debido a que esta es una zona de comercio y carga.

iv) Empalme vial a tres carriles con ciclovías y mejora de aceras:

- **Ventajas:** Aceptación del público aumentando la seguridad vehicular, peatonal y de ciclistas. Valorización y armonización del sector. Impacto en la reducción de tiempos de desplazamiento.
- **Desventajas:** Mayor inversión de costo y tiempo.

1.3.4 Selección De Alternativa

Del análisis, la alternativa con mayor puntuación ponderada es el "Empalme vial a tres carriles con ciclovías y mejora de aceras" (3,8). Este proyecto responde a la necesidad del ciudadano por una movilidad segura con un enfoque de aceptación pública al priorizar la seguridad de peatones y ciclistas, agilizando el tráfico para regular tiempo a los ciudadanos y valorizar su entorno. Aunque exige un compromiso mayor en inversión y tiempo, es una inversión que da solución a largo plazo.

1.3.5 Justificación Del Proyecto (Finalidad E Impacto)

La ejecución de esta obra no responde a un plan de desarrollo rutinario; es un deber de ingeniería civil que se convierte en una obligación de seguridad pública y justicia social. La justificación se construye sobre el reconocimiento profesional de una falla crítica que afecta directamente la vida de más de 612,000 ciudadanos en el occidente de Bogotá: la discontinuidad técnica y funcional de la Avenida Mutis (Calle 63) en la Transversal 112B Bis A.

La inacción frente a esta situación tiene un costo humano evidente y dolorosamente documentado. Tras años de espera por una vía que prometía mejorar la movilidad y la calidad de vida, la ausencia de un empalme adecuado ha transformado este punto en un tramo de riesgo extremo. Aquí, cada siniestro no es una cifra ni un incidente fortuito: es una fractura en la vida de familias enteras. Los reportes periodísticos han mostrado, con crudeza, que este corredor se ha convertido en un escenario recurrente de accidentes graves y fatales, donde choques de alta severidad, vehículos volcados y episodios súbitos de congestión son parte del día a día. La evidencia técnica es irrefutable: estamos frente a un riesgo predecible, directamente asociado a una infraestructura incompleta.

Ignorar la necesidad de esta solución equivale a aceptar, de forma tácita, que nuevas pérdidas humanas son probables y que la ingeniería no actuó cuando debía hacerlo. La persistencia de este defecto estructural no solo amenaza la vida de quienes transitan la vía, sino que extiende sus efectos al ámbito institucional y social. Las familias afectadas enfrentan procesos judiciales llenos de incertidumbre, retrasos y dudas sobre la responsabilidad de las autoridades, profundizando una sensación colectiva de desprotección y abandono.

El proyecto de empalme, más que una obra civil, es una intervención de mitigación del riesgo catastrófico. La construcción de calzadas seguras, andenes y ciclorruta constituye la única solución capaz de cerrar una brecha estructural que hoy compromete vidas. La ingeniería tiene la obligación de transformar este punto crítico en un corredor seguro y resiliente, demostrando que la infraestructura bien ejecutada es, ante todo, un acto de protección humana. Cada día sin esta intervención aumenta la posibilidad de un nuevo siniestro y profundiza una crisis social y judicial que no admite más demoras.

1.4 Marco Teórico

Los conceptos que fundamentan el análisis y la formulación del plan de gestión gerencial del proyecto se articulan en cinco dimensiones interdependientes, que abarcan desde la relación entre infraestructura urbana y calidad de vida, hasta las herramientas metodológicas de evaluación empleadas en la toma de decisiones a lo largo del ciclo de vida de la obra.

1.4.1 Dimensión De La Infraestructura Urbana Y Calidad De Vida

1.4.1.1 Fundamentos De La Infraestructura Urbana.

La infraestructura urbana se define como el sistema de activos físicos y servicios esenciales que permiten el funcionamiento operativo y socioeconómico de los asentamientos humanos. Desde una perspectiva técnica, el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU, 2021) establece que la infraestructura no solo comprende la superficie de rodadura, sino que integra redes de servicios públicos, espacio público y sistemas de movilidad multimodal. La importancia de estas estructuras radica en su capacidad para facilitar la accesibilidad, entendida como la facilidad con la que los ciudadanos alcanzan destinos y servicios esenciales (Gehl, 2010).

En relación con el bienestar, se ha demostrado que la calidad de la infraestructura influye directamente en la percepción de seguridad y salud de los residentes. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022) asocia una infraestructura vial deficiente con el incremento de niveles de estrés y enfermedades respiratorias derivadas de la congestión. Por lo tanto, la culminación de nodos viales y empalmes técnicos se traduce en una mejora en la satisfacción general, al reducir externalidades negativas como el ruido y la contaminación ambiental en sectores críticos como Engativá (Secretaría Distrital de Movilidad [SDM], 2023).

1.4.1.2 Planificación Urbana Y Sostenibilidad.

La planificación eficiente se fundamenta en la coherencia entre el crecimiento demográfico y la capacidad de carga de la red vial. Las teorías de diseño urbano contemporáneo advierten que la falta de continuidad en las mallas viales arteriales como la observada en la Avenida José Celestino Mutis provoca el fenómeno de "cuellos de botella", los cuales generan una gestión ineficiente del tráfico y un uso excesivo de combustibles fósiles (UN-Hábitat, 2020).

Bajo los lineamientos del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Bogotá, específicamente el Decreto 555 de 2021, la sostenibilidad se articula mediante la creación de infraestructuras verdes y resilientes. Este paradigma propone que las intervenciones viales deben mitigar los efectos del cambio climático a través de sistemas de drenaje sostenible (SUDS) y la preservación del arbolado urbano, transformando el entorno en un espacio habitable que equilibra la movilidad motorizada con la preservación ecológica (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2021).

1.4.1.3 Movilidad, Justicia Espacial Y Calidad De Vida (QOL).

La Teoría de la Justicia del Transporte analiza la equidad en la distribución del espacio vial y los beneficios de la movilidad. Martens (2017) argumenta que la justicia espacial se alcanza cuando la infraestructura elimina las barreras físicas que aíslan a las comunidades de las oportunidades económicas.

La Calidad de Vida (QOL) se mide a través de indicadores multidimensionales que vinculan el desempeño de la infraestructura con el bienestar social. Según el modelo de Sirgy (2012), la eficiencia vial afecta variables de oportunidad económica (tiempos de viaje), seguridad (reducción de siniestralidad) y amigabilidad ambiental (reducción de emisiones). La aplicación

de estos indicadores permite cuantificar el retorno social de proyectos de empalme vial, trascendiendo la visión meramente técnica del diseño de pavimentos (Takano et al., 2023).

Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2022), un incremento en la conectividad vial está correlacionado con una mejora en el bienestar psicosocial, al permitir que el ciudadano recupere tiempo personal y disminuya la fatiga derivada del tráfico ineficiente.

1.4.2 Dimensión De Gerencia Y Maduración De Proyectos Públicos

1.4.2.1 Fundamentos Y Metodologías De Gestión De Proyectos.

La gestión de proyectos de infraestructura pública se rige por el ciclo de vida definido por el Project Management Institute (PMI, 2025), el cual comprende las fases de inicio, planificación, ejecución, monitoreo y cierre. En el ámbito de la ingeniería vial, este ciclo debe garantizar que los objetivos se alcancen dentro de las restricciones de tiempo, costo y calidad (Kerzner, 2017).

Se aplican enfoques tradicionales para la construcción física, asegurando un control riguroso del alcance mediante la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT). No obstante, la gerencia moderna incorpora elementos de enfoques ágiles para la resolución de contingencias en etapas de diseño. La integración de la Gestión del Costo y del Cronograma, apoyada en la técnica del Valor Ganado (EVM), permite monitorear el desempeño real frente a la línea base, facilitando la toma de decisiones gerenciales oportunas (PMI, 2025).

1.4.2.2 Teoría De La Maduración De Proyectos.

En el contexto distrital, la maduración de proyectos se define como el proceso metódico de refinamiento de la ingeniería desde la factibilidad hasta el diseño de detalle o Fase III. La

Guía de Maduración del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU, 2019) establece que un proyecto maduro es aquel que ha minimizado su incertidumbre técnica, permitiendo una transición fluida a la etapa de construcción. Internacionalmente, este proceso se conoce como Front-End Loading (FEL), un factor crítico para evitar desviaciones en megaproyectos (Flyvbjerg, 2014).

El análisis de factores como la coordinación de redes de servicios públicos y la gestión de permisos en fases tempranas reduce la probabilidad de parálisis contractuales (Love et al., 2016). En Bogotá, la interferencia de redes constituye uno de los mayores retos para el cumplimiento de cronogramas, exigiendo una maduración técnica que integre la información de los stakeholders institucionales desde el inicio (Castañeda et al., 2022). Por lo tanto, el refinamiento de los diseños técnicos antes de la ejecución física es la estrategia más eficiente para minimizar las órdenes de cambio y los sobrecostos financieros durante la fase de construcción (Castañeda & Sánchez, 2022).

1.4.2.3 Gestión Del Riesgo Y Gobernanza.

Conforme a la norma ISO 31000 (2018), el riesgo se define como el efecto de la incertidumbre sobre los objetivos del proyecto. En la construcción de infraestructura vial, la identificación y tipificación de riesgos técnicos, legales, ambientales y sociales es responsabilidad de la entidad estatal en conjunto con el contratista. En proyectos de infraestructura vial, la gobernanza del riesgo implica identificar eventos aleatorios y asignar su gestión a la parte mejor capacitada para mitigarlos (Chapman & Ward, 2011). Este proceso debe ser transversal al ciclo de vida del proyecto, garantizando la transparencia y la optimización de los recursos públicos (Hillson, 2017).

La ingeniería vial enfrenta dos tipos de riesgos críticos: catastróficos (fallas geotécnicas o estructurales) y operativos (retrasos en permisos o logística de obra). Los modelos de mitigación

proactiva se fundamentan en la creación de planes de contingencia robustos y en la implementación de seguros de responsabilidad civil que protejan el activo y a la comunidad circundante (Edwards et al., 2019). La implementación de seguros y políticas de estabilidad de obra actúa como una línea de defensa financiera, asegurando que la inversión pública se traduzca en un activo resiliente y funcional para el Distrito (Quiroga & Fúquene, 2021).

1.4.3 Políticas, Gobierno Y Participación Ciudadana

1.4.3.1 Rol De Las Políticas Públicas.

La ejecución de infraestructuras de transporte en entornos urbanos consolidados trasciende la mera intervención física, situándose en un complejo entramado de interacciones entre la institucionalidad, el marco legal y la base social. Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2020), la gobernanza de la infraestructura pública requiere una alineación estratégica que garantice que las decisiones de inversión respondan a objetivos de largo plazo y de equidad territorial.

Las políticas públicas operan como la hoja de ruta para la provisión de servicios urbanos. En el ámbito global, se ha transitado hacia un paradigma donde la infraestructura debe adaptarse a la morfología y necesidades específicas de las comunidades locales (UN-Hábitat, 2022). Este enfoque postula que la efectividad de una política pública no radica en la uniformidad de su aplicación, sino en su capacidad de resolver fallos de conectividad específicos, como las discontinuidades viales, para mejorar la productividad sistémica de la ciudad (Cervero et al., 2017).

1.4.3.2 Identificación Y Gestión De Grupos De Interés.

El éxito de los proyectos de infraestructura está intrínsecamente ligado a una gestión proactiva de los grupos de interés o stakeholders. Freeman (1984) define a estos grupos como cualquier actor que pueda afectar o ser afectado por el logro de los objetivos del proyecto. En la ingeniería de transporte contemporánea, el dominio de desempeño de Partes Interesadas establecido en la Guía PMBOK, octava edición, abarca desde las autoridades ambientales y entes de control hasta las organizaciones vecinales y comerciantes locales (Project Management Institute, PMI, 2025). Un análisis de influencia y expectativas permite mitigar riesgos reputacionales y operativos, asegurando la viabilidad social del proyecto desde la etapa de maduración.

La participación ciudadana se fundamenta en la teoría del Derecho a la Ciudad de Lefebvre (1968), la cual reclama el protagonismo de los habitantes en la producción del espacio urbano. Bajo modelos de gobernanza colaborativa, la inclusión de la comunidad en la toma de decisiones no debe ser un requisito procedimental, sino una herramienta técnica para validar el diseño y asegurar la apropiación del activo construido (Borja, 2013). La literatura global demuestra que los proyectos que integran mecanismos de diálogo social reducen significativamente los índices de conflictividad y sobrecostos por parálisis de obra.

1.4.3.3 Marco Normativo Y Reglamentario.

El ordenamiento territorial de Bogotá se rige por el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), específicamente bajo los Decretos 190 de 2004 y 555 de 2021. Estas normas definen los perfiles viales y las franjas funcionales de uso público. Además, la Ley 1682 de 2013 (Ley de Infraestructura) establece las medidas para la gestión de predios y servicios públicos, exigiendo

que las entidades identifiquen integralmente las redes de servicios en el área de influencia antes de iniciar la construcción (Mogollón Márquez & Rueda Peña, 2023).

1.4.4 Dimensión Técnica: Ingeniería De Pavimentos Y Urbanismo

1.4.4.1 Ingeniería De Pavimentos Y Diseño Urbano.

La construcción física de corredores viales demanda un soporte científico robusto para garantizar la vida útil del activo. En Bogotá, la composición de los suelos de la zona de Engativá, caracterizada por ser de tipo Lacustre A (suelos blandos con alta compresibilidad y bajo CBR), impone desafíos estructurales críticos (Instituto de Desarrollo Urbano [IDU], 2021). Las teorías contemporáneas de ingeniería de pavimentos sugieren el uso de bases no erosionables y subrasantes estabilizadas para mitigar fallas prematuras derivadas del nivel freático alto y las cargas dinámicas pesadas (Huang, 2004).

El diseño de espacio público ha evolucionado desde el enfoque vehicular hacia la "Calle Completa". Este concepto internacional promueve la integración segura de calzadas, andenes técnicos y ciclorrutas bajo criterios de movilidad activa (Gehl, 2010). Según Jacobs (1961), la vitalidad de una vía depende de la diversidad de sus usos y de la seguridad percibida por el peatón, lo cual se materializa mediante un diseño geométrico que minimice los puntos de conflicto y maximice la accesibilidad universal.

1.4.4.2 Sostenibilidad Ambiental Y Economía Circular.

La ingeniería civil moderna adopta el modelo de economía circular para reducir el impacto ambiental de las obras. La gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) se ha convertido en un estándar global para la sostenibilidad urbana (Ellen MacArthur Foundation,

2019). En este ámbito, la incorporación de materiales innovadores como el Grano de Caucho Reciclado (GCR), derivado de llantas usadas, en las mezclas asfálticas, mejora la resistencia a la fatiga del pavimento y la estabilidad ante variaciones térmicas, alineándose con las directrices de crecimiento verde de la Comisión Europea (2020).

1.4.5 Herramientas, Instrumentos Y Metodologías De Evaluación

1.4.5.1 Instrumentos De Gestión Del Alcance Y Responsabilidades.

Para blindar el cumplimiento de los objetivos, se emplea la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT/WBS), que permite la descomposición jerárquica de los entregables en paquetes de trabajo medibles (Kerzner, 2017). Esta herramienta garantiza que el alcance del empalme vial esté plenamente definido, evitando el "Scope Creep" o crecimiento descontrolado del alcance. Complementariamente, se utiliza la Matriz de Asignación de Responsabilidades (RACI) para delimitar funciones de ejecución, responsabilidad, consulta e información entre el contratista, la interventoría y la entidad estatal, optimizando los flujos de comunicación técnica (PMI, 2025).

1.4.5.2 Metodologías De Monitoreo Y Seguimiento.

El control físico y financiero se fundamenta en la Gestión del Valor Ganado (EVM). Esta metodología integra el alcance, el tiempo y los costos, permitiendo calcular indicadores de desempeño como el Índice de Desempeño del Costo (CPI) y el Índice de Desempeño del Cronograma (SPI). Según Anbari (2003), el uso de EVM facilita la proyección de costos al finalizar el proyecto y permite la toma de decisiones correctivas oportunas. La definición de Indicadores Clave de Desempeño (KPI) técnicos, como el cumplimiento de metas físicas por mes

y la calidad de los materiales, es esencial para asegurar el valor por dinero en la inversión pública.

1.5.5.3 Instrumentos De Evaluación Social Y De Seguridad.

La seguridad del usuario se evalúa mediante el Nivel de Estrés del Tráfico (LTS), una metodología de referencia internacional desarrollada por Furth et al. (2016). El LTS clasifica los segmentos viales según el nivel de incomodidad y peligro percibido por usuarios vulnerables (peatones y ciclistas). Un LTS bajo es indicativo de una infraestructura inclusiva y segura.

Finalmente, las herramientas de diagnóstico social, basadas en el análisis de datos multivariados y en modelos de ecuaciones estructurales, permiten medir la relación entre la infraestructura construida y la mejora en la calidad de vida de los habitantes. Este enfoque ayuda a verificar si la inversión física cumple su propósito principal: mejorar el bienestar ciudadano y la eficiencia de la movilidad urbana (Takano et al., 2023), con apoyo en los informes de seguimiento y los reportes de ejecución contractual del proyecto.

1.5 Marco Metodológico

1.5.1 Enfoque De Investigación

El trabajo se desarrolla con un enfoque mixto que articula la mirada cuantitativa y la cualitativa. Por el lado cuantitativo se trabaja con indicadores de desempeño como el CPI, el SPI, el avance físico-financiero y el Valor Ganado, que permiten contrastar el avance real frente a la línea base. Por el lado cualitativo se revisan los estudios previos, las matrices de riesgo, las actas y los reportes de interesados para entender las decisiones gerenciales y los factores del contexto.

La combinación de ambas perspectivas aporta una visión más completa y consistente con el rigor que exige la gerencia de proyectos (Hernández Sampieri et al., 2014).

1.5.2 Tipo De Investigación

La investigación es de tipo descriptivo aplicado. Es descriptiva porque caracteriza de manera ordenada las condiciones, los procesos y los resultados del plan de gestión gerencial para el empalme de la Avenida Mutis, identificando patrones, factores críticos de éxito y causas de las desviaciones. Es aplicada porque su producto final es un plan de gestión concreto, alineado con los lineamientos del PMBOK y con el Manual de Gestión Contractual del IDU, que responde a un problema real de la ejecución y puede adaptarse a otros proyectos de infraestructura urbana en Colombia.

1.5.3 Población Y Muestra

La presente investigación corresponde a un estudio de caso único, cuya unidad de análisis es el proyecto de construcción del empalme de la Avenida Mutis, Transversal 112B Bis A, adelantado por el Instituto de Desarrollo Urbano en el marco de sus competencias de infraestructura vial distrital. Al no ser un estudio poblacional, la muestra no está constituida por personas sino por el cuerpo documental del proyecto: estudios previos, contrato de obra, actas de inicio y seguimiento, informes de avance e interventoría y registros del SIGIDU, cuyo detalle se presenta en la sección 1.5.5. En cuanto a la población beneficiaria del proyecto, los estudios previos del IDU identifican 612.630 beneficiarios directos correspondientes a los usuarios habituales del corredor (IDU, 2023), cifra que representa una parte de los 912.344 habitantes proyectados de Engativá (DANE, 2024), a la que se suma la población flotante de Fontibón y Suba

que usa el corredor como eje oriente-occidente sin estar cuantificada en los estudios disponibles. Estos datos contextualizan la pertinencia social del proyecto.

1.5.4 Herramientas Para La Recolección De Información

Las herramientas de recolección se agrupan en tres frentes. El análisis documental revisa estudios previos, anexo técnico, presupuesto, cronograma, matrices de riesgo, actas e informes mensuales de avance, lo que aporta datos cuantitativos de ejecución y evidencia las decisiones gerenciales. La gestión del proyecto se apoya en instrumentos del PMBOK (octava edición): EDT para el alcance, matriz RACI para roles, Valor Ganado (EVM) para costo y tiempo, matriz de probabilidad e impacto para riesgos y diagrama de red con estimación PERT, modelados en MS Project para el cronograma y la nivelación de recursos. La revisión bibliométrica y el estado del arte se construyen con VOSviewer y búsquedas sistemáticas en Scopus, Web of Science y ScienceDirect, organizadas en una matriz de recuperación por pertinencia, año y aporte teórico.

La validación de los productos del plan de gestión se realizó mediante juicio de expertos, técnica reconocida en el PMBOK como mecanismo de verificación de la pertinencia y aplicabilidad de los instrumentos de gerencia de proyectos (PMI, 2025). Este proceso consistió en la revisión crítica de cada plan subsidiario por parte de los directores del trabajo de grado, profesionales con experiencia en gerencia de proyectos de infraestructura pública, quienes contrastaron los productos elaborados con los documentos contractuales oficiales del IDU, el Manual de Gestión Contractual (MGGC-01 V10) y los estándares de la octava edición del PMBOK, verificando la coherencia técnica, la aplicabilidad operativa y el cumplimiento de la normativa de obra pública distrital.

1.5.5 Fuentes De Información (Primarias Y Secundarias)

Las fuentes de información se organizan en primarias y secundarias. Las primarias provienen de la ejecución directa del proyecto e incluyen los documentos del proceso de licitación pública, las actas de inicio, cambio de fase y seguimiento, los informes mensuales de avance, los registros físico-financieros del SIGIDU y las comunicaciones oficiales con las empresas de servicios públicos y las entidades de control. Las secundarias corresponden al soporte académico y normativo, como la Guía PMBOK octava edición (PMI, 2025), la norma ISO 31000:2018, la Guía de Maduración de Proyectos del IDU (GU-FP-04), el Manual de Gestión Contractual del IDU (MGGC-01), el POT de Bogotá y los artículos científicos y trabajos de grado en ingeniería de transporte y gerencia de proyectos.

2. Estudios Y Evaluaciones

2.1 Estudio De Mercado

El estudio de mercado caracteriza la demanda social de infraestructura vial, identifica la población beneficiaria, cuantifica la necesidad de movilidad en Engativá y sustenta que el proyecto representa la respuesta más eficiente a dicha necesidad (Baca Urbina, 2016).

2.1.1 Población

Desde la perspectiva del estudio de mercado, la población se analiza como demanda potencial de la infraestructura. Engativá registra 912.344 habitantes proyectados para 2025 sobre 3.588 hectáreas (DANE, 2024), con alta tasa de desplazamientos pendulares hacia el centro y el

occidente de Bogotá. Las Unidades de Planeamiento Local de Engativá, Garcés Navas y Bolivia concentran equipamientos educativos, comerciales y de salud que generan viajes recurrentes por el corredor, a los que se suma la población flotante de Fontibón y Suba que lo usa como eje oriente-occidente.

2.1.2 Proyección Demanda Del Mercado

El corredor proyecta una demanda vehicular de 2.400 veh/h en hora pico con crecimiento anual del 3,5%, basada en la Encuesta de Movilidad 2023 y datos de la SDM. La demanda peatonal y ciclista responde al aumento de modos no motorizados en Bogotá (del 22% al 27% entre 2019 y 2023).

Tabla 3
Proyección de Demanda Vehicular en el Corredor de la Avenida Mutis

Año	Volumen hora pico (veh/h)	Tasa acumulada
2025 (año base)	2.400	0,0 %
2027	2.571	7,1 %
2030	3.008	25,3 %
2035	3.572	48,8 %

Nota. Elaboración propia con base en datos de la Encuesta de Movilidad 2023.

2.1.3 Proyección Oferta Del Mercado

La relación entre el volumen de vehículos y la capacidad de la vía, conocida como relación V/C, indica qué tan cerca está una vía de su límite operativo. Cuando ese valor supera 1,0, se traduce en trancones y tiempos de viaje impredecibles. Este comportamiento corresponde al nivel de servicio más crítico, denominado nivel F, según el Manual de Planeación y Diseño

para la Administración del Tránsito y el Transporte de la Alcaldía Mayor de Bogotá (Alcaldía Mayor de Bogotá y Cal y Mayor y Asociados, 2005), cuya metodología de análisis se apoya en los procedimientos del Highway Capacity Manual (TRB, 2016), referente técnico internacional ampliamente utilizado en estudios de tránsito urbano en Colombia.

Al adecuar el corredor con calzadas separadas y carriles adicionales, conforme al perfil arterial definido en el Plan de Ordenamiento Territorial vigente de Bogotá (Decreto Distrital 555 de 2021), la capacidad de la vía prácticamente se duplica. La relación V/C bajaría a 0,57, lo que significa que la vía operaría usando poco más de la mitad de su capacidad real, garantizando circulación continua, tiempos de viaje predecibles y condiciones seguras para todos los usuarios.

2.1.4 Punto De Equilibrio Oferta - Demanda

En infraestructura vial pública, el punto de equilibrio oferta-demanda se alcanza cuando la capacidad instalada de la vía iguala el volumen de tránsito proyectado. Por debajo de ese umbral la vía opera con margen de reserva; por encima, el corredor entra en saturación y las condiciones de movilidad se deterioran.

2.1.5 Pronóstico De Ventas Y Comercialización Del Producto

Al ser un proyecto de inversión pública, las ventas se reemplazan por beneficios sociales cuantificables que se expresan en ahorro de tiempo de viaje, reducción de costos de operación vehicular, disminución de la accidentalidad y valorización del suelo urbano circundante, y se distribuyen así:

Tabla 4

Beneficios Sociales Anuales Estimados del Empalme de la Avenida Mutis

Tipo de beneficio	Estimación anual
Ahorro en tiempo de viaje (usuarios vehiculares y peatones)	\$4.840 millones
Reducción de costos de operación vehicular (combustible, mantenimiento)	\$1.230 millones
Reducción de costos por siniestralidad vial	\$890 millones
Valorización del suelo urbano (incremento del valor catastral)	\$2.150 millones
Total beneficios anuales estimados	\$7.880.000.000

Nota. Elaboración propia con base en datos del IDU, el DANE y la Encuesta de Movilidad de Bogotá 2023.

2.1.6 Factores De Competencia Del Mercado Y Distintivos Del Proyecto

La propuesta compite bajo licitación pública (Ley 80/1993 y Ley 1150/2007) y se diferencia por tres factores: cierra el tramo faltante articulándolo con los tramos existentes; incorpora mezcla asfáltica con mínimo 25 % de GCR conforme al Decreto Distrital 265 de 2016; y ejecuta de forma simultánea calzada, ciclorruta, espacio público y redes de servicios.

2.1.7 Determinación De Precio(S) / Estrategias De Comercialización Del Producto

En la contratación estatal colombiana, el precio del proyecto se establece a partir del presupuesto oficial que elabora la entidad, tomando como referencia el análisis de precios de mercado y los Análisis de Precios Unitarios (APU), los cuales integran los costos directos e indirectos, la utilidad y los imprevistos propios de cada actividad. Con el fin de mitigar el riesgo financiero durante la ejecución del contrato, la propuesta incluye un mecanismo de ajuste de precios fundamentado en los índices del DANE, que permite proteger a ambas partes ante variaciones significativas en el costo de los insumos.

2.1.8 Diseño Conceptual Del Proceso, Bien O Producto

El producto es la infraestructura vial de empalme en la Avenida Mutis, una intervención integral que articula movilidad vehicular, peatonal y ciclista con redes de servicios y espacio público accesible, con aplicación de normas NTC de accesibilidad universal y enfoque de calle completa (Bogotá Camina Segura, Alcaldía Mayor de Bogotá, 2024).

El diseño conceptual se fundamenta en el perfil vial tipo V-3 del POT de Bogotá, que define las siguientes características para una vía arterial complementaria:

Tabla 5
Diseño Conceptual del Perfil Vial del Tramo 5, Avenida Mutis

Elemento del perfil	Dimensión	Descripción
Calzada Norte	9,25 m (3 carriles)	Rodadura en mezcla asfáltica con GCR sobre base granular estabilizada
Separador Central	1,0 m	Bordillo prefabricado con señalización vertical y horizontal
Calzada Sur	9,25 m (3 carriles)	Rodadura en mezcla asfáltica con GCR sobre base granular estabilizada
Franja peatonal Norte	3,4 m	Andén en adoquín con franja táctil de accesibilidad
Franja peatonal Sur	7,1 m	Andén en adoquín, arborización y mobiliario urbano
Ciclorruta Sur	3,0 m (ancho) x 213 m	Pavimento en concreto asfáltico, demarcada y segregada
Redes subterráneas	Variable	Acueducto, alcantarillado pluvial y sanitario, energía, gas, telecomunicaciones

Nota. Elaboración propia con base en el perfil vial tipo V-3 definido en el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá (Decreto Distrital 555 de 2021 y los estudios y diseños del IDU para la construcción de la Avenida Celestino Mutis los cuales son publicados abiertamente para las licitaciones a través de plataformas de acceso público.

2.2 Estudio Técnico

2.2.1 Definición Técnica Y Conceptual Del Proyecto

El proyecto es en la Avenida José Celestino Mutis (AC 63), entre la Transversal 112B Bis A y la Carrera 112, en Engativá. Completa el corredor vial arterial que conecta la Avenida Boyacá con la Carrera 112, cuyos tramos 1 al 4 se ejecutaron entre 2018 y 2022.

El alcance técnico incluye: dos calzadas vehiculares de tres carriles; redes de acueducto, alcantarillado pluvial y sanitario (EAAB); canalización eléctrica (Enel-Codensa), gas (Vanti) y telecomunicaciones, espacio público peatonal con ciclorruta, señalización, semaforización y obras de paisajismo y arborización.

2.2.2 Ingeniería Del Proyecto - Ciclo De Vida

El ciclo de vida comprende cinco fases lideradas por el IDU. La primera fase corresponde a la planeación y pre-inversión, en la que se identifica la necesidad funcional del corredor a partir de los estudios de movilidad y del perfil vial tipo V-3 definido en el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2021). Con esa base el proyecto se formula ante el banco distrital de proyectos, se establecen las metas físicas preliminares y se estima el costo en un nivel de orden de magnitud, suficiente para la programación presupuestal pero no para el control de la ejecución.

La segunda fase, de estudios y diseños de detalle, concentra el mayor contenido técnico. Comprende el levantamiento topográfico georreferenciado y la exploración geotécnica, con ensayos de clasificación, humedad, límites de consistencia y CBR que permiten establecer la capacidad de soporte de la subrasante. Sobre esos resultados se diseña la estructura de pavimento

conforme a las especificaciones técnicas del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU, 2018), el alcantarillado pluvial y sanitario según las normas de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, y las redes secas de acuerdo con los reglamentos técnicos de instalaciones eléctricas y de iluminación. La fase se cierra con el diseño geométrico, el espacio público, la ciclorruta, la señalización y la semaforización, junto con la obtención de permisos y la consolidación del presupuesto oficial.

La tercera fase es la contratación y la gestión predial. Allí se elaboran los estudios previos, los pliegos y la matriz de riesgos para adelantar la selección bajo el régimen de contratación estatal, mientras avanzan la adquisición de predios y la coordinación con las empresas de servicios públicos para el traslado anticipado de redes, que suele ser la principal fuente de interferencias en obras urbanas.

La cuarta fase es la construcción, que sigue una secuencia ascendente desde la infraestructura subterránea hasta la superficie de rodadura: replanteo, demoliciones, excavaciones, instalación de redes húmedas con pruebas de estanqueidad, canalización de redes secas, compactación de la subrasante, subbase y base granular, mezcla asfáltica y, finalmente, andenes, ciclorruta, señalización y arborización. El control técnico se apoya en ensayos de laboratorio, densidades de campo, verificación de espesores e informes de interventoría, articulados con el plan de manejo de tránsito y el plan de manejo ambiental. La quinta y última fase corresponde a la entrega, liquidación y cierre, con el recibo técnico por parte de la interventoría y de las empresas de servicios públicos, las actas de recibo final y de liquidación, la entrega de planos récord y garantías, y la transferencia del activo vial al inventario distrital para su operación y mantenimiento.

En términos gerenciales, el paso de una fase a otra funciona como una puerta de decisión, ya que el avance solo se autoriza cuando los entregables previos han sido aprobados. De este modo la incertidumbre de alcance, plazo y costo se reduce de forma progresiva y el esfuerzo de planificación se concentra en los frentes de mayor riesgo, que en este proyecto son el traslado de redes y la gestión del tránsito.

Figura 9 Ciclo de vida del proyecto

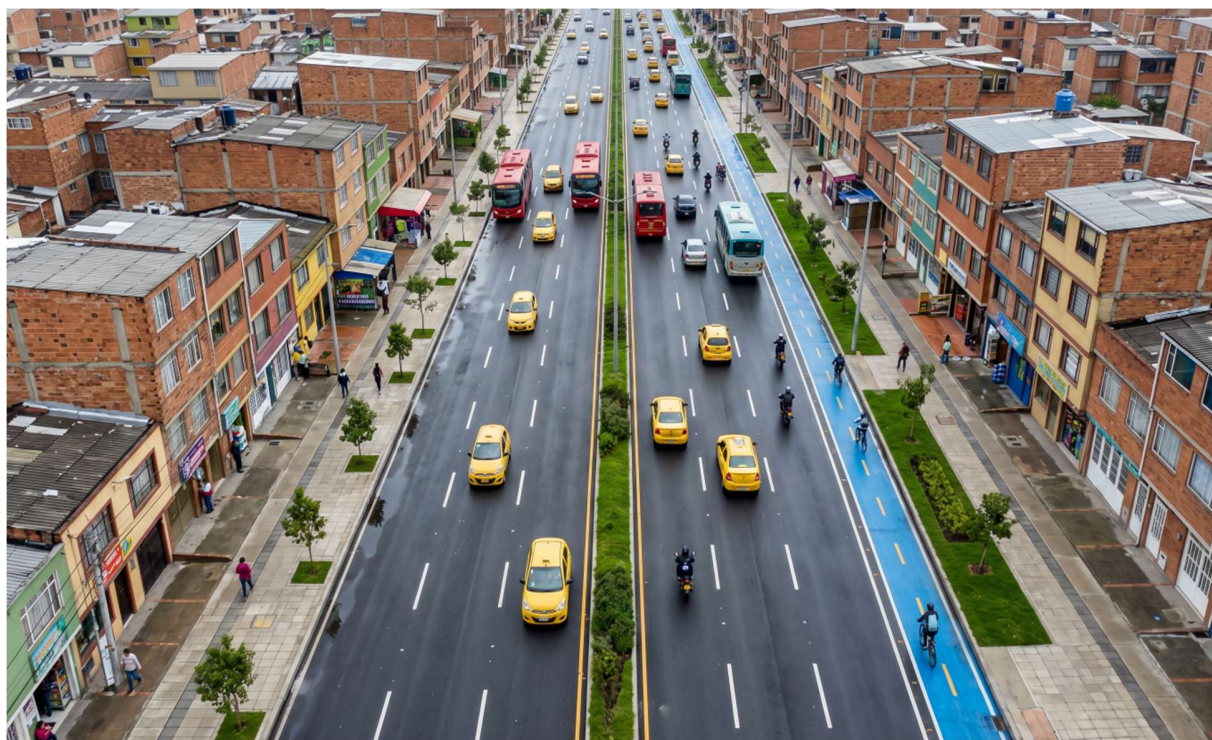


*Nota. Imagen generada por inteligencia artificial mediante Gemini, de Google, 2026
gemini.google.com*

2.2.3 Tamaño Del Proyecto

El tamaño del proyecto se determina de acuerdo con las metas físicas definidas para la obra, las cuales representan el alcance y la magnitud de las actividades a ejecutar.

Figura 10 Render del empalme vial en la Avenida Mutis



Nota. Imagen generada por IA. Adaptado de Artlist AI Image Generator, por Artlist, 2025. Artlist AI Image Generator (artlist.io).

A partir de las cantidades es posible establecer los tiempos de ejecución y los costos asociados, por tal motivo se describen a continuación:

*Tabla 6
Metas Físicas del Contrato de Obra*

Meta física	Unidad	Cantidad
Longitud de vía tipo V-3	m lineales	213
Calzada Norte (3 carriles, ancho 9,25 m)	m ²	1.970,3
Calzada Sur (3 carriles, ancho 9,25 m)	m ²	1.970,3
Separador central (ancho 1,0 m)	m ²	213,0
Espacio público total	m ²	2.215,2
Franja peatonal Norte (ancho 3,4 m)	m ²	724,2

Meta física	Unidad	Cantidad
Franja peatonal Sur (ancho 7,1 m)	m ²	1.512,3
Ciclorruta Sur (ancho 3,0 m)	m lineales	213
Redes de alcantarillado (pluvial y sanitario)	m lineales	Según diseño
Redes de acueducto	m lineales	Según diseño
Redes secas (energía, gas, telecomunicaciones)	m lineales	Según diseño

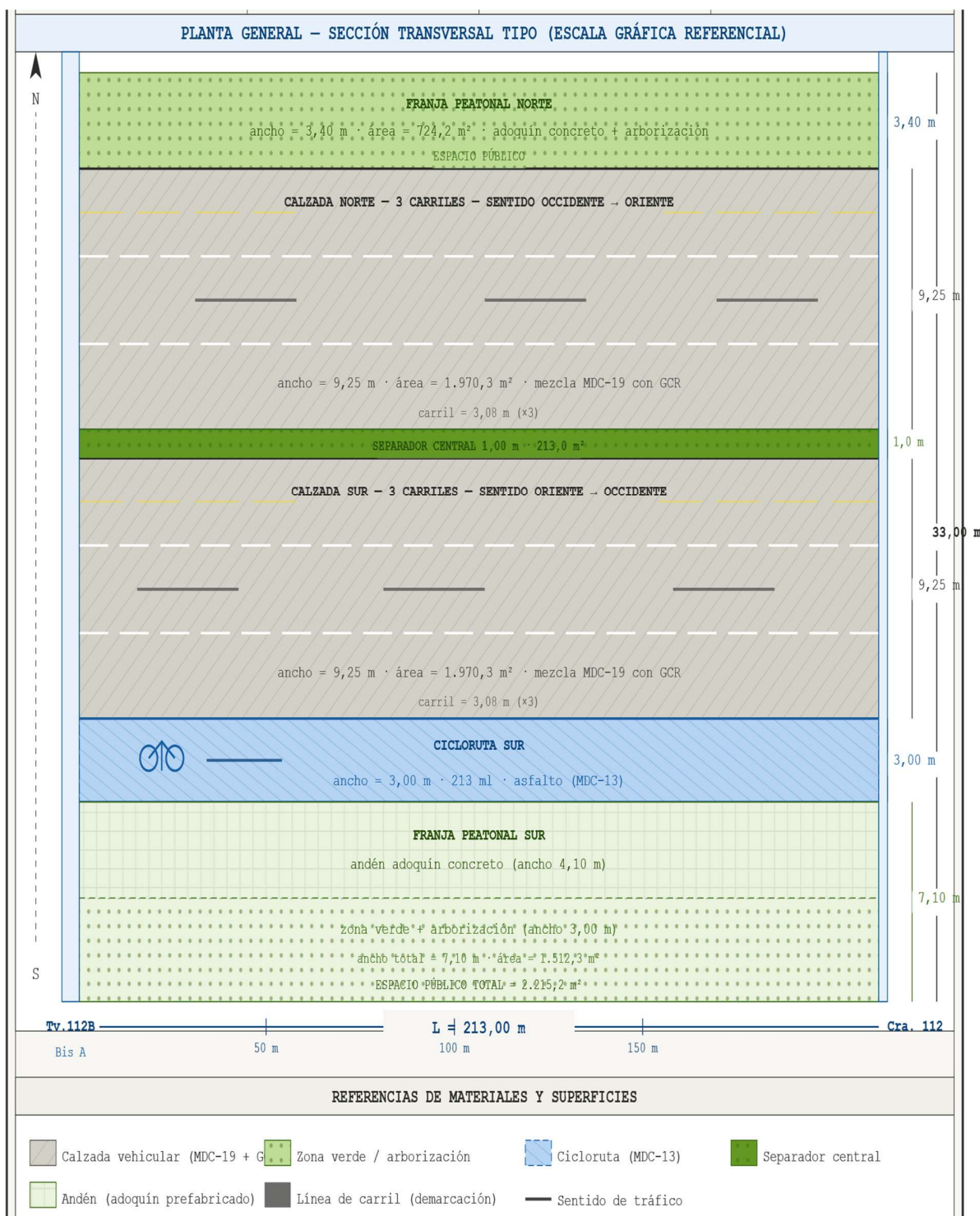
Nota. Elaboración propia con base en las especificaciones técnicas y metas físicas definidas en el contrato de obra del IDU para el Tramo 5 de la Avenida Mutis (AC 63), Bogotá D.C.

Figura 11 Render vista en planta del proyecto



Nota. Imagen generada por IA. Adaptado de Artlist AI Image Generator, por Artlist, 2025. Artlist AI Image Generator (artlist.io).

Figura 12 Plano en Planta



Nota. Esta figura representa a nivel general el diseño de la vía. Imagen generada por IA mediante Claude, de Anthropic, 2026, <https://claude.ai/>

2.2.4 Localización Del Proyecto

El proyecto se localiza en Bogotá D.C., localidad de Engativá (localidad 10), sobre la Avenida José Celestino Mutis (AC 63), entre la Transversal 112B Bis A y la Carrera 112 (coordenadas aprox. 4°42'16" N, 74°08'14" O; altitud 2.548 m.s.n.m.).

Figura 13 Localización del proyecto



Nota. Esta imagen representa la ubicación geográfica del proyecto. Google Earth. (s. f.). Google Earth. Google. Recuperado el 19 de mayo de 2026, de www.google.es/intl/es/earth/index.html

Es un corredor arterial en el noroccidente de Bogotá (sentido oriente-occidente), que conecta la Avenida Boyacá con el Aeropuerto El Dorado. La localidad de Engativá es un sector residencial consolidado de estratos 2 y 3 con usos mixtos.

2.2.5 Organización Del Proyecto

El IDU es la entidad que planea, contrata, supervisa y cierra el proyecto. Aunque delega el diseño y la ejecución física a un contratista de obra y el control técnico a la interventoría, la autoridad, la responsabilidad gerencial y la toma de decisiones residen en el IDU durante todo el ciclo de vida del proyecto, conforme al Manual de Gestión Contractual del IDU (MGGC-01).

IDU – entidad planeadora y contratante: a través de la Dirección Técnica de Construcciones (DTC), el IDU define el alcance, aprueba modificaciones, autoriza pagos y verifica el cumplimiento de las obligaciones contractuales. El supervisor del IDU es la máxima autoridad del proyecto en campo.

2.2.6 Requerimientos Para El Desarrollo Del Proyecto

Los requerimientos del proyecto se clasifican en cinco categorías: requerimientos de personal, maquinaria, materiales, requerimientos normativos y requerimientos logísticos.

Para la ejecución de este tipo de proyecto se debe disponer de un equipo idóneo que ejecute y un equipo par que lo supervise:

Tabla 7
Equipo Profesional Mínimo del Contratista

Cargo	Dedicación	Función principal
Director de obra	100 %	Dirección general técnica y administrativa del proyecto
Residente de obra	100 %	Coordinación diaria de frentes de trabajo
Ingeniero especialista en pavimentos	50 %	Control de calidad de materiales y mezclas asfálticas
Ingeniero especialista en geotecnia	30 %	Seguimiento a estabilidad del suelo y subdrenaje
Ingeniero especialista en redes	50 %	Coordinación de redes hidrosanitarias y secas
Profesional ambiental (SISO)	100 %	Gestión ambiental, SST y Plan de Manejo Arqueológico
Profesional social	50 %	Diálogo ciudadano y gestión de expectativas comunitarias

Cargo	Dedicación	Función principal
Profesional BIM	30 %	Modelación BIM conforme al Capítulo Contractual BIM
Topógrafo	100 %	Control planimétrico y altimétrico de la obra

Nota. Elaboración propia con base en los requisitos de personal profesional mínimo establecidos en el pliego de condiciones de la licitación pública del IDU para el contrato de obra del Tramo 5, Avenida Mutis, Bogotá D.C.

Para el proceso constructivo se requiere un equipo mínimo en las actividades operativas de la construcción que se describen a continuación:

Tabla 8
Requerimientos de Maquinaria y Equipo Principal

Equipo	Cantidad	Función
Excavadora hidráulica (CAT 320 o equiv.)	2	Excavación de zanjas y cargue de material
Retroexcavadora (CAT 420 o equiv.)	2	Excavación menor y apoyo a redes
Vibro-compactador (12 ton)	1	Compactación de rellenos y subrasante
Compactador de rodillo liso	1	Compactación de capas granulares
Fresadora de pavimento	1	Remoción de pavimento existente
Terminadora de asfalto (Finisher)	1	Extensión de mezcla asfáltica
Compactador neumático	1	Compactación de capas asfálticas
Planta de asfalto (externa, por proveedor)	-	Producción de mezcla MDC con GCR
Volquetas (12 m ³)	6	Transporte de materiales y RCD
Bomba de concreto	1	Vaciado de estructuras
Martillo Hidráulico	1	Demoliciones existentes

Nota. Elaboración propia con base en los requerimientos de maquinaria y equipo establecidos en el pliego de condiciones de la licitación pública del IDU para el contrato de obra del Tramo 5, Avenida Mutis, Bogotá D.C.

Requerimientos de materiales: Para construir la vía y sus zonas complementarias se necesitan diferentes tipos de materiales, cada uno con un propósito específico. En la preparación del terreno se utiliza material de relleno compactado para nivelar y estabilizar el suelo antes de colocar el pavimento. La estructura del pavimento se forma con capas de material granular como base de soporte, seguidas de dos capas de asfalto: una base y una capa de rodadura superficial que incorpora caucho reciclado de llantas, práctica obligatoria en Bogotá. Para las redes subterráneas se requieren tuberías de diferentes materiales según el servicio: alcantarillado pluvial y sanitario, acueducto, redes eléctricas, telecomunicaciones y gas natural. Los andenes se construyen con adoquines de concreto y la ciclorruta con asfalto. Todos los materiales deben contar con certificado de calidad del proveedor y ser aprobados por la interventoría antes de usarse en la obra.

Requerimientos normativos: El proyecto requiere la obtención y mantenimiento vigente de los siguientes permisos y autorizaciones: Licencia Ambiental o Plan de Manejo Ambiental aprobado por la SDA; Plan de Manejo de Tránsito aprobado por la SDM; permiso de intervención de espacio público; permiso de ocupación de cauces (si aplica); aprobación de diseños por las ESP (EAAB, Enel, Vanti); resolución de tala o trasplante de árboles; y autorización de intervención arqueológica (Resolución ICANH, transportadores, ciclistas y peatones, ETB/Telecomunicaciones 174/2021).

Requerimientos logísticos: Se requiere la habilitación de un campamento temporal con oficinas, almacén, zona de acopio de materiales, punto ecológico para clasificación de residuos y zona de bienestar para los trabajadores. La ubicación del campamento debe minimizar el impacto sobre la comunidad y garantizar el acceso de vehículos pesados sin afectar la movilidad del sector.

2.2.7 Supuestos Y Restricciones Del Proyecto

Supuestos: De acuerdo con el PMI (2025), la identificación temprana de supuestos permite diseñar estrategias de contingencia en caso de que estos no se cumplan.

- a) Los estudios y diseños entregados por el IDU son técnicamente viables y solo requieren ajustes menores identificables durante la fase de preliminares.
- b) Las Empresas de Servicios Públicos (EAAB, Enel-Codensa, Vanti) aprobarán los empalmes y diseños de redes dentro de los plazos programados en la fase de preliminares (máximo 90 días calendario).
- c) Se adquirirán los predios necesarios para completar el frente de obra, será entregado por la Dirección Técnica de Predios del IDU dentro de los primeros tres meses de ejecución.
- d) Las condiciones climáticas permitirán una ejecución continua sin suspensiones prolongadas por lluvias. Se asume un promedio de 12 días hábiles perdidos por lluvia en el período de ejecución, conforme al registro histórico del IDEAM para la estación El Dorado.
- e) El Plan de Desarrollo Distrital "Bogotá Camina Segura" mantendrá la prioridad presupuestal para el proyecto durante todo el período de ejecución.
- f) La disponibilidad de materiales críticos (mezcla asfáltica con GCR, material granular, concreto) se mantendrá estable en el mercado bogotano durante la ejecución.

- g) No se presentarán hallazgos arqueológicos de magnitud significativa que requieran la suspensión de las obras más allá de lo previsto en el Plan de Manejo Arqueológico.

Las restricciones son factores limitantes que condicionan las opciones del equipo de gestión y que deben ser gestionadas dentro de los parámetros establecidos contractualmente.

- a) El valor del contrato es Presupuesto fijo y no puede ser modificado salvo adición contractual debidamente justificada y aprobada por el IDU, la cual no puede exceder el 50 % del valor inicial (artículo 40 de la Ley 80 de 1993).
- b) El plazo total será prorrogable únicamente por causas de fuerza mayor, caso fortuito o hechos del príncipe documentados.
- c) Las obras deben ejecutarse con PMT vigente, lo que limita los cierres de calzada a horarios específicos (generalmente nocturno y dominical para cierres totales) y reduce la productividad de los frentes de obra.
- d) La obligación de ejecutar el Plan de Manejo Arqueológico implica que las excavaciones deben ser monitoreadas por el arqueólogo del proyecto, pudiendo generar suspensiones temporales si se presentan hallazgos.
- e) La gestión de RCD debe cumplir con la Resolución 472 de 2017 del Ministerio de Ambiente, y la disposición final solo puede realizarse en sitios autorizados por la SDA.

2.3 Estudio Económico-Financiero

A continuación, se desarrolla el estudio económico-financiero que se sustenta y se soporta dentro del documento ANEXO - MODELO FINANCIERO EMPALME MUTIS.

2.3.1 Estimación Del Valor De La Inversión Del Proyecto (Activos Fijos, Pre-Operativos, Capital De Trabajo)

La estimación del valor de la inversión parte de la línea base de costos del proyecto, construida a partir de la estructura de desglose del trabajo (EDT) y valorada mediante análisis de precios unitarios con su correspondiente AIU. Con el propósito de facilitar el control presupuestal y la lectura gerencial de la inversión, los \$13.331.560.035 del contrato se organizan en cuatro categorías económicas. Los activos fijos, es decir, la obra física que se incorpora de manera permanente a la infraestructura que concentra el 76,5% del presupuesto. Los costos pre-operativos representan el 4,5%; el capital de trabajo asociado a la gestión transversal, el 11,6%; y la reserva para ajustes, el 7,5% restante.

Tabla 9
Estructura de la inversión por categoría económica

Categoría económica	Valor (COP)	% del total
Activos fijos (obra física)	\$10.200.973.835	76,5%
Pre-operativos (preliminares, ensayos y compensaciones)	\$593.142.260	4,5%
Capital de trabajo (ambiental, SST, social y tráfico)	\$1.540.785.470	11,6%
Pagos por ajustes (escalación de precios)	\$996.658.470	7,5%
Total inversión del contrato	\$13.331.560.035	100,0%

Nota. Elaboración propia con base en el presupuesto oficial del contrato de obra.

Cada categoría agrupa componentes del contrato, lo que permite trazar su origen. Los activos fijos corresponden al Componente A (precios unitarios con AIU, \$10.200.973.835); los pre-operativos, a los componentes G (preliminares), E (ensayos de laboratorio) y F (compensaciones ambientales); el capital de trabajo, a los componentes B (ambiental y SST), C (diálogo ciudadano) y D (manejo de tráfico); y los pagos por ajustes, al Componente K. Las partidas de mayor peso son estructura vial y pavimentos (38,2%) e infraestructura de redes de servicios (28,1%), como se detalla en la tabla siguiente.

Tabla 10
Presupuesto por cuenta de control de la EDT

ID	Cuenta de control	Costo asignado (COP)	%
1.1.1	Gestión de predios y legal	\$403.953.397	3,3%
1.1.2	Trámites, licencias y gestión de riesgos	\$394.284.001	3,2%
1.2.1	Estudios técnicos de detalle	\$360.045.420	2,9%
1.2.2	Diseños de especialidad	\$496.160.153	4,0%
1.3.1	Infraestructura de redes de servicios	\$3.461.580.032	28,1%
1.3.2	Estructura vial y pavimentos	\$4.710.245.221	38,2%
1.3.3	Espacio público y urbanismo	\$1.654.578.953	13,4%
1.3.4	Dispositivos de tráfico y seguridad	\$371.066.631	3,0%
1.4.1	Cierre técnico y administrativo	\$456.642.970	3,7%
	Actividades de gestión de nivel 3	\$26.344.787	0,2%
	Subtotal asignado a actividades	\$12.334.901.565	100%
	Componente K (reserva de ajustes)	\$996.658.470	
	Presupuesto total (BAC)	\$13.331.560.035	

Nota. BAC = Budget at Completion. Elaboración propia a partir del cronograma y el presupuesto del proyecto.

Tabla 11
Estimación de la Inversión del Contrato

Fase	Costo asignado (COP)	% del asignado	Duración (d)	Costo promedio por día (COP/d)
1-Requisitos/gestión	807.018.994	6,5%	90	8.966.878
2-Estudios y diseños	873.768.764	7,1%	180	4.854.271
3-Construcción	10.197.470.837	82,7%	300	33.991.569
4-Liquidación	456.642.970	3,7%	60	7.610.716
TOTAL	12.334.901.565		630	19.579.209

Nota. La tabla presenta la estimación de la inversión del contrato de obra distribuida por fases de ejecución del proyecto, incluyendo costos directos asignados, participación porcentual, duración en días y costo promedio diario por fase. Elaboración propia.

2.3.2 Definición Y Determinación De Costos Y Gastos De Operación (Ventas Y

Administrativos)

La composición del costo del contrato se determina aplicando el esquema (AIU) sobre el costo directo de la obra. El costo directo, una vez descontado el AIU, asciende a \$7.471.708.247; sobre éste se reconocen una administración del 28,53%, imprevistos del 1% y una utilidad del 7%, para un AIU total de \$2.729.265.588. La administración agrupa los gastos administrativos del proyecto (dirección técnica, personal de apoyo, pólizas, impuestos y gastos generales), mientras que la utilidad representa el margen del ejecutor.

Tabla 12
Estructura de costos: descomposición del AIU

Concepto	%	Valor (COP)
Costo directo de construcción (sin AIU)		\$7.471.708.247
Administración (A)	28,53%	\$2.131.528.929
Imprevistos (I)	1,00%	\$74.717.082

Concepto	%	Valor (COP)
Utilidad (U)	7,00%	\$523.019.577
Total AIU	36,53%	\$2.729.265.588

Nota. AIU = Administración, Imprevistos y Utilidad. Elaboración propia con base en el modelo financiero.

Los valores anteriores se obtienen a partir del costo directo, que se calcula dividiendo el Componente A entre $(1 + \text{AIU})$: \$10.200.973.835 entre 1,3653, lo que da \$7.471.708.247. Sobre ese costo directo se aplican la administración (28,53%), los imprevistos (1%) y la utilidad (7%). En cuanto a la operación y el mantenimiento, la Unidad de Mantenimiento Vial (UMV) atiende las calzadas y el espacio público, y las empresas de servicios públicos se ocupan de las redes. Con un enfoque de costo del ciclo de vida, se incorpora un costo de mantenimiento rutinario y periódico estimado en \$400.000.000 anuales, cercano al 3% de la inversión, que se reconoce como egreso recurrente en el flujo de caja.

Además del costo directo y su AIU, el contrato incorpora una serie de componentes de gestión que también hacen parte de los costos y gastos de operación. Estos se agrupan en gastos transversales de gestión y adicionales de gestión, asociados a estudios, compensaciones y ajustes.

Tabla 13
Gastos transversales de gestión

Componente	Valor (COP)
Componente B: Ambiental y SST	\$812.302.500
Componente C: Diálogo ciudadano	\$472.265.517
Componente D: Manejo de tráfico	\$256.217.453
Total gastos transversales de gestión	\$1.540.785.470

Nota. Componentes B, C y D del contrato que representan a los gastos transversales que se asocian al proyecto. Elaboración propia.

Tabla 14
Gastos adicionales de gestión

Componente	Valor (COP)
Componente E: Ensayos de laboratorio	\$325.150.704
Componente F: Compensaciones a la autoridad ambiental	\$19.504.248
Componente G: Fase de preliminares	\$248.487.308
Componente K: Pagos asociados a ajustes	\$996.658.470
Total gastos adicionales de gestión	\$1.589.800.730

Nota. Componentes E, F, G y K del contrato. Elaboración propia.

2.3.3 Determinación De Fuentes De Financiación, Costo De Capital Y Uso De Fondos

Las fuentes de financiación del proyecto corresponden en su totalidad a recursos públicos del Distrito Capital, comprometidos mediante Certificado de Disponibilidad Presupuestal para la vigencia 2024 y vigencia futura autorizada para 2025, sin participación de deuda. El costo de oportunidad de estos recursos, que constituye el costo de capital del proyecto, se determina más adelante mediante la tasa de descuento.

Tabla 15
Fuentes de financiación del proyecto

Fuente	Valor (COP)	Mecanismo
Presupuesto distrital (Vigencia 2024)	\$8.665.014.023	Certificado de Disponibilidad Presupuestal (CDP)
Presupuesto distrital (Vigencia 2025)	\$4.666.546.012	Vigencia futura autorizada por CONFIS
Total fuentes (100% recursos públicos)	\$13.331.560.035	

Nota. CONFIS = Consejo Distrital de Política Económica y Fiscal. Elaboración propia.

El uso de los fondos sigue el cronograma del proyecto, que abarca 21 meses repartidos en tres ventanas: preoperativa (9 meses), construcción (10 meses) y liquidación (2 meses), en concordancia con la programación PERT. El plan de pagos contempla un anticipo del 40% del Componente A, que se entrega al inicio de la construcción y se amortiza de forma proporcional en cada acta mensual. La siguiente tabla resume el desembolso por fase, que se concentra en la construcción.

Tabla 16
Uso de fondos: desembolso por fase de ejecución

Fase	Duración	Desembolso (COP)
Preoperativa (preliminares, estudios y diseños)	9 meses	\$384.294.744
Construcción de obra civil	10 meses	\$12.567.224.627
Liquidación y cierre	2 meses	\$380.040.664
Total	21 meses	\$13.331.560.035

Nota. Desembolsos derivados del flujo de caja de ejecución alineado al cronograma PERT.

2.3.4 Flujo De Caja Del Proyecto

El flujo de caja del proyecto se presenta desde la perspectiva del contratista que ejecuta la obra, lo que permite explicar con claridad las entradas y salidas de efectivo durante los 21 meses de ejecución. Las entradas corresponden a los cobros del contrato (anticipo, actas de obra ejecutada y reembolsos de los componentes) y las salidas, a los pagos necesarios para ejecutar la obra (costo directo, administración, imprevistos y gestión transversal).

Las entradas de efectivo suman \$13.331.560.035 e igualan el valor total del contrato; las salidas de ejecución ascienden a \$12.808.540.458. La siguiente tabla contrasta, por componente, las entradas y las salidas del proyecto.

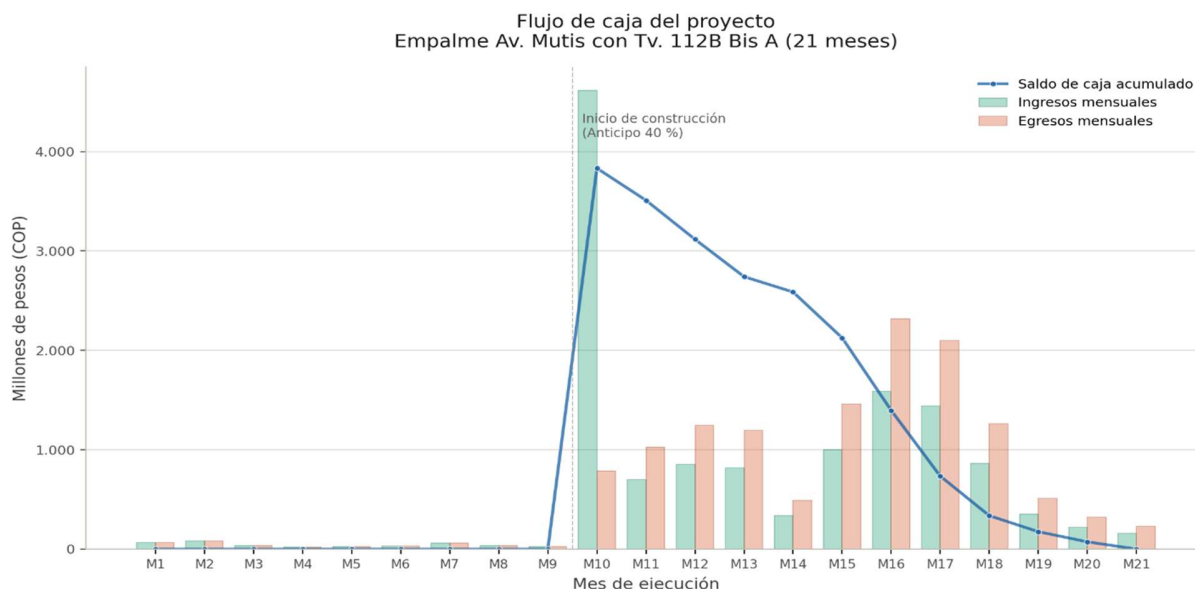
Tabla 17 Flujo de caja del proyecto: entradas y salidas por componente

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15	Mes 16	Mes 17	Mes 18	Mes 19	Mes 20	Mes 21	TOTAL
Fase	Preoper	Preoper	Preoper	Preoper	Preoper	Preoper	Preoper	Preoper	Preoper	Construc.	Construc.	Construc.	Construc.	Construc.	Construc.	Construc.	Construc.	Construc.	Construc.	Liquidac.	Liquidac.	
% Avance programado (Curva S PERT)	2%	3%	1%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	5%	7%	8%	8%	3%	10%	15%	14%	8%	3%	2%	2%	100%
% Avance ejecución (Construcción+Liquidación, M10-21)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	8%	10%	9%	4%	11%	18%	16%	10%	4%	2%	2%	100%
SALDO ANTERIOR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.832.807.715	3.509.896.177	3.117.248.119	2.741.454.112	2.586.888.313	2.125.936.828	1.395.927.958	734.211.559	336.512.282	174.888.426	72.982.285	
INGRESOS																						
Componente G: Fase Preliminares	43.867.459	51.578.168	23.863.891	13.361.135	16.535.232	20.086.998	39.646.907	23.643.719	15.903.798	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	248.487.308
Anticipo 40% Componente A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.080.389.534	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.080.389.534
Actas Comp A - 100% obra ejecutada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	618.954.548	807.278.845	981.620.146	939.485.016	386.414.499	1.152.378.711	1.825.022.177	1.654.290.996	994.248.193	404.059.640	254.765.352	182.455.714	10.200.973.835
(-) Amortización anticipo (40% × Comp A × %ejec.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	247.581.819	322.911.538	392.648.058	375.794.006	154.565.800	460.951.484	730.008.871	661.716.398	397.699.277	161.623.856	101.906.141	72.982.285	4.080.389.534
Componente B: Ambiental y SST	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49.287.287	64.283.532	78.166.312	74.811.095	30.770.147	91.763.799	145.326.329	131.731.022	79.171.882	32.175.228	20.286.939	14.528.930	812.302.500
Componente C: Diálogo Ciudadano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.655.195	37.373.879	45.445.205	43.494.512	17.889.492	53.350.664	84.491.447	76.587.256	46.029.834	18.706.394	11.794.648	8.446.992	472.265.517
Componente D: Manejo de Tráfico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.546.257	20.276.391	24.655.314	23.597.008	9.705.558	28.944.250	45.839.009	41.550.761	24.972.492	10.148.750	6.398.931	4.582.733	256.217.453
Componente E: Reembolso Ensayos Lab.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.728.852	25.731.591	31.288.629	29.945.593	12.316.760	36.731.468	58.171.627	52.729.660	31.691.141	12.879.190	8.120.512	5.815.680	325.150.704
Componente F: Compensaciones Ambientales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.183.440	1.543.516	1.876.856	1.796.294	738.824	2.203.347	3.489.440	3.163.002	1.901.001	772.561	487.111	348.855	19.504.248
Componente K: Ajustes (proporcional 21 meses)	23.975.177	28.189.362	13.042.493	7.302.351	9.037.111	10.978.282	21.668.490	12.922.161	8.692.010	52.233.019	68.125.538	82.838.044	79.282.298	32.609.173	97.248.206	154.011.985	139.604.134	83.903.713	34.098.231	21.499.420	15.397.274	996.658.470
TOTAL INGRESOS	67.842.636	79.767.530	36.906.384	20.663.486	25.572.343	31.065.281	61.315.396	36.565.880	24.595.808	4.618.396.313	701.701.752	853.242.447	816.617.810	335.878.653	1.001.668.960	1.586.343.143	1.437.940.432	864.218.980	351.216.138	221.446.771	158.593.892	13.331.560.035
EGRESOS (Costos de ejecución del proyecto)																						
Componente A: Obra física (según % ejecución)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	618.954.548	807.278.845	981.620.146	939.485.016	386.414.499	1.152.378.711	1.825.022.177	1.654.290.996	994.248.193	404.059.640	254.765.352	182.455.714	10.200.973.835
Componente B: Ambiental y SST	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49.287.287	64.283.532	78.166.312	74.811.095	30.770.147	91.763.799	145.326.329	131.731.022	79.171.882	32.175.228	20.286.939	14.528.930	812.302.500
Componente C: Diálogo Ciudadano	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.655.195	37.373.879	45.445.205	43.494.512	17.889.492	53.350.664	84.491.447	76.587.256	46.029.834	18.706.394	11.794.648	8.446.992	472.265.517
Componente D: Manejo Tráfico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.546.257	20.276.391	24.655.314	23.597.008	9.705.558	28.944.250	45.839.009	41.550.761	24.972.492	10.148.750	6.398.931	4.582.733	256.217.453
Componente E: Ensayos Laboratorio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.728.852	25.731.591	31.288.629	29.945.593	12.316.760	36.731.468	58.171.627	52.729.660	31.691.141	12.879.190	8.120.512	5.815.680	325.150.704
Componente F: Compensaciones Ambientales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.183.440	1.543.516	1.876.856	1.796.294	738.824	2.203.347	3.489.440	3.163.002	1.901.001	772.561	487.111	348.855	19.504.248
Componente G: Preliminares	43.867.459	51.578.168	23.863.891	13.361.135	16.535.232	20.086.998	39.646.907	23.643.719	15.903.798	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	248.487.308
Componente K: Ajustes	23.975.177	28.189.362	13.042.493	7.302.351	9.037.111	10.978.282	21.668.490	12.922.161	8.692.010	52.233.019	68.125.538	82.838.044	79.282.298	32.609.173	97.248.206	154.011.985	139.604.134	83.903.713	34.098.231	21.499.420	15.397.274	996.658.470
TOTAL EGRESOS	67.842.636	79.767.530	36.906.384	20.663.486	25.572.343	31.065.281	61.315.396	36.565.880	24.595.808	785.588.598	1.024.613.290	1.245.890.505	1.192.411.816	490.444.453	1.462.620.444	2.316.352.014	2.099.656.830	1.261.918.257	512.839.994	323.352.912	231.576.178	13.331.560.035
FLUJO NETO MENSUAL (Ingresos - Egresos)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.832.807.715	322.911.538	392.648.058	375.794.006	154.565.800	460.951.484	730.008.871	661.716.398	397.699.277	161.623.856	101.906.141	72.982.285	-
SALDO ACUMULADO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.832.807.715	3.509.896.177	3.117.248.119	2.741.454.112	2.586.888.313	2.125.936.828	1.395.927.958	734.211.559	336.512.282	174.888.426	72.982.285	-	

Nota. Entradas: cobros del contrato; salidas: pagos de ejecución. El flujo neto corresponde a la utilidad del AIU del Componente A. Elaboración propia.

La diferencia entre las entradas (\$13.331.560.035) y las salidas (\$12.808.540.458) arroja un flujo neto de \$523.019.577, equivalente a la utilidad del contratista (7% del costo directo).

Figura 14 Representación del flujo de caja



Nota. Flujo de caja mensual del proyecto (ingresos, egresos y saldo acumulado), desde la perspectiva del contratista. Elaboración con Copilot Antropic

2.3.5 Proyección De Estados Financieros Del Proyecto (Tesorería, Estado De Resultados Y Balance General)

Se muestra el comportamiento contable del proyecto durante su ejecución de 21 meses, desde la perspectiva del ejecutor del contrato. Se presentan, con el mayor nivel de detalle, el estado de tesorería, el estado de resultados con sus desgloses de apoyo, el balance general al cierre y los indicadores financieros, indicando en cada caso el origen de las cifras a partir del presupuesto y del esquema AIU. El estado de tesorería detalla los cobros y pagos de efectivo del proyecto.

Tabla 18
Estado de tesorería (flujo de efectivo)

Concepto	Valor (COP)	Origen / cálculo
A. Actividades de operación		
Cobros (ingresos de efectivo)		
Anticipo recibido (40% del Componente A)	\$4.080.389.534	40% de \$10.200.973.835
Actas de obra ejecutada, Comp. A (neto de amortización)	\$6.120.584.301	60% del Componente A
Fase de preliminares (Componente G)	\$248.487.308	Presupuesto Comp. G
Gestión transversal (Componentes B, C y D)	\$1.540.785.470	Suma de B, C y D
Reembolsos de ensayos y compensaciones (E y F)	\$344.654.952	Comp. E más Comp. F
Ajustes (Componente K)	\$996.658.470	Presupuesto Comp. K
Total cobros	\$13.331.560.035	Igual al presupuesto total
Pagos (egresos de efectivo)		
Costo directo de obra	\$7.471.708.247	Comp. A entre 1,3653
Gastos de administración	\$2.131.528.929	28,528% del costo directo
Imprevistos	\$74.717.082	1% del costo directo
Gestión ambiental y SST (Comp. B)	\$812.302.500	Presupuesto Comp. B
Diálogo ciudadano (Comp. C)	\$472.265.517	Presupuesto Comp. C
Manejo de tráfico (Comp. D)	\$256.217.453	Presupuesto Comp. D
Fase de preliminares (Comp. G)	\$248.487.308	Presupuesto Comp. G
Ensayos de laboratorio (Comp. E)	\$325.150.704	Presupuesto Comp. E
Compensaciones ambientales (Comp. F)	\$19.504.248	Presupuesto Comp. F
Pagos por ajustes (Comp. K)	\$996.658.470	Presupuesto Comp. K

Concepto	Valor (COP)	Origen / cálculo
Total pagos	\$12.808.540.458	
Flujo neto de operación	\$523.019.577	Cobros menos pagos (utilidad 7% del C.D.)
B. Actividades de inversión		
Inversión en activo vial construido	-\$13.331.560.035	Obra ejecutada
Entrega del activo a la entidad pública	\$13.331.560.035	Acta de entrega de obra
Flujo neto de inversión	\$0	
C. Actividades de financiación		
Financiación con deuda externa	\$0	100% recursos propios
Flujo neto de financiación	\$0	
Variación neta del efectivo	\$523.019.577	
Saldo inicial de caja	\$0	
Saldo final de caja	\$523.019.577	

Nota. El activo vial construido se transfiere a la entidad pública, por lo que no permanece en el balance del ejecutor. Elaboración propia con base en el modelo financiero.

El estado de resultados sintetiza la rentabilidad del contrato. Sobre unos ingresos operacionales de \$13.331.560.035, el costo de producción representa el 60,5% y los gastos operacionales el 35,6%, lo que deja una utilidad operacional de \$523.019.577 (3,9%). Tras la provisión de impuesto de renta del 35%, la utilidad neta es de \$339.962.725, un margen neto del 2,6% coherente con el 7% de utilidad pactada en el AIU antes de impuestos.

Tabla 19
Estado de resultados (período de 21 meses)

Concepto	Valor (COP)	% sobre ingreso
Ingresos operacionales		
Facturación de obra ejecutada (Comp. A con AIU)	\$10.200.973.835	76,5%
Gestión ambiental y SST (Comp. B)	\$812.302.500	6,1%
Diálogo ciudadano (Comp. C)	\$472.265.517	3,5%
Manejo de tráfico (Comp. D)	\$256.217.453	1,9%
Fase de preliminares (Comp. G)	\$248.487.308	1,9%
Reembolso de ensayos de laboratorio (Comp. E)	\$325.150.704	2,4%
Reembolso de compensaciones ambientales (Comp. F)	\$19.504.248	0,1%
Ingresos por ajustes (Comp. K)	\$996.658.470	7,5%
Total ingresos operacionales	\$13.331.560.035	100,0%
(menos) Costo de producción (ver desglose)	\$8.064.850.507	60,5%
Utilidad bruta	\$5.266.709.528	39,5%
Gastos operacionales		
Administración (28,528% del costo directo)	\$2.131.528.929	16,0%
Gestión transversal (Comp. B + C + D)	\$1.540.785.470	11,6%
Imprevistos (1% del costo directo)	\$74.717.082	0,6%
Ajustes (Componente K)	\$996.658.470	7,5%
Total gastos operacionales	\$4.743.689.951	35,6%
Utilidad operacional (EBIT)	\$523.019.577	3,9%
(menos) Provisión de impuesto de renta (35%)	\$183.056.852	1,4%
Utilidad neta del ejercicio	\$339.962.725	2,6%

Nota. Los porcentajes se calculan sobre el total de ingresos operacionales. Elaboración propia con base en el modelo financiero.

Las dos tablas siguientes sirven de apoyo y muestran el origen de las dos partidas más relevantes del estado de resultados: el costo de producción y los gastos de administración.

Tabla 20
Desglose del costo de producción

Concepto	Valor (COP)	Base / supuesto
Materiales de construcción	\$4.109.439.536	55% del costo directo
Mano de obra directa	\$506.133.517	Presupuesto de obra
Equipos y maquinaria	\$1.494.341.649	20% del costo directo
Transporte y disposición de materiales	\$1.361.793.545	Resto del costo directo
Subtotal costo directo	\$7.471.708.247	
Preliminares (Componente G)	\$248.487.308	Presupuesto Comp. G
Ensayos de laboratorio (Componente E)	\$325.150.704	Presupuesto Comp. E
Compensaciones ambientales (Componente F)	\$19.504.248	Presupuesto Comp. F
Total costo de producción	\$8.064.850.507	

Nota. El costo directo se distribuye según los supuestos del modelo; los componentes G, E y F se reconocen a su valor de presupuesto. Elaboración propia.

Tabla 21
Desglose de los gastos de administración (AIU)

Concepto	Valor (COP)	% del AIU de administración
Dirección técnica y profesionales de apoyo	\$959.188.018	45% del AIU de administración
Personal técnico y administrativo de obra	\$532.882.232	25%
Pólizas, garantías y seguros	\$213.152.893	10%
Impuestos y contribuciones	\$255.783.471	12%

Concepto	Valor (COP)	% del AIU de administración
Oficina, equipos y gastos generales	\$170.522.314	8%
Total administración	\$2.131.528.929	100%

Nota. El AIU de administración equivale al 28,528% del costo directo. Las cifras pueden presentar diferencias mínimas por redondeo. Elaboración propia.

El balance general al cierre del proyecto verifica la ecuación contable. Los activos, representados por el efectivo disponible, ascienden a \$523.019.577; los pasivos corresponden a la provisión de impuesto de renta por \$183.056.852 y el patrimonio a la utilidad del ejercicio por \$339.962.725. La infraestructura vial construida, por \$13.331.560.035, se transfiere a la entidad pública mediante acta de entrega y se incorpora al patrimonio público distrital.

Tabla 22
Balance general al cierre del proyecto

Cuenta	Valor (COP)	Origen / nota
ACTIVOS		
Activos corrientes		
Efectivo y equivalentes (caja al cierre)	\$523.019.577	Saldo final de tesorería
Cuentas por cobrar (actas pendientes)	\$0	Todas las actas cobradas al cierre
Anticipo por amortizar	\$0	Anticipo 100% amortizado
Inventario de materiales en obra	\$0	Todo incorporado a la obra
Total activos corrientes	\$523.019.577	
Activos no corrientes		
Infraestructura vial construida	\$13.331.560.035	Obra ejecutada
(menos) Activo transferido a la entidad pública	-\$13.331.560.035	Acta de entrega
Total activos no corrientes	\$0	
Total activos	\$523.019.577	

Cuenta	Valor (COP)	Origen / nota
PASIVOS		
Cuentas por pagar a proveedores	\$0	Obligaciones canceladas al cierre
Impuesto de renta por pagar	\$183.056.852	Provisión del 35% sobre la UAI
Obligaciones financieras	\$0	Sin deuda
Total pasivos	\$183.056.852	
PATRIMONIO		
Capital social	\$0	Consortio sin capital permanente
Resultado del ejercicio (utilidad neta)	\$339.962.725	Utilidad después de impuestos
Total patrimonio	\$339.962.725	
Total pasivos más patrimonio	\$523.019.577	Igual al total de activos

Nota. Se cumple la ecuación contable: activos iguales a pasivos más patrimonio. Elaboración propia.

Finalmente, los indicadores financieros del proyecto confirman una operación sana y se acompañan de su fórmula de cálculo.

Tabla 23
Indicadores financieros del proyecto

Indicador	Valor	Fórmula / interpretación
Margen bruto	39,5%	Utilidad bruta entre ingresos operacionales
Margen operacional (EBIT)	3,9%	EBIT entre ingresos operacionales
Margen neto	2,6%	Utilidad neta entre ingresos operacionales
Razón corriente	2,86	Activo corriente entre pasivo corriente
Nivel de endeudamiento	35,0%	Total pasivos entre total activos
Retorno sobre activos (ROA)	65,0%	Utilidad neta entre total activos
Costo directo / ingreso total	60,5%	Eficiencia en costos de producción
AIU efectivo / ingreso total	35,6%	Peso de los gastos operacionales

Nota. Elaboración propia con base en los estados financieros del proyecto.

2.3.6 Determinación Del Flujo De Caja Neto Del Proyecto

La determinación del flujo de caja neto sintetiza, en una estructura cronológica única, los egresos de inversión inicial y mantenimiento con los beneficios sociales cuantificados en la sección anterior. Siguiendo la metodología del Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2018), se adopta un horizonte de análisis de 20 años, coherente con la vida útil del pavimento flexible intervenido en la Transversal 112B Bis A. Para cada período se calcula el flujo neto como la diferencia entre los beneficios anuales (ahorro en tiempo de viaje, reducción de accidentalidad y valorización inmobiliaria) y los costos de mantenimiento rutinario y periódico, obteniendo así la serie de flujos que sirve de insumo para los indicadores de rentabilidad social. Los parámetros de entrada que soportan este cálculo se presentan en la tabla siguiente.

Estos parámetros provienen del supuesto socioeconómicos del proyecto y de los lineamientos metodológicos del DNP (2018), y constituyen la base de todos los cálculos posteriores.

Tabla 24
Parámetros de entrada de la evaluación financiera

Parámetro	Valor	Unidad	Referencia / fuente del supuesto
Inversión inicial (Año 0)	\$13.331.560.035	COP	Presupuesto total del contrato
Beneficio anual total	\$8.500.000.000	COP/año	Suma de los beneficios sociales anuales
- Ahorro en tiempo de viaje	\$4.200.000.000	COP/año	Metodología BID (2022): valor del tiempo de viaje por 612.630 beneficiarios
- Reducción de accidentalidad	\$1.800.000.000	COP/año	Visión Cero / SDM (2023): reducción de siniestralidad y costos asociados
- Valorización inmobiliaria	\$2.500.000.000	COP/año	Catastro Distrital: valorización inmobiliaria del sector

Parámetro	Valor	Unidad	Referencia / fuente del supuesto
Costo de mantenimiento anual	\$400.000.000	COP/año	Estándar de mantenimiento vial rutinario, vía tipo V-3
Tasa social de descuento (TSD)	12,0%	%	Parámetro DNP (2018) para inversión pública
Vida útil	20	años	Estándar de pavimento flexible
Flujo neto anual (beneficio menos mantenimiento)	\$8.100.000.000	COP/año	Beneficio anual total menos costo de mantenimiento

Nota. Las tres líneas precedidas por guion componen el beneficio anual total. Elaboración propia a partir del presupuesto del contrato y de los supuestos socioeconómicos del proyecto.

Con estos parámetros se construye el flujo de caja neto del proyecto, descontado a la tasa social de descuento del 12% anual. La siguiente tabla presenta la trazabilidad completa año por año: el flujo neto, el factor de descuento, el valor presente de cada período, el valor presente acumulado y el momento de recuperación de la inversión.

Tabla 25
Flujo de caja neto descontado y recuperación de la inversión

Año	Beneficios	Costos	Flujo Neto	Factor VP	VP Flujo Neto	VP Acumulado	Payback (Acum. > 0)
0	\$0	\$0	-	1,0000	-	-	Pendiente
1	\$8.500.000.000	\$400.000.000	\$8.100.000.000	0,8929	\$7.232.142.857	-\$6.099.417.178	Pendiente
2	\$8.500.000.000	\$400.000.000	\$8.100.000.000	0,7972	\$6.457.270.408	\$357.853.230	Año recuperación
3	\$8.500.000.000	\$400.000.000	\$8.100.000.000	0,7118	\$5.765.420.007	\$6.123.273.238	Recuperado
4	\$8.500.000.000	\$400.000.000	\$8.100.000.000	0,6355	\$5.147.696.435	\$11.270.969.673	Recuperado
5	\$8.500.000.000	\$400.000.000	\$8.100.000.000	0,5674	\$4.596.157.531	\$15.867.127.204	Recuperado
6	\$8.500.000.000	\$400.000.000	\$8.100.000.000	0,5066	\$4.103.712.082	\$19.970.839.286	Recuperado
7	\$8.500.000.000	\$400.000.000	\$8.100.000.000	0,4523	\$3.664.028.644	\$23.634.867.930	Recuperado
8	\$8.500.000.000	\$400.000.000	\$8.100.000.000	0,4039	\$3.271.454.147	\$26.906.322.076	Recuperado
9	\$8.500.000.000	\$400.000.000	\$8.100.000.000	0,3606	\$2.920.941.202	\$29.827.263.279	Recuperado
10	\$8.500.000.000	\$400.000.000	\$8.100.000.000	0,3220	\$2.607.983.216	\$32.435.246.495	Recuperado

Año	Beneficios	Costos	Flujo Neto	Factor VP	VP Flujo Neto	VP Acumulado	Payback (Acum. > 0)
11	\$8.500.000.000	\$400.000.000	\$8.100.000.000	0,2875	\$2.328.556.443	\$34.763.802.938	Recuperado
12	\$8.500.000.000	\$400.000.000	\$8.100.000.000	0,2567	\$2.079.068.253	\$36.842.871.191	Recuperado
13	\$8.500.000.000	\$400.000.000	\$8.100.000.000	0,2292	\$1.856.310.940	\$38.699.182.131	Recuperado
14	\$8.500.000.000	\$400.000.000	\$8.100.000.000	0,2046	\$1.657.420.482	\$40.356.602.613	Recuperado
15	\$8.500.000.000	\$400.000.000	\$8.100.000.000	0,1827	\$1.479.839.716	\$41.836.442.330	Recuperado
16	\$8.500.000.000	\$400.000.000	\$8.100.000.000	0,1631	\$1.321.285.461	\$43.157.727.791	Recuperado
17	\$8.500.000.000	\$400.000.000	\$8.100.000.000	0,1456	\$1.179.719.162	\$44.337.446.952	Recuperado
18	\$8.500.000.000	\$400.000.000	\$8.100.000.000	0,1300	\$1.053.320.680	\$45.390.767.632	Recuperado
19	\$8.500.000.000	\$400.000.000	\$8.100.000.000	0,1161	\$940.464.893	\$46.331.232.525	Recuperado
20	\$8.500.000.000	\$400.000.000	\$8.100.000.000	0,1037	\$839.700.797	\$47.170.933.322	Recuperado
Total	\$170.000.000.000	\$21.331.560.035	\$148.668.439.965		\$47.170.933.322		

Nota. Factor VP = $1/(1+0,12)^t$. La columna Payback indica el estado de recuperación según el signo del VP acumulado. Elaboración propia.

2.3.7 Determinación Tasa De Descuento Del Proyecto

La tasa de descuento refleja el costo de oportunidad de los recursos comprometidos y determina el valor presente de los flujos del proyecto. Como se trata de una inversión pública financiada con recursos propios, su valor se estimó por cuatro métodos complementarios, lo que permite validar de forma cruzada la tasa finalmente adoptada.

El primer método corresponde a la tasa social de descuento (TSD) que el Departamento Nacional de Planeación fija en 12% anual para la evaluación de proyectos de inversión pública en Colombia (DNP, 2020). Al financiarse el proyecto con recursos públicos, este es el parámetro de referencia principal.

El segundo método aproxima la tasa desde el mercado financiero. Se parte de la DTF, tasa de captación a 90 días con un promedio del 10,5% entre 2024 y 2025 según el Banco de la

República, a la que se suma un spread por riesgo de proyecto de infraestructura pública del 1,5%, propio de contratos de obra respaldados con pólizas. La tasa de mercado resultante es del 12,0%.

El tercer método emplea el costo promedio ponderado de capital (WACC), calculado como $WACC = K_e \times [E/(E+D)] + K_d \times (1-T) \times [D/(E+D)]$. Como el proyecto se financia en un 100% con patrimonio público y sin deuda, y el costo del patrimonio (K_e) se toma igual a la TSD del 12%, la expresión se reduce al costo del patrimonio y el WACC resulta del 12,0%.

El cuarto método aplica el modelo CAPM modificado como validación teórica, $K_e = R_f + \beta \times (R_m - R_f) + \text{riesgo país}$. Con una tasa libre de riesgo del 9,5% (TES a 10 años), una beta del sector de construcción de infraestructura de 0,85, una prima de mercado del 6,0% y un riesgo país del 2,2%, el costo del patrimonio asciende al 16,8%. Este resultado tiene carácter referencial, ya que incorpora primas exigidas por inversionistas privados que no aplican plenamente a un ejecutor público.

Tabla 26
Estimación de la tasa de descuento por método

Método	Componentes principales del cálculo	Tasa obtenida	Aplicabilidad
Tasa social de descuento (DNP)	Parámetro oficial para inversión pública (DNP, 2020)	12,0%	Alta
Tasa de mercado (DTF + spread)	DTF 10,5% más spread de riesgo 1,5%	12,0%	Media
WACC	100% patrimonio; $K_e = TSD = 12\%$; sin deuda ($T = 35\%$)	12,0%	Alta
CAPM modificado	$R_f 9,5\% + \beta 0,85 \times \text{prima } 6,0\% + \text{riesgo país } 2,2\%$	16,8%	Referencial
Promedio de los cuatro métodos		13,2%	

Nota. Fuentes: DNP (2020); Banco de la República; Damodaran; EMBI+ Colombia (JP Morgan). Elaboración propia.

Tres de los cuatro métodos convergen en una tasa del 12%, mientras que el CAPM modificado, de naturaleza referencial, la ubica en 16,8%; el promedio simple de los cuatro enfoques es del 13,2%. Se adopta una tasa de descuento del 12% anual, equivalente a la tasa social de descuento del DNP, por constituir el estándar metodológico para la evaluación de proyectos de inversión pública y por su convergencia con los enfoques de mercado y de costo promedio ponderado de capital. Esta es la tasa empleada en el descuento de los flujos y en el cálculo de los indicadores de la sección siguiente.

2.3.8 Evaluación Financiera Del Proyecto (VPN, TIR O De Beneficio-Costo, Punto De Equilibrio)

Con base en el flujo de caja neto construido en el numeral 2.3.6, esta sección presenta la evaluación financiera del proyecto a través de cuatro indicadores de rentabilidad social: el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), la relación Beneficio-Costo (B/C) y el período de recuperación de la inversión, tanto en su versión simple como descontada. Cada indicador se calcula aplicando la tasa social de descuento del 12 % fijada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2018) para proyectos de infraestructura pública, y se compara con el criterio mínimo de aceptación respectivo para establecer la viabilidad socioeconómica de la intervención vial en la Transversal 112B Bis A.

La suma de la columna de valor presente del flujo neto asciende a \$47.170.933.322, cifra que constituye el Valor Presente Neto del proyecto. El valor presente acumulado pasa de negativo a positivo en el segundo año de operación, lo que evidencia una recuperación temprana de la inversión. A partir de este flujo se obtienen los indicadores que se resumen a continuación. El VPN positivo confirma que el proyecto genera valor social por encima del costo de

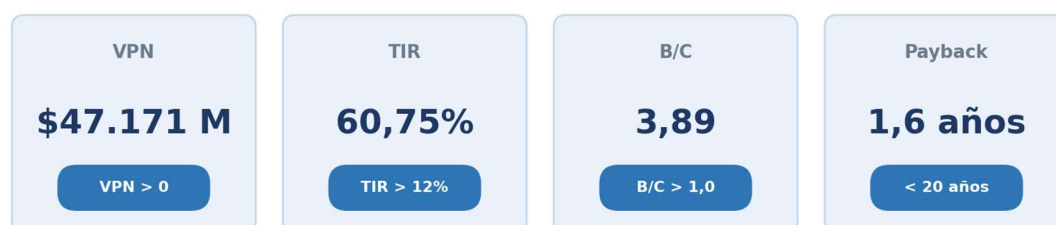
oportunidad de los recursos; la Tasa Interna de Retorno del 60,75% supera con holgura la tasa social de descuento del 12%, una magnitud coherente con los proyectos de conectividad vial que resuelven cuellos de botella críticos; la relación Beneficio-Costo de 3,89 indica que cada peso invertido retorna \$3,89 en beneficios sociales; y los períodos de recuperación, de 1,65 años en términos simples y 2,94 años descontado, resultan muy inferiores a la vida útil del activo. Los tres criterios (VPN mayor que 0, TIR mayor que la TSD y B/C mayor que 1) se cumplen al mismo tiempo.

Tabla 27
Indicadores de evaluación financiera

Indicador	Valor	Criterio de decisión	Resultado
VPN (Valor Presente Neto)	\$47.170.933.322	VPN > 0	Viable
TIR (Tasa Interna de Retorno)	60,75%	TIR > TSD (12%)	Viable
Relación Beneficio-Costo (B/C)	3,89	B/C > 1	Viable
Período de recuperación simple	1,65 años	< vida útil (20 años)	Viable
Período de recuperación descontado	2,94 años	< vida útil (20 años)	Viable

Nota. TSD = Tasa Social de Descuento. Elaboración propia.

Figura 15 Resumen de los indicadores de evaluación financiera



Todos los indicadores confirman la viabilidad financiera y social del proyecto

Nota. Síntesis visual de los resultados de la evaluación y de los criterios mínimos de decisión. Elaboración propia.

La figura anterior resume los cuatro indicadores principales junto con el criterio mínimo que cada uno satisface, lo que confirma de forma directa la viabilidad financiera y social del proyecto.

La siguiente tabla presenta la memoria de cálculo de cada indicador, detallando la fórmula y el origen de los datos a partir del flujo de caja y del desglose del valor presente.

Tabla 28
Memoria de cálculo de los indicadores

Indicador	Fórmula	Cálculo	Resultado
VPN	VP de beneficios menos VP de costos totales	63.490.270.807 - 16.319.337.485	\$47.170.933.322
TIR	Tasa que iguala a cero la suma de los flujos descontados	Sobre el flujo del Año 0 al 20	60,75%
B/C	VP de beneficios entre VP de costos totales	63.490.270.807 / 16.319.337.485	3,89
Payback simple	Inversión entre el flujo neto anual	13.331.560.035 / 8.100.000.000	1,65 años
Payback descontado	Año en que el VP acumulado se vuelve positivo	Entre el Año 2 y 3	2,94 años

Nota. Cálculos realizados sobre el flujo de caja neto del proyecto y el desglose del valor presente.

Para que el origen de los indicadores quede explícito, la siguiente tabla reconstruye el cálculo del valor presente a partir de los datos de entrada. El valor presente de los flujos recurrentes se obtiene multiplicando su valor anual por el factor de anualidad correspondiente a una tasa del 12% durante 20 años (7,4694); la inversión, en cambio, se reconoce de manera íntegra en el año 0. De este modo, el valor presente de los beneficios sociales asciende a

\$63.490.270.807 y el de los costos totales a \$16.319.337.485, y su diferencia es exactamente el VPN De \$47.170.933.322.

Tabla 29
Cálculo Del Valor Presente De Beneficios Y Costos

Concepto	Valor Anual O Inicial (COP)	Factor (12%, 20 Años)	Valor Presente (COP)
Beneficios Sociales (Años 1 A 20)	\$8.500.000.000	7,4694	\$63.490.270.807
Costo De Mantenimiento (Años 1 A 20)	\$400.000.000	7,4694	\$2.987.777.450
Inversión Inicial (Año 0)	\$13.331.560.035	1,0000	\$13.331.560.035
VP De Costos Totales (Inversión Más Mantenimiento)			\$16.319.337.485
Valor Presente Neto (VPN = VP De Beneficios Menos VP De Costos Totales)			\$47.170.933.322

Nota. VP = Valor Presente. Beneficios Descontados Del Flujo Del Proyecto; Inversión Del Presupuesto Del Contrato. Elaboración Propia.

Por Su Naturaleza De Bien Público, El Proyecto No Genera Ingresos Monetarios Y Su Punto De Equilibrio Se Interpreta En Términos Sociales. En El Tiempo, El Equilibrio Se Alcanza Cuando El Valor Presente Acumulado Se Vuelve Nulo, Lo Que Ocurre A Los 2,94 Años De Operación (Recuperación Descontada). En Términos De Beneficios, El Umbral De Equilibrio Es El Nivel Mínimo De Beneficio Social Anual Que Hace El VPN Igual A Cero: Dado El Valor Presente De Los Costos Totales (\$16.319.337.485) Y El Factor De Anualidad De 7,4694, Ese Umbral Es De Aproximadamente \$2.185 Millones Anuales, Apenas El 25,7% Del Beneficio Estimado De \$8.500.000.000. Dicho De Otro Modo, Los Beneficios Sociales Tendrían Que Reducirse En Más Del 74% Para Que El Proyecto Dejara De Ser Viable, Lo Que Confirma Un Amplio Margen De Seguridad.

2.3.9 Análisis De Sensibilidad Y Planes De Contingencia

El análisis de sensibilidad evalúa la robustez de la decisión de inversión ante la incertidumbre de las variables críticas, en concordancia con las buenas prácticas de gestión de riesgos del proyecto (PMI, 2025). Se examinan dos escenarios extremos, el pesimista y el optimista, y se contrastan indicador por indicador con el escenario base de la sección 2.3.5.

- ***Escenario 1: Pesimista (incremento de la inversión en 20 %, reducción de los beneficios en 25 % e incremento del mantenimiento en 50 %)***

Este escenario simula que se materializan al mismo tiempo los principales riesgos del proyecto: sobrecostos de obra, beneficios sociales menores a los previstos y mayores gastos de conservación. Aun con esta combinación adversa, el proyecto conserva su viabilidad: el VPN permanece positivo en \$27.138.164.888, la TIR se mantiene en 36,10 % (cerca de tres veces la TSD del 12 %) y la relación B/C en 2,33. La caída de los indicadores frente al escenario base no compromete la decisión de inversión.

Tabla 30
Sensibilidad del escenario 1 (pesimista) frente al escenario base

Indicador	Escenario base	Escenario 1 (Pesimista)
VPN (Valor Presente Neto)	\$47.170.933.322	\$27.138.164.888
TIR (Tasa Interna de Retorno)	60,75 %	36,10 %
Relación Beneficio-Costo (B/C)	3,89	2,33

Nota. Variaciones aplicadas sobre el escenario base: la inversión sube 20 %, los beneficios bajan 25 % y el mantenimiento sube 50 %. Elaboración propia.

- **Escenario 2: Optimista (reducción de la inversión en 5 %, incremento de los beneficios en 15 % y reducción del mantenimiento en 10 %)**

Este escenario refleja una ejecución eficiente, con ahorros en la inversión, beneficios superiores a lo proyectado y menores costos de conservación. En estas condiciones los indicadores mejoran de manera notable: el VPN asciende a \$57.659.829.690, la TIR a 74,34 % y la relación B/C a 4,76, lo que evidencia el potencial de creación de valor social del proyecto.

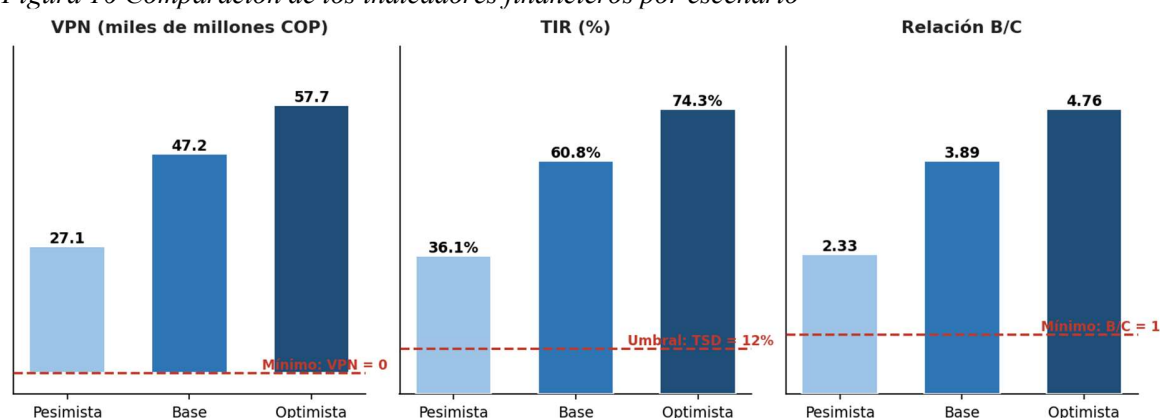
Tabla 31
Sensibilidad del escenario 2 (optimista) frente al escenario base

Indicador	Escenario base	Escenario 2 (Optimista)
VPN (Valor Presente Neto)	\$47.170.933.322	\$57.659.829.690
TIR (Tasa Interna de Retorno)	60,75 %	74,34 %
Relación Beneficio-Costo (B/C)	3,89	4,76

Nota. Variaciones aplicadas sobre el escenario base: la inversión baja 5 %, los beneficios suben 15 % y el mantenimiento baja 10 %. Elaboración propia.

La Figura mostrada a continuación contrasta los tres indicadores en los escenarios pesimista, base y optimista.

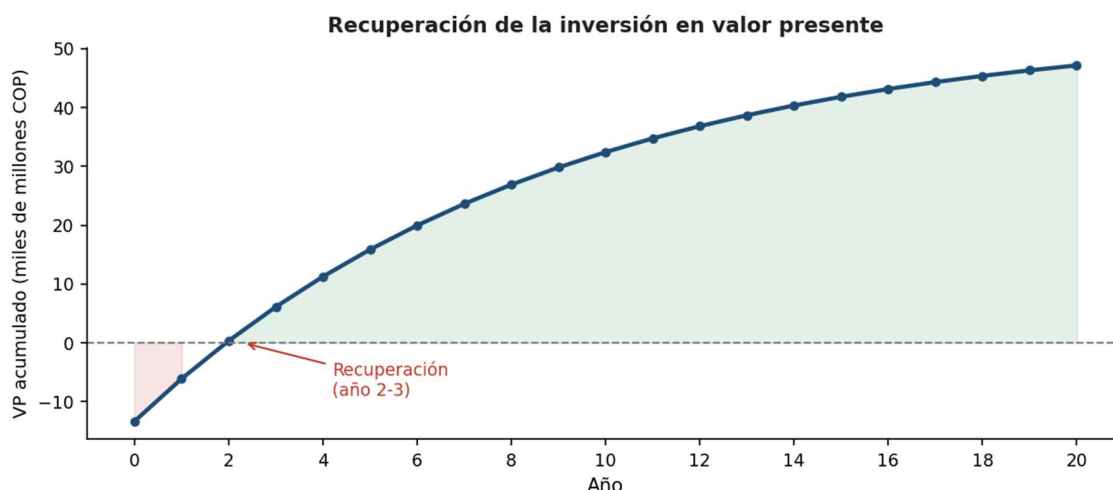
Figura 16 Comparación de los indicadores financieros por escenario



Nota. VPN expresado en miles de millones de COP. Elaboración propia con base en el análisis de sensibilidad.

En todos los casos el VPN se mantiene positivo, la TIR queda por encima de la tasa social de descuento del 12% y la relación B/C supera la unidad, lo que confirma de forma visual la robustez del proyecto frente a la incertidumbre de costos y beneficios.

Figura 17 Recuperación de la inversión en valor presente (escenario base)



Nota. Valor presente acumulado del flujo de caja neto, en miles de millones de COP. Elaboración propia.

La Figura muestra la trayectoria del valor presente acumulado en el escenario base. La curva cruza el eje cero entre el segundo y el tercer año de operación, lo que evidencia la recuperación temprana de la inversión y el amplio margen de generación de valor durante el resto de la vida útil del activo.

En síntesis, el proyecto mantiene indicadores favorables ($VPN > 0$, $TIR > TSD$ y $B/C > 1$) tanto en el escenario pesimista como en el optimista, de modo que su viabilidad no depende de supuestos optimistas. La variable de mayor incidencia es el nivel de beneficios sociales, que está asociado al volumen de tránsito que atiende el corredor. Estos resultados respaldan la decisión de inversión y constituyen la línea base financiera para el control del proyecto.

- **Planes de contingencia financiera**

Los planes de contingencia orientados a mitigar los principales riesgos del proyecto y a acotar su impacto financiero. La siguiente tabla relaciona cada riesgo con su impacto estimado y la medida de contingencia prevista.

Tabla 32
Riesgos, impacto estimado y planes de contingencia

Riesgo	Impacto estimado	Plan de contingencia
Interferencia de redes (EAAB, Enel, Vanti)	+15% del costo de redes	Coordinación anticipada con las ESP y protocolo de no objeción
Retraso en la entrega de predios	+2 meses de plazo	Gestión predial paralela y reprogramación de frentes de obra
Condiciones geotécnicas adversas	+10% del costo de obra	Estudios complementarios y uso de geotextiles NT 4000
Incremento de la jornada laboral	+6,25% en mano de obra	Reserva del Componente K (\$996.658.470) y renegociación de tarifas de mano de obra
Hallazgos arqueológicos	Suspensión temporal	Plan de Manejo Arqueológico y equipo de monitoreo permanente

Nota. Elaboración propia con base en la matriz de riesgos del proyecto.

Desde la perspectiva financiera, el proyecto dispone de dos reservas explícitas para absorber estos riesgos. La primera es el Componente K (pagos asociados a ajustes), por \$996.658.470, equivalente al 7,5% del presupuesto, destinado a cubrir la escalación de precios y los mayores costos de mano de obra, como los que se derivan del incremento de la jornada laboral. La segunda es el rubro de imprevistos del AIU (1% del costo directo, \$74.717.082), previsto para las contingencias menores de obra.

El análisis de sensibilidad respalda la suficiencia de estas reservas. El escenario pesimista incorpora un sobre costo del 20%, superior a los impactos individuales de la interferencia de redes (15%) o de las condiciones geotécnicas (10%), y aun así el proyecto conserva un VPN

positivo de \$27.138.164.888 y una TIR del 36,10%. Por tanto, la materialización de uno o varios de estos riesgos de costo no compromete la viabilidad financiera del proyecto.

Los riesgos de plazo, como el retraso en la entrega de predios (hasta dos meses) o la suspensión por hallazgos arqueológicos, afectan el cronograma de 21 meses más que el costo. Su efecto financiero se gestiona mediante la reprogramación de los frentes de obra y el esquema de pago por actas mensuales, que ajusta los desembolsos al avance real y evita tensiones en el flujo de caja del proyecto.

2.4 Estudio Social Y Ambiental

El estudio social y ambiental evalúa los impactos positivos y negativos del proyecto sobre la comunidad y el entorno natural, estableciendo las estrategias de mitigación y compensación necesarias para garantizar una ejecución responsable y sostenible. Este análisis se fundamenta en los principios de sostenibilidad del GPM Global (Green Project Management) y en la metodología P5TM (People, Planet, Profit, Process, Product), así como en las normativas ambientales colombianas y los estándares internacionales de análisis de ciclo de vida (ISO 14040 e ISO 14044).

2.4.1 Definición Del Impacto Social

El impacto social del proyecto se analiza en tres momentos. Durante la construcción, los efectos temporales de ruido, desvíos y restricción de acceso se gestionan mediante el Plan de Diálogo Ciudadano conforme a la Resolución IDU 7874 de 2021, que garantiza atención ciudadana permanente y respuesta a PQR en máximo cinco días hábiles. Una vez en operación, el tramo generará beneficios inmediatos como la reducción de tiempos de viaje entre 12 y 15

minutos en hora pico, la eliminación de puntos críticos de accidentalidad y la mejora del espacio público, así como beneficios estructurales de largo plazo como el incremento del valor del suelo entre el 8 % y el 15 % y la consolidación de la conectividad vial de Engativá. En conjunto, los costos sociales son temporales y manejables, mientras que los beneficios son permanentes y acumulativos, en línea con los principios del Plan de Desarrollo Bogotá Camina Segura (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2024).

2.4.2 Análisis De Beneficios Y Costos Sociales. Balance Social

Los beneficios sociales del proyecto van más allá de los indicadores económicos e inciden directamente en la calidad de vida de los habitantes de Engativá, evaluándose mediante el enfoque multicriterio recomendado por el DNP para proyectos de infraestructura urbana. A continuación, se describen los beneficios sociales identificados:

1. Reducción de tiempos de viaje: La eliminación del cuello de botella reduce el tiempo promedio de desplazamiento por el corredor en 12 a 15 minutos por viaje, lo que equivale a un ahorro anual agregado de 3,2 millones de horas-persona, calculado sobre la base de 612.630 beneficiarios con un promedio de 1,4 viajes diarios por el corredor (SDM, 2023).

2. Mejora de la seguridad vial: La geometría del tramo sin proyecto (calzada informal sin separador, sin demarcación y sin iluminación adecuada) presenta un índice de accidentalidad de 4,8 siniestros por kilómetro por año (Secretaría Distrital de Movilidad, 2023). La construcción de la sección tipo V-3 con separador, señalización y semaforización reduce este índice a valores inferiores a 1,5 siniestros/km/año, conforme a los promedios observados en tramos similares ya construidos de la Avenida Mutis.

3. **Accesibilidad e inclusión:** La habilitación de 2.215,2 m² de espacio público con estándares de accesibilidad universal (rampas, franjas táctiles, anchos mínimos) beneficia especialmente a personas con movilidad reducida, adultos mayores y población infantil, grupos que actualmente se ven forzados a transitar por la calzada vehicular ante la ausencia de andenes continuos.

4. **Conectividad ciclista:** Los 213 metros de ciclorruta completan la continuidad de la red de ciclorrutas del corredor, incentivando el uso de la bicicleta como modo de transporte sostenible y contribuyendo a la meta del Plan de Desarrollo de incrementar los viajes en bicicleta del 9 % al 12 % del reparto modal.

5. **Valorización urbana:** La evidencia empírica en proyectos similares del IDU (Avenida Villavicencio, Avenida El Rincón) muestra que la construcción de infraestructura vial en corredores previamente deteriorados genera una valorización del suelo del orden del 8 % al 15 % en un radio de 500 metros (Lonja de Propiedad Raíz de Bogotá, 2022).

Para conocer el lado opuesto se describen los Costos sociales identificados:

1. **Afectaciones durante la construcción:** La ejecución de las obras genera molestias temporales a la comunidad, incluyendo ruido, polvo, vibraciones, cierres viales parciales y desvíos de tránsito que incrementan los tiempos de viaje durante los 7 meses de la fase de ejecución.

2. **Desplazamiento temporal de actividades económicas:** Los comerciantes ubicados en el área de influencia directa pueden experimentar una reducción temporal de sus ventas por la dificultad de acceso durante los cierres parciales.

3. Intervención arbórea: El proyecto requiere la tala de algunos individuos arbóreos autorizados por la SDA, lo que genera un impacto paisajístico negativo de carácter temporal, compensado mediante la siembra de especies nativas conforme al plan de compensación forestal.

Para comprender el panorama costo beneficio se realiza la siguiente matriz:

Tabla 33
Balance Social del Proyecto

Dimensión	Beneficios	Costos	Balance
Movilidad	Reducción de tiempos de viaje, mejora del nivel de servicio	Desvíos temporales durante obra	Positivo
Seguridad	Reducción de accidentalidad, mejor iluminación	Riesgos laborales durante construcción	Positivo
Inclusión	Accesibilidad universal, ciclorruta	Limitación temporal de acceso peatonal	Positivo
Economía local	Valorización del suelo, empleo temporal	Afectación temporal a comerciantes	Positivo
Medio ambiente	Uso de GCR, gestión de RCD	Emisiones, ruido, intervención arbórea	Neutro a positivo

Nota. La tabla presenta la matriz de balance social del proyecto evaluada en cinco dimensiones (movilidad, seguridad, inclusión, economía local y medio ambiente), contrastando los beneficios permanentes generados por la intervención con los costos sociales temporales asociados a la fase constructiva. Elaboración propia.

El balance social es claramente favorable, ya que los beneficios permanentes superan ampliamente los costos temporales asociados a la fase constructiva. La implementación del Plan de Diálogo Ciudadano conforme a la Resolución IDU 7874 de 2021 garantiza que las afectaciones temporales sean gestionadas de manera transparente y participativa.

2.4.3 Descripción Y Categorización De Impactos Ambientales

Los impactos ambientales del proyecto se identifican y categorizan conforme a la metodología de la Matriz de Leopold modificada, considerando el medio físico (suelo, agua, aire), el medio biótico (flora y fauna urbana) y el medio socioeconómico. La categorización emplea los criterios de magnitud (alta, media, baja), duración (temporal, permanente), extensión (puntual, local, regional) y reversibilidad (reversible, irreversible).

Tabla 34
Matriz de Identificación y Categorización de Impactos Ambientales

Impacto ambiental	Fase	Medio	Magnitud	Duración	Carácter
Generación de material particulado	Ejecución	Aire	Media	Temporal	Negativo
Emisión de ruido por maquinaria pesada	Ejecución	Aire	Media	Temporal	Negativo
Generación de RCD (escombros, pavimento demolido)	Ejecución	Suelo	Alta	Temporal	Negativo
Alteración del nivel freático por excavaciones	Ejecución	Agua	Media	Temporal	Negativo
Vertimiento de aguas de escorrentía con sedimentos	Ejecución	Agua	Baja	Temporal	Negativo
Remoción de cobertura vegetal y tala de árboles	Ejecución	Biótico	Media	Temporal	Negativo

Impacto ambiental	Fase	Medio	Magnitud	Duración	Carácter
Mejora de la calidad del drenaje pluvial	Operación	Agua	Alta	Permanente	Positivo
Reducción de emisiones vehiculares (menor congestión)	Operación	Aire	Alta	Permanente	Positivo
Incorporación de GCR en mezcla asfáltica	Ejecución	Suelo	Media	Permanente	Positivo
Recuperación de espacio público con arborización	Operación	Biótico	Media	Permanente	Positivo

Nota. La tabla identifica y categoriza los impactos ambientales del proyecto conforme a la metodología de la Matriz de Leopold modificada, evaluando cada impacto según el medio afectado (físico, biótico o socioeconómico), su magnitud, duración y carácter negativo o positivo para las fases de ejecución y operación. Elaboración propia.

Los impactos negativos se concentran en la fase de ejecución y son de carácter temporal y reversible, mientras que los impactos positivos se manifiestan en la fase de operación y son de carácter permanente. La gestión de estos impactos se realiza a través del Plan de Manejo Ambiental de Obra (PMAO) aprobado por la Secretaría Distrital de Ambiente, el cual establece los programas, medidas y fichas de manejo para cada impacto identificado.

2.4.4 Análisis Ciclo De Vida (Eco-Indicador 99, ISO 14040/44)

El análisis de ciclo de vida (ACV) del proyecto se realiza conforme al marco metodológico establecido en las normas ISO 14040:2006 (Principios y marco de referencia) e ISO 14044:2006 (Requisitos y directrices), empleando el método Eco-Indicador 99 para la

cuantificación del daño ambiental en tres categorías: salud humana, calidad del ecosistema y agotamiento de recursos.

El sistema abarca las etapas de producción, construcción, uso (20 años) y fin de vida. La tabla siguiente muestra, por categoría de daño, el proceso de mayor contribución y su valor estimado por metro lineal de vía.

- **Resultados del ACV por categoría de daño (Eco-Indicador 99)**

Tabla 35
Resultados del ACV Según Eco-Indicador 99

Categoría de daño	Etapas dominantes	Indicador principal	Valor estimado por m lineal
Salud humana (DALY)	Producción de mezcla asfáltica	Emisiones de COV y partículas	$2,8 \times 10^{-4}$ DALY
Calidad del ecosistema (PDF*m²*año)	Extracción de agregados pétreos	Uso del suelo y transformación	18,5 PDF*m ² *año
Agotamiento de recursos (MJ surplus)	Producción de cemento asfáltico	Consumo de combustibles fósiles	4.200 MJ surplus

*Nota. La tabla presenta los resultados del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del proyecto según el método Eco-Indicador 99, cuantificando el daño ambiental por metro lineal de vía en tres categorías: salud humana (DALY), calidad del ecosistema (PDF*m²*año) y agotamiento de recursos (MJ surplus), identificando la etapa dominante y el indicador principal de cada categoría. Elaboración propia.*

El análisis identifica la producción de mezcla asfáltica como el proceso de mayor impacto ambiental en las tres categorías. La incorporación de Grano de Caucho Reciclado (GCR) al 25 % en las mezclas asfálticas mitiga parcialmente este impacto al reducir el consumo de

cemento asfáltico virgen en un 8-12 % y al valorizar un residuo sólido (llantas usadas) que de otro modo se depositaría en rellenos sanitarios o se quemaría al aire libre.

La etapa de uso es la de mayor duración (20 años) y su impacto está dominado por las emisiones vehiculares del tránsito sobre la vía. Sin embargo, la mejora del nivel de servicio (de F a B) reduce las emisiones por vehículo-kilómetro al disminuir la congestión y los regímenes de aceleración-frenado, generando un beneficio neto en la calidad del aire del corredor.

2.4.5 Definición De Flujo De Entradas Y Salidas

El flujo describe los recursos consumidos (entradas) y los productos, subproductos y residuos generados (salidas) a lo largo del ciclo de vida de la infraestructura. Este análisis es fundamental para la gestión eficiente de materiales y la minimización de residuos, conforme al principio de economía circular.

Entradas principales

Tabla 36
Flujo de Entradas Principales del Proyecto

Recurso	Cantidad aprox	Unidad	Fuente/Origen
Mezcla asfáltica MDC-19 con GCR	1.570	m ³	Planta de asfalto certificada
Material granular BNE-1	2.360	m ³	Cantera autorizada por SDA
Concreto hidráulico (3000-4000 psi)	640	m ³	Planta de concreto premezclado
Acero de refuerzo	45	toneladas	Siderurgia nacional
Tubería de concreto reforzado	320	m lineales	Fabricante certificado
Tubería PVC sanitaria y pluvial	250	m lineales	Fabricante certificado

Recurso	Cantidad aprox	Unidad	Fuente/Origen
Adoquín de concreto (8 cm)	2.215	m ²	Prefabricadora autorizada
Bordillo prefabricado	640	m lineales	Prefabricadora autorizada
Grano de caucho reciclado (GCR)	38	toneladas	Planta de aprovechamiento de llantas
Combustible diésel (maquinaria)	42.000	galones	Estación de servicio
Agua (para compactación, curado, lavado)	3.500	m ³	EAAB / carrotanque
Energía eléctrica (campamento, iluminación)	18.000	kWh	Red eléctrica

Nota. La tabla detalla el flujo de entradas principales del proyecto, especificando los recursos materiales, hídricos y energéticos requeridos durante la fase de construcción, con sus cantidades aproximadas, unidades de medida y fuentes de suministro. Elaboración propia.

Salidas principales

Tabla 37
Flujo de Salidas Principales del Proyecto

Producto/Residuo	Cantidad aprox	Unidad	Destino
Infraestructura vial funcional (producto principal)	213	m lineales	Entrega al IDU / UMV
Espacio público habilitado	2.215	m ²	Entrega al IDU / DADEP
RCD - Material de excavación (tierra, arcilla)	6.800	m ³	Sitio de disposición autorizado por SDA
RCD - Pavimento demolido (asfalto, concreto)	1.200	m ³	Planta de aprovechamiento de RCD
Residuos sólidos ordinarios	8	toneladas	Relleno sanitario Doña Juana

Producto/Residuo	Cantidad aprox	Unidad	Destino
Residuos peligrosos (RESPEL: aceites, filtros)	1,2	toneladas	Gestor autorizado por SDA
Emisiones CO ₂ equivalente	1.890	toneladas	Atmósfera
Aguas residuales de obra	2.800	m ³	Red de alcantarillado (pretratamiento)
Material reciclable (chatarra, plástico, cartón)	3,5	toneladas	Recicladores autorizados

Nota. La tabla detalla el flujo de salidas principales del proyecto, discriminando los productos entregados (infraestructura vial y espacio público), los residuos de construcción y demolición (RCD), los residuos sólidos ordinarios y peligrosos, las emisiones de CO₂ equivalente y las aguas residuales generadas durante la fase constructiva, con sus cantidades aproximadas y destinos de disposición. Elaboración propia.

La gestión de los RCD se realiza conforme a la Resolución 472 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, que establece la obligación de formular un Plan de Gestión de RCD con metas de aprovechamiento mínimo del 5 % del total de residuos generados. Para este proyecto, se estima un aprovechamiento del 15 % del material de excavación como relleno seleccionado y del 80 % del pavimento demolido como agregado reciclado para bases y subbases, superando las metas normativas.

2.4.6 Cálculo De Impacto Ambiental Bajo Criterios P5TM

La evaluación de sostenibilidad del proyecto se realiza mediante la herramienta P5TM (People, Planet, Profit, Process, Product) desarrollada por GPM Global, la cual permite evaluar de manera integral los impactos del proyecto en cinco dimensiones interrelacionadas. Cada criterio se califica en una escala de -3 (impacto negativo alto) a +3 (impacto positivo alto), donde 0 representa un impacto neutro.

People (Personas)

Tabla 38

Evaluación P5TM – Dimensión People (Personas)

Subcategoría P5TM	Calificación	Justificación
Prácticas laborales y trabajo decente	+2	Cumplimiento de normas SST, vinculación de mano de obra local, equidad de género (Decreto 332/2020)
Derechos humanos	+1	Respeto al patrimonio arqueológico, consulta previa no requerida (no hay comunidades étnicas)
Sociedad y consumidores	+3	Beneficio directo a 612.630 ciudadanos, mejora de movilidad y seguridad vial
Comportamiento ético	+2	Transparencia en el proceso licitatorio, control de interventoría
Promedio People	+2,0	

Nota. La tabla presenta la evaluación de la dimensión People (Personas) de la herramienta P5TM, calificando cuatro subcategorías (prácticas laborales, derechos humanos, sociedad y consumidores, y comportamiento ético) en una escala de -3 a +3, obteniendo un promedio de +2,0. Elaboración propia.

Planet (Planeta)

Tabla 39

Evaluación P5TM – Dimensión Planet (Planeta)

Subcategoría P5TM	Calificación	Justificación
Transporte	+1	Reducción de emisiones vehiculares por menor congestión en operación; emisiones de maquinaria en construcción
Energía	-1	Alto consumo energético en producción de mezcla asfáltica y operación de maquinaria diésel
Agua	0	Consumo moderado de agua, sistema de drenaje mejorado en operación
Residuos	+1	Uso de GCR (economía circular), plan de gestión de RCD con aprovechamiento al 15 %
Promedio Planet	+0,25	

Nota. La tabla presenta la evaluación de la dimensión Planet (Planeta) de la herramienta P5TM, calificando cuatro subcategorías ambientales (transporte, energía, agua y residuos) en una escala de -3 a +3, obteniendo un promedio de +0,25. Elaboración propia.

Profit (Beneficio económico)

Tabla 40

Evaluación P5TM – Dimensión Profit (Beneficio Económico)

Subcategoría P5TM	Calificación	Justificación
Retorno de la inversión	+3	VPNS de \$51.514.113.046, B/C de 3,52, alta rentabilidad social
Agilidad del negocio	+2	Esquema de precios unitarios que alinea pago con ejecución real
Estimulación económica	+2	Generación de 80-100 empleos directos, dinamización de proveedores locales
Promedio Profit	+2,33	

Nota. La tabla presenta la evaluación de la dimensión Profit (Beneficio Económico) de la herramienta P5TM, calificando tres subcategorías (retorno de la inversión, agilidad del negocio y estimulación económica) en una escala de -3 a +3, obteniendo un promedio de +2,33. Elaboración propia.

Process (Proceso)

Tabla 41

Evaluación P5TM – Dimensión Process (Proceso)

Subcategoría P5TM	Calificación	Justificación
Madurez del proceso de gestión	+2	PMBOK 8. ^a ed., MGGC-01 del IDU, ISO 31000 para riesgos
Gobernanza	+2	Esquema tripartito IDU-Contratista-Interventoría con controles cruzados
Transparencia y reporte	+2	Informes mensuales de interventoría, sistema SIGIDU, SECOP II
Promedio Process	+2,0	

Nota. La tabla presenta la evaluación de la dimensión Process (Proceso) de la herramienta P5TM, calificando tres subcategorías (madurez del proceso de gestión, gobernanza, y transparencia y reporte) en una escala de -3 a +3, obteniendo un promedio de +2,0. Elaboración propia.

Product (Producto)

Tabla 42

Evaluación P5TM – Dimensión Product (Producto)

Subcategoría P5TM	Calificación	Justificación
Diseño del producto	+3	Calle completa, accesibilidad universal, ciclorruta, GCR
Sostenibilidad del producto	+2	Vida útil de 20 años, materiales reciclados, mantenibilidad planificada
Calidad y seguridad del producto	+2	Normas IDU, NTC de accesibilidad, señalización conforme al MUTC
Promedio Product	+2,33	

Nota. La tabla presenta la evaluación de la dimensión Product (Producto) de la herramienta P5TM, calificando tres subcategorías (diseño del producto, sostenibilidad del producto, y calidad y seguridad del producto) en una escala de -3 a +3, obteniendo un promedio de +2,33. Elaboración propia.

Resultado consolidado P5TM

Tabla 43

Resultado Consolidado de la Evaluación P5TM

Dimensión	Promedio	Ponderación	Aporte ponderado
People	+2,00	25 %	+0,50
Planet	+0,25	20 %	+0,05
Profit	+2,33	20 %	+0,47
Process	+2,00	15 %	+0,30
Product	+2,33	20 %	+0,47
Índice P5TM del proyecto		100 %	+1,79

Nota. La tabla consolida el resultado final de la evaluación P5TM del proyecto, presentando el promedio por dimensión, la ponderación asignada y el aporte ponderado de cada una, con un

índice global de +1,79 sobre una escala de -3 a +3, indicando un impacto positivo significativo en sostenibilidad. Elaboración propia.

El índice P5TM de +1,79 sobre una escala de -3 a +3 indica que el proyecto tiene un impacto positivo. La dimensión con menor desempeño es Planet, debido al consumo energético de los procesos constructivos y a la producción de mezcla asfáltica, lo que señala la oportunidad de implementar estrategias adicionales de eficiencia energética y compensación de emisiones.

2.4.7 Cálculo De Huella De Carbono

La huella de carbono del proyecto se calcula conforme al protocolo GHG (Greenhouse Gas Protocol) y la norma ISO 14064-1, considerando las emisiones directas (Alcance 1) provenientes de la combustión de combustibles en maquinaria y vehículos de obra, las emisiones indirectas por energía (Alcance 2) asociadas al consumo eléctrico, y las emisiones indirectas de la cadena de valor (Alcance 3) derivadas de la producción de materiales.

Alcance 1 - Emisiones directas

Tabla 44
Emisiones Directas del Proyecto por Fuente (Alcance 1)

Fuente de emisión	Consumo	Factor de emisión	CO ₂ -eq (toneladas)
Combustión de diésel en maquinaria pesada	35.000 gal	10,21 kg CO ₂ /gal	357,4
Combustión de diésel en volquetas y vehículos	7.000 gal	10,21 kg CO ₂ /gal	71,5
Combustión de gasolina en vehículos livianos	2.500 gal	8,81 kg CO ₂ /gal	22,0
Subtotal Alcance 1			450,9

Nota. Emisiones directas (Alcance 1) por combustión de diésel y gasolina en maquinaria y vehículos de obra, con subtotal de 450,9 t CO₂-eq. Elaboración propia.

Alcance 2 - Emisiones indirectas por energía

Tabla 45

Emisiones Indirectas por Energía del Proyecto (Alcance 2)

Fuente de emisión	Consumo	Factor de emisión	CO ₂ -eq (toneladas)
Consumo eléctrico (campamento, iluminación)	18.000 kWh	0,126 kg CO ₂ /kWh (SIN Colombia)	2,3
Subtotal Alcance 2			2,3

Nota. Emisiones indirectas por consumo eléctrico del campamento e iluminación (Alcance 2), con subtotal de 2,3 t CO₂-eq según factor SIN Colombia. Elaboración propia.

Alcance 3 - Emisiones indirectas de la cadena de valor

Tabla 46

Emisiones Indirectas de la Cadena de Valor del Proyecto (Alcance 3)

Fuente de emisión	Cantidad	Factor de emisión	CO ₂ -eq (toneladas)
Producción de mezcla asfáltica	1.570 m ³	0,35 t CO ₂ /m ³	549,5
Producción de concreto hidráulico	640 m ³	0,32 t CO ₂ /m ³	204,8
Producción de acero de refuerzo	45 t	1,85 t CO ₂ /t acero	83,3
Producción de agregados pétreos	4.500 m ³	0,005 t CO ₂ /m ³	22,5
Producción de tubería (concreto, PVC, PEAD)	570 m	0,08 t CO ₂ /m	45,6
Producción de adoquín y bordillo	2.855 m ² + m	0,12 t CO ₂ /m ²	342,6
Transporte de materiales a obra	15.000 t*km	0,12 kg CO ₂ /t*km	1,8
Producción de GCR (crédito por reciclaje)	38 t	-0,45 t CO ₂ /t GCR	-17,1
Subtotal Alcance 3			**1.233,0**

Nota. Emisiones indirectas de cadena de valor (Alcance 3) por producción de materiales y transporte, con subtotal de 1.233,0 t CO₂-eq, descontando crédito por GCR. Elaboración propia.

- **Resumen de huella de carbono**

Tabla 47
Huella de Carbono del Proyecto por Alcance

Alcance	CO ₂ -eq (toneladas)	Participación
Alcance 1 (Emisiones directas)	450,9	26,7 %
Alcance 2 (Energía eléctrica)	2,3	0,1 %
Alcance 3 (Cadena de valor)	1.233,0	73,2 %
Total huella de carbono del proyecto	1.686,2	100,0 %

Nota. Resumen consolidado de la huella de carbono por alcance (GHG Protocol / ISO 14064-1), con total de 1.686,2 t CO₂-eq equivalentes a 7,91 t CO₂-eq/m lineal de vía. Elaboración propia.

La huella de carbono total del proyecto se estima en 1.686,2 toneladas de CO₂ equivalente, lo que corresponde a una intensidad de carbono de 7,91 t CO₂-eq por metro lineal de vía construida. Esta intensidad se compara favorablemente con el rango reportado en la literatura internacional para proyectos de construcción vial urbana, que oscila entre 8,0 y 12,0 t CO₂-eq por metro lineal (Huang et al., 2021), lo que se explica parcialmente por el efecto positivo del uso de GCR, que aporta un crédito de carbono de 17,1 toneladas por concepto de reciclaje de llantas usadas.

2.4.8 Estrategias De Mitigación De Impacto Ambiental

Las estrategias de mitigación se organizan conforme a la jerarquía de gestión ambiental: prevenir, reducir, mitigar, compensar. Cada estrategia se vincula con los impactos identificados en la sección 2.4.2 y se instrumentaliza a través de las fichas del Plan de Manejo Ambiental de Obra (PMAO). Se describen a continuación:

1. Planificación de frentes de obra: La programación secuencial de frentes minimiza la superficie de suelo expuesta simultáneamente, reduciendo la generación de material particulado y la erosión superficial. Se establece un límite máximo de 400 m² de área abierta sin pavimentar en cualquier momento de la ejecución.

2. Selección de maquinaria de bajas emisiones: Se exige que la maquinaria pesada cumpla con los estándares de emisión Tier 3 o superior, y se implementa un programa de mantenimiento preventivo que incluye la verificación mensual de opacímetro para motores diésel.

3. Control de calidad de materiales en origen: La verificación de la procedencia de los agregados pétreos y la certificación del GCR en la planta de origen previenen la incorporación de materiales contaminados o fuera de especificación.

4. Optimización logística del transporte: La programación de rutas de transporte de materiales y la ubicación estratégica de acopios intermedios reducen los kilómetros recorridos por las volquetas en un 15 % estimado, con la correspondiente reducción de emisiones.

5. Uso de agua reciclada: Se implementa un sistema de recirculación de agua para el lavado de equipos y vehículos, reduciendo el consumo de agua potable de la red pública en un 20 % estimado.

6. Control de emisiones fugitivas: Humectación periódica de superficies expuestas, vías de acceso y zonas de acopio mediante carrotanque con frecuencia mínima de tres veces al día en períodos secos. Instalación de barreras cortaviento perimetrales en las zonas de mayor generación de polvo.

7. **Control de ruido:** Restricción de actividades generadoras de alto ruido (piloteado, demolición, compactación) al horario diurno (7:00 a.m. a 6:00 p.m.). Instalación de barreras acústicas temporales en los frentes de obra adyacentes a edificaciones residenciales. Monitoreo de niveles de presión sonora conforme a la Resolución 627 de 2006.

8. **Compensación forestal:** Siembra de árboles nativos en proporción 3:1 respecto a los individuos talados, conforme al acto administrativo de la SDA. Las especies seleccionadas corresponden al catálogo del Jardín Botánico de Bogotá para la zona climática del proyecto.

3. Inicio Y Planeación Del Proyecto

La fase de inicio y planeación constituye el primer bloque de procesos en el que se formaliza la autorización del proyecto y se construye la arquitectura de gestión que gobernará su ejecución. De acuerdo con el marco del PMBOK (PMI, 2025), esta fase comprende dos grandes entregables: el acta de constitución del proyecto (Project Charter), que le otorga al director de obra autoridad para aplicar los recursos organizacionales requeridos, y el plan de gestión del proyecto, que integra los planes subsidiarios que regulan cada dominio de desempeño.

3.1 Aprobación Del Proyecto (Project Charter)

El acta de constitución se encuentra en el documento ANEXO - 3.1 APROBACIÓN DEL PROYECTO (PROJECT CHARTER) donde se formaliza la autorización del proyecto y define el marco de autoridad, presupuesto y plazo del director de obra, en alineación con el contrato IDU Esquema 2, el MGGC-01 V10 y los principios de gobernanza del PMBOK (PMI, 2025).

3.2 Plan De Gestión Del Proyecto

El plan de gestión del proyecto articula la ejecución, el monitoreo y el control del contrato de obra, fundamentado en el PMBOK (PMI, 2025) y el Manual de Gestión Contractual del IDU (MGGC-01 V10). Cada plan subsidiario se vincula con la sección de interesados y comunicaciones, con políticas y participación ciudadana; alcance y calidad, con ingeniería de pavimentos y urbanismo; riesgos y valor ganado, con herramientas de evaluación; y el conjunto, con la gerencia y maduración de proyectos públicos, clave para reducir la brecha entre planeación y ejecución.

3.2.1 Plan De Gestión De Interesados

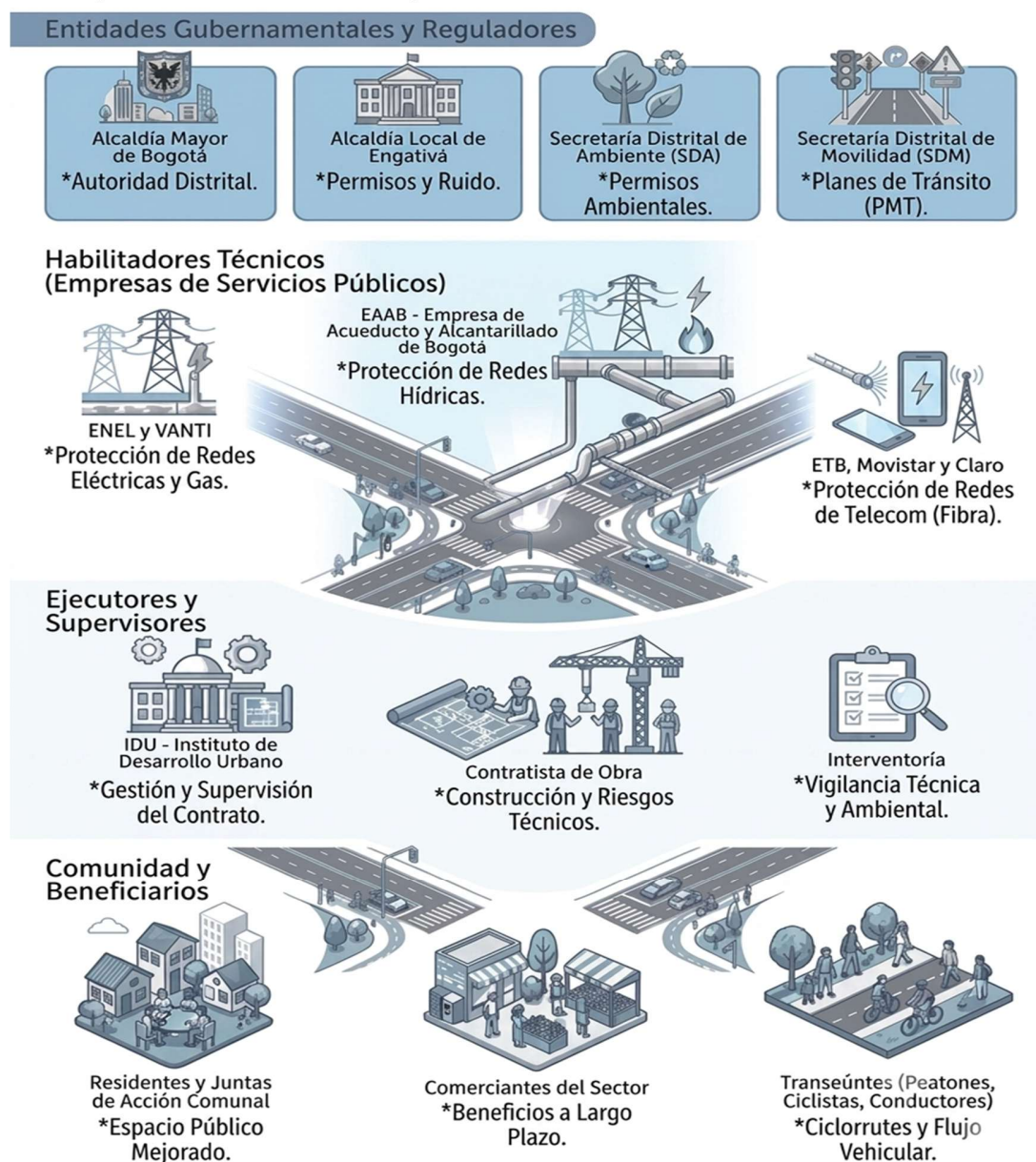
El plan de gestión de interesados tiene por objeto identificar a las personas y organizaciones que afectan o son afectadas por el proyecto, analizar su poder, su interés, su influencia y su dependencia, y definir estrategias de relacionamiento que favorezcan la colaboración y el logro de los objetivos. El análisis se desarrolla desde la perspectiva del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), entidad propietaria y gestora del proyecto: el IDU, a través de su Dirección Técnica de Construcciones, actúa como dueño y patrocinador, de modo que los demás actores se analizan como interesados del proyecto, junto con las áreas internas del propio IDU que intervienen en su ejecución.

a. Identificación y categorización de interesados

Para la categorización de los involucrados se emplea la matriz interés-poder, por tratarse de un proyecto del IDU, los interesados se clasifican en internos, es decir, las áreas del propio IDU que intervienen en el proyecto, y externos, que se agrupan en ejecutores y supervisores

contratados, habilitadores técnicos (empresas de servicios públicos), entidades gubernamentales y reguladoras, y comunidad y beneficiarios. El documento ANEXO - 3.2.1 PLAN DE GESTIÓN DE INTERESADOS - A. IDENTIFICACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE INTERESADOS contiene la identificación de interesados, los problemas que perciben frente al proyecto del IDU y los mandatos o recursos con que cuentan.

Figura 18 Registro de Interesados del Proyecto



Nota. Registro de interesados del proyecto. Imagen generada con Google Gemini (2026).

b. Matriz de interesados (poder-interés)

Desde la perspectiva del IDU, la Dirección Técnica de Construcciones coordina el proyecto como dueño y patrocinador; la matriz de poder-interés posiciona a los demás interesados según su poder e interés frente al proyecto y determina la estrategia de relacionamiento. Los interesados de alto poder e interés se gestionan de cerca, con participación directa en las decisiones; los de alto poder y bajo interés se mantienen satisfechos, atendiendo sus requerimientos puntuales; los de bajo poder y alto interés se mantienen informados de manera permanente; y los de bajo poder y bajo interés se monitorean para detectar cambios en su posición.

Tabla 48
Matriz Poder-Interés de Interesados

Poder	Alto	Mantener satisfechos <ul style="list-style-type: none"> Alcaldía Mayor de Bogotá Enel-Codensa 	Gestionar atentamente <ul style="list-style-type: none"> Dirección Técnica de Predios (IDU) Contratista de obra Interventoría EAAB Secretaría Distrital de Movilidad Residentes y Juntas de Acción Comunal Comerciantes del sector
	Bajo	Monitorear <ul style="list-style-type: none"> ICANH 	Mantener informados <ul style="list-style-type: none"> Vanti ETB, Movistar y Claro Secretaría Distrital de Ambiente Alcaldía Local de Engativá Transeúntes (peatones y ciclistas)
		Bajo	Alto
		Interés	

Nota. Estrategia de relacionamiento por cuadrante, desde la perspectiva del IDU. Elaboración propia con base en PMI (2025).

La estrategia de relacionamiento se traduce en acciones concretas: con los actores que se gestionan de cerca se establecen comités de seguimiento, acuerdos de servicio y protocolos de no-objeción; con los que se mantienen satisfechos se atienden sus requerimientos normativos y se reportan los avances relevantes; con los que se mantienen informados se emplean boletines, señalización en obra y el sistema de PQR; y con los que se monitorean se realiza un seguimiento periódico de su nivel de interés.

c. Matriz dependencia-influencia

La matriz de dependencia-influencia complementa el análisis de poder-interés al evaluar cuánto depende el proyecto de cada interesado para avanzar (dependencia) y la capacidad de ese actor para alterar su curso (influencia). Los interesados con alta influencia y dependencia son determinantes para el éxito y requieren acuerdos formales de colaboración con el IDU, mientras que los de alta influencia, pero baja dependencia se gestiona mediante el cumplimiento normativo y la rendición de cuentas. Es una herramienta especialmente útil en obra pública, donde las aprobaciones de terceros condicionan la ruta crítica del cronograma, como ocurre con la EAAB, la SDM y la DTDP en este contrato.

Tabla 49
Matriz de dependencia e influencia de interesados clave

Interesado	Dependencia del proyecto (1-5)	Influencia sobre el proyecto (1-5)	Clasificación	Acción prioritaria
IDU – DTC	5	5	Dominante	Relación estratégica permanente
la interventoría	4	5	Dominante	Coordinación técnica semanal
EAAB	5	4	Crítico	Gestión anticipada de aprobaciones
Enel-Codensa	4	3	Dependiente	Seguimiento de cronograma ESP

Interesado	Dependencia del proyecto (1-5)	Influencia sobre el proyecto (1-5)	Clasificación	Acción prioritaria
Vanti	3	3	Moderado	Reuniones mensuales de coordinación
SDM	4	4	Crítico	Gestión del PMT con antelación
SDA	3	3	Moderado	Cumplimiento proactivo de permisos
ICANH	2	3	Influenciador	Monitoreo del Plan Arqueológico
DTDP (Predios)	5	3	Crítico	Priorización entrega predio RT-54250
JAC / Comunidad	2	2	Marginal	Diálogo Ciudadano programado
Subcontratistas	4	2	Dependiente	Control contractual y de pagos
Equipo Consorcio	5	4	Dominante	Gestión interna del talento

Nota. En la tabla se clasifica la dependencia e influencia en un rango de 1 a 5 siendo 5 el máximo, además se etiquetan clasificaciones y las acciones prioritarias

El análisis revela que los interesados clasificados como "críticos" son aquellos de los que el proyecto tiene alta dependencia, pero cuya influencia puede retrasar la ruta crítica: la EAAB, cuyas aprobaciones de redes condicionan la secuencia constructiva; la SDM, cuya aprobación del PMT es requisito para iniciar actividades en vía; y la DTDP, cuya entrega del predio RT-54250 habilita el frente de obra completo. La estrategia para estos interesados es la gestión anticipada, con seguimiento semanal y escalamiento al nivel directivo cuando se detectan retrasos.

d. Formato para la resolución de conflictos y gestión de expectativas

La gestión de expectativas es un proceso continuo, para ello, el IDU emplea mecanismos de relacionamiento (comités de obra, mesas de trabajo con las empresas de servicios públicos, jornadas de socialización, encuestas de satisfacción y el sistema de PQR) y documenta cada controversia mediante el Formato para la Resolución de Conflictos y Gestión de Expectativas.

Este protocolo escalonado garantiza la trazabilidad de los acuerdos, define responsables y plazos, e integra el plan de comunicaciones y el registro de riesgos del proyecto.

A continuación, se presenta el estándar del formato, con los campos que se diligencian para cada controversia.

Tabla 50

Estándar del Formato para la resolución de conflictos y gestión de expectativas

Campo	Descripción
1. Identificación del conflicto	Consecutivo, fecha de apertura y fuente (comité de obra, PQR o mesa de trabajo).
2. Tipo de conflicto	Interno (equipo y subcontratistas) o externo (comunidad, entidades o empresas de servicios públicos); técnico, social o contractual.
3. Partes involucradas	Interesados afectados o en discrepancia y su posición frente al asunto.
4. Descripción y análisis de causa	Situación registrada y causa raíz, identificada con técnicas como los cinco porqués o el diagrama causa-efecto.
5. Acción propuesta	Alternativas de solución evaluadas, con sus implicaciones de alcance, tiempo y costo.
6. Nivel de escalamiento	Nivel 1: residente de obra. Nivel 2: director del proyecto e interventoría. Nivel 3: representante legal del Consorcio y Supervisión del IDU. Nivel 4: IDU (Dirección Técnica de Construcciones) y Ley 80 de 1993.
7. Plazo de resolución	Nivel 1: 48 horas. Nivel 2: 5 días hábiles. Nivel 3: 10 días hábiles. Nivel 4: según el procedimiento del IDU.
8. Acuerdos alcanzados	Compromisos de cada parte, con responsable y fecha.
9. Seguimiento	Registro del cumplimiento de los acuerdos.
10. Estado	Abierto, en gestión, resuelto o escalado.
11. Registro de decisiones y lecciones aprendidas	Decisión final, soportes, archivo en el repositorio y reflexión para prevenir conflictos similares.

Nota. Estructura del formato de resolución de conflictos y gestión de expectativas. Elaboración propia con base en PMI (2025) y la Ley 80 de 1993.

La operación del formato sigue una ruta definida: la situación se registra y se clasifica por tipo; se identifican las partes y la causa raíz; se proponen y acuerdan las soluciones con responsable y plazo; se monitorea su cumplimiento; y, si no se resuelve en el nivel correspondiente, se escala al siguiente, hasta documentar la decisión final. Este ciclo se integra con el plan de comunicaciones y con el registro de riesgos, de modo que las controversias recurrentes se incorporen como riesgos de relacionamiento con sus respectivas respuestas.

El formato para la resolución de conflictos se encuentra contenido en el documento ANEXO - 3.2.1 PLAN DE GESTIÓN DE INTERESADOS - A. IDENTIFICACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE INTERESADOS.

3.2.2 Plan De Gestión De Alcance

El plan de gestión de alcance, dentro del dominio de desempeño de alcance (PMI, 2025), define qué incluye y excluye el proyecto y cómo descomponer el trabajo en entregables verificables. Incluye enunciado, requisitos, matriz de trazabilidad, línea base (EDT/WBS) y diccionario.

a. Project Scope Statement (Acta de declaración del alcance)

El documento ANEXO - 3.2.2 PLAN DE GESTIÓN DE ALCANCE - A. PROJECT SCOPE STATEMENT (ACTA DE DECLARACIÓN DEL ALCANCE) contiene el enunciado del alcance, el cual se estructura en seis pasos: definición de entregables, descomposición en la lista de tareas de la EDT, exclusiones, supuestos y restricciones (tomados del acta de constitución) y aprobaciones ante la interventoría y la entidad. Quedan fuera del alcance la adquisición predial, las modificaciones a los tramos 1 a 4 ya construidos, la operación y el

mantenimiento posteriores al recibo, la reubicación de redes mayores fuera del corredor y la pavimentación de vías secundarias no contempladas en los diseños Fase III, delimitación que previene la corrupción del alcance y orienta el control de cambios.

b. Documento de requisitos

El documento de requisitos consolida las necesidades del IDU, de las entidades reguladoras y de la comunidad, y vincula cada requisito con su especificación, su criterio de aceptación, el interesado que lo demanda y su nivel de prioridad. Constituye la base para la verificación y el recibo de los entregables.

Tabla 51
Documento de Requisitos del Proyecto

Código	Requisito	Especificación / criterio de aceptación	Interesado	Prioridad
RQ-01	Apropiar y ajustar los estudios y diseños Fase III	Aprobación de interventoría y acta de cambio de fase	IDU	Alta
RQ-02	Plan de Manejo de Tránsito (PMT)	Resolución de aprobación de la SDM	SDM	Alta
RQ-03	Accesibilidad universal	Cumplimiento de las NTC 4143, 4774 y 5610	Comunidad	Alta
RQ-04	Reporte mensual de avance	Informe radicado en el sistema de la entidad	IDU	Media
RQ-05	Gestión de RCD y uso de grano de caucho reciclado	Certificados de disposición y aplicación (Decreto 265 de 2016)	SDA	Alta
RQ-06	No-objeción de redes	Conceptos de EAAB, Enel-Codensa, Vanti y operadores de telecomunicaciones	ESP	Alta
RQ-07	Plan de Manejo Arqueológico	Conceptos del ICANH durante las excavaciones	ICANH	Media
RQ-08	Plan de Diálogo Ciudadano	Soportes de socialización y cierre de PQR	Comunidad	Media

Nota. Requisitos de alto nivel con su especificación, interesado y prioridad. Elaboración propia.

c. Matriz de trazabilidad de requisitos

La matriz de trazabilidad contenida en el documento ANEXO - 3.2.1 PLAN DE GESTIÓN DE INTERESADOS - MATRIZ DE TRAZABILIDAD DE REQUISITOS, relaciona cada requisito con su origen, su entregable, su interesado y su dueño, y precisa cómo se medirá su cumplimiento, de modo que ninguno quede sin atender a lo largo del ciclo de vida.

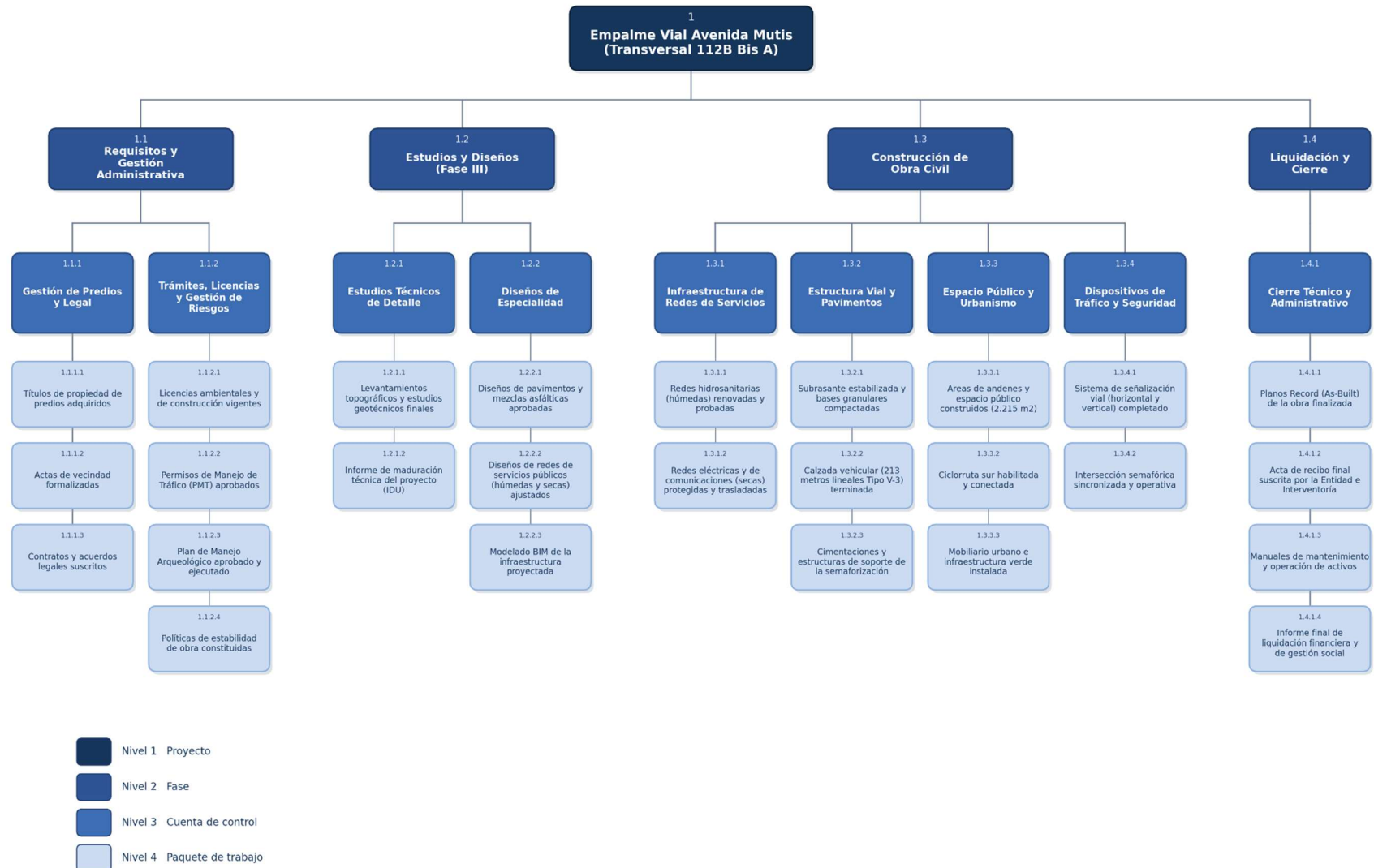
d. Actas de cierre de proyecto o fase

El cierre de cada fase y del proyecto se formaliza mediante un acta, la cual se encuentra en el documento ANEXO - 3.2.2 PLAN DE GESTIÓN DE ALCANCE - D. ACTAS DE CIERRE DE PROYECTO O FASE , y a través de esta se registra los entregables recibidos, las observaciones, los pendientes y las firmas de los responsables (contratista, interventoría e IDU). El acta de cierre del proyecto incorpora los criterios de salida: los planos as-built aprobados, la liquidación bilateral, las no-objecciones de las empresas de servicios públicos, el cierre de las PQR y el registro de lecciones aprendidas. La suscripción de estas actas es requisito para la liberación de los pagos asociados a cada hito y para el cierre contractual.

e. Línea base de alcance con EDT/WBS

La línea base de alcance se representa con la estructura de desglose del trabajo (EDT/WBS), que divide el proyecto en partes cada vez más pequeñas a lo largo de cinco niveles: el proyecto completo (nivel 1), sus cuatro fases (nivel 2), las cuentas de control (nivel 3), los paquetes de trabajo o entregables (nivel 4) y, finalmente, las tareas (nivel 5), para un total de 203 líneas.

Figura 19 Estructura de Desglose del Trabajo (EDT/WBS)

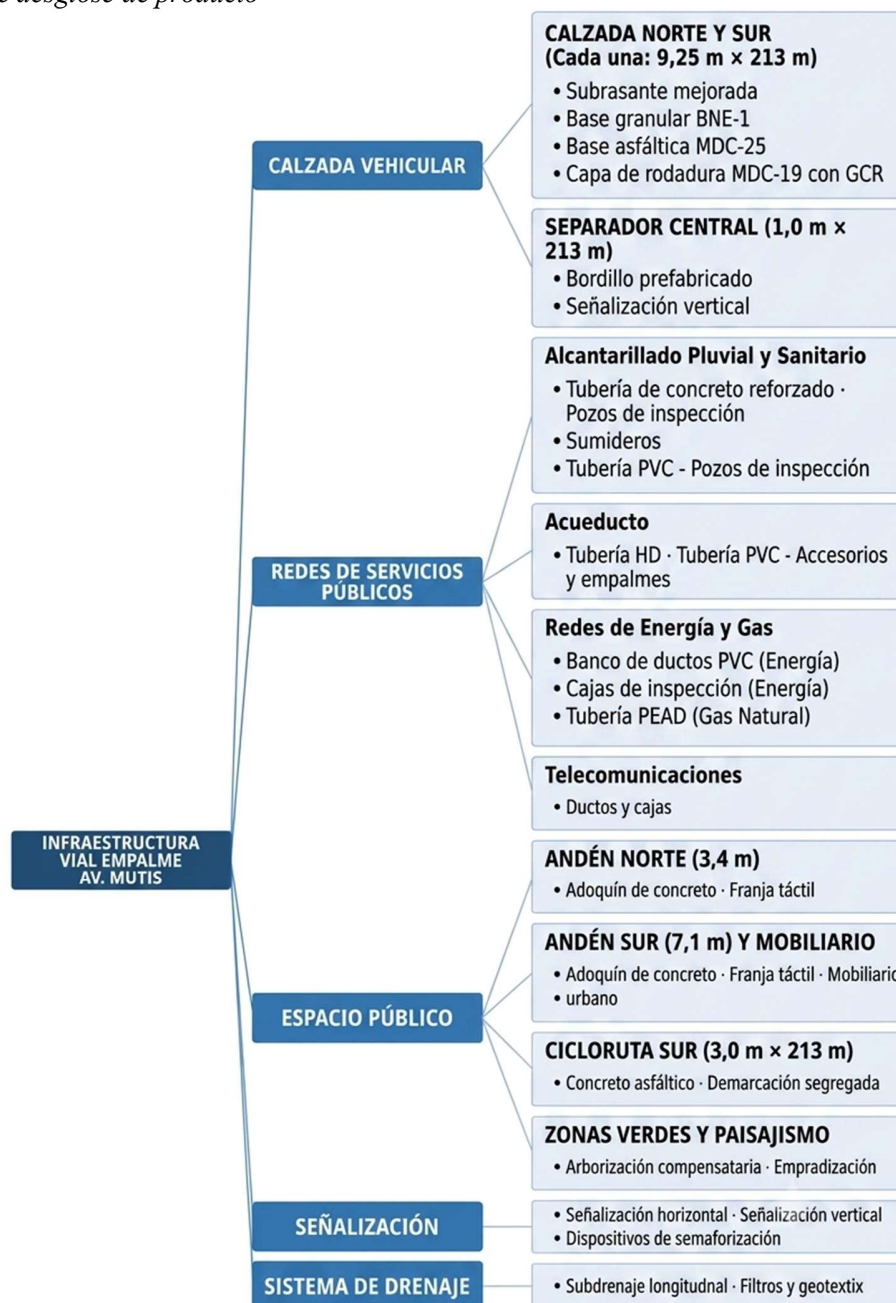


Nota. Se grafica la estructura de desglose de trabajo.

f. EDP

La EDP descompone los entregables físicos, a continuación, se representa como se estructura para el proyecto:

Figura 20
Estructura de desglose de producto



Nota. La EDP desagrega el corredor vial (nivel 1) en seis componentes: infraestructura vial, espacio público, ciclorruta sur, redes hídricas, secas y telecomunicaciones, cada uno con sus metas físicas.

g. Diccionario de la WBS

El archivo ANEXO – 3.2.2 PLAN DE GESTIÓN DE ALCANCE – G. DICCIONARIO DE LA WBS contiene el diccionario de la EDT del proyecto, con una ficha por cada paquete de trabajo. Cada ficha precisa el código y el nombre del paquete, su objetivo, su descripción, la asignación de responsabilidades, la duración, los criterios de aceptación, los supuestos, los riesgos y el costo. Los costos se distribuyen por cuenta de control en proporción a la duración de cada paquete; las duraciones provienen del cálculo PERT del cronograma.

3.2.3 Plan De Gestión De Comunicaciones

El plan de gestión de comunicaciones complementado en el archivo ANEXO - 3.2.3 PLAN DE GESTIÓN DE COMUNICACIONES, define la manera en que se ejecuta y controla el flujo de información del proyecto entre el IDU, el contratista, la interventoría, las entidades reguladoras, las empresas de servicios públicos y la comunidad. Plan estructurado conforme al Manual de Gestión y Gobernanza Contractual del IDU (MGGC-01, versión 10).

a. Matriz de comunicaciones

La matriz de comunicaciones contenida en el documento ANEXO – 3.2.3 PLAN DE GESTIÓN DE COMUNICACIONES – A. *MATRIZ DE COMUNICACIONES*, consolida los intercambios formales de información del Contrato de obra e identifica, para cada comunicación, el emisor y el receptor, la frecuencia de emisión, el canal o formato empleado y el responsable de su elaboración. Esta herramienta asegura que cada interesado reciba la información pertinente en el momento oportuno y sirve de base para el monitoreo de las comunicaciones durante la ejecución del proyecto.

b. Flujograma de las comunicaciones (escalamiento)

Define la cadena de escalamiento para la resolución de los asuntos que no pueden resolverse en el nivel operativo. El esquema sigue una lógica de cuatro niveles progresivos, en la que cada nivel debe agotar las posibilidades de solución antes de escalar al nivel superior:

Tabla 52
Niveles de escalamiento de las comunicaciones

Nivel	Ámbito y ejemplos	Responsables	Plazo de resolución
1. Operativo	Asuntos técnicos de rutina: ajustes menores de localización, aprobación de materiales, programación de ensayos.	Residente de obra (contratista) y residente de interventoría	24 a 48 horas
2. Táctico	Discrepancias en cantidades de obra, retrasos en suministros, conflictos con subcontratistas, observaciones recurrentes de calidad.	Director del proyecto (contratista) y Director de Interventoría	3 a 5 días hábiles
3. Gerencial	Solicitudes de prórroga, reclamaciones económicas, conflictos con ESP, quejas comunitarias graves.	Representantes legales del Contratista y de la Interventoría, con participación del Supervisor del IDU	5 a 10 días hábiles
4. Institucional	Adiciones contractuales, modificaciones al alcance, controversias técnicas insalvables, incumplimientos graves.	Dirección Técnica de Construcciones del IDU (patrocinador)	10 a 15 días hábiles

Nota. Niveles de escalamiento de las comunicaciones del Contrato de obra, que definen para cada nivel el ámbito de los asuntos, los responsables de su resolución y el plazo máximo de respuesta antes de escalar al nivel superior. Elaboración propia.

Todo escalamiento debe documentarse por escrito mediante oficio radicado a través del sistema ORFEO del IDU, con copia a todas las partes involucradas, de manera que exista trazabilidad completa de la gestión realizada en cada nivel.

Figura 21 Flujograma de las comunicaciones



Nota. Flujograma de escalamiento de las comunicaciones del proyecto, que representa la ruta progresiva de resolución de asuntos desde el nivel operativo en campo hasta el nivel institucional del IDU. Elaboración propia.

c. Glosario de terminología común

El glosario contenido en el documento ANEXO – 3.2.3 PLAN DE GESTIÓN DE COMUNICACIONES - C. GLOSARIO DE TERMINOLOGÍA COMÚN, establece la terminología compartida entre las partes contractuales, con el fin de evitar ambigüedades en la comunicación técnica y administrativa del proyecto

3.2.4 Plan De Gestión Del Cronograma

El plan de gestión del cronograma pertenece al dominio de cronograma (PMI, 2025) y define que el horizonte del proyecto es de 630 días (21 meses), del 13 de enero de 2025 al 4 de octubre de 2026, distribuidos en cuatro fases.

a. Listado de actividades con estimación de duraciones esperadas con uso de la distribución PERT beta-normal

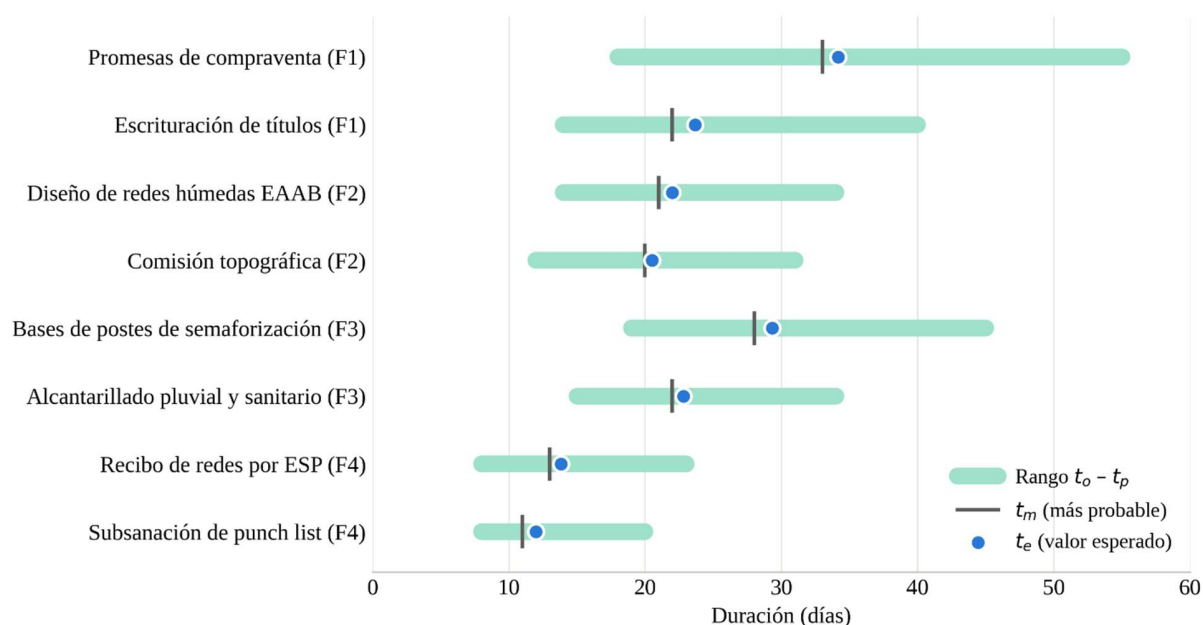
La estimación de duraciones del cronograma del contrato de obra combina dos técnicas complementarias, conforme a la Guía del PMBOK (PMI, 2025): el juicio de expertos del equipo, y la estimación paramétrica mediante la distribución PERT. Para cada actividad de la línea base se registran tres valores de duración, aportados por los responsables técnicos de cada frente:

- to (tiempo optimista): duración mínima posible si todo ocurre favorablemente (disponibilidad de materiales, ausencia de lluvias, no-objeción oportuna de las ESP).
- tm (tiempo más probable): duración esperada bajo condiciones normales de ejecución.
- tp (tiempo pesimista): duración máxima razonable ante contingencias (hallazgos arqueológicos, redes no identificadas, suspensiones por lluvia, retrasos en permisos).

En el documento ANEXO - 3.2.4 PLAN DE GESTIÓN DEL CRONOGRAMA - A.

CALCULO DURACIONES PERT se soporta por medio de una tabla que contiene los cálculos de la estimación PERT para el proyecto.

Figura 22 Índices de desempeño del proyecto según la gestión del valor ganado

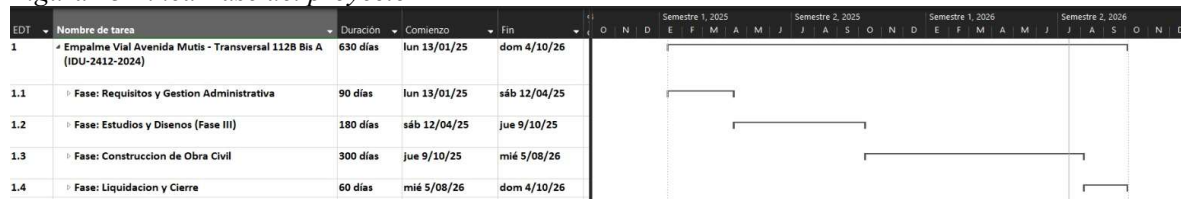


Nota. La figura muestra el índice de desempeño del costo (CPI), el índice de desempeño del cronograma (SPI) y el índice de desempeño del trabajo por completar (TCPI), contrastados con la meta ideal de 1,00. Los valores de CPI y SPI inferiores a 1,00 evidencian sobre costo y atraso en la ejecución, mientras que el TCPI superior a 1,00 indica la eficiencia requerida para cumplir el presupuesto. Elaboración propia a partir d Anthropic. (2026). Claude (Opus 4.8). <https://claude.ai>

b. Línea base tiempo

La línea base de tiempo establece el cronograma aprobado contra el cual se mide el desempeño del proyecto. La línea base se puede encontrar dentro del documento de Microsoft Project que desarrolla el cronograma se encuentra dentro de los anexos con el nombre ANEXO - 3.2.4 PLAN DE GESTIÓN DEL CRONOGRAMA - CRONOGRAMA EMPALME MUTIS MSPROJECT

Figura 23 Línea Base del proyecto



Nota. Línea base del proyecto generado en Microsoft Project, representado en fases.

Los hitos principales que definen la línea base de tiempo son:

Tabla 53

Hitos de la Línea Base de Tiempo

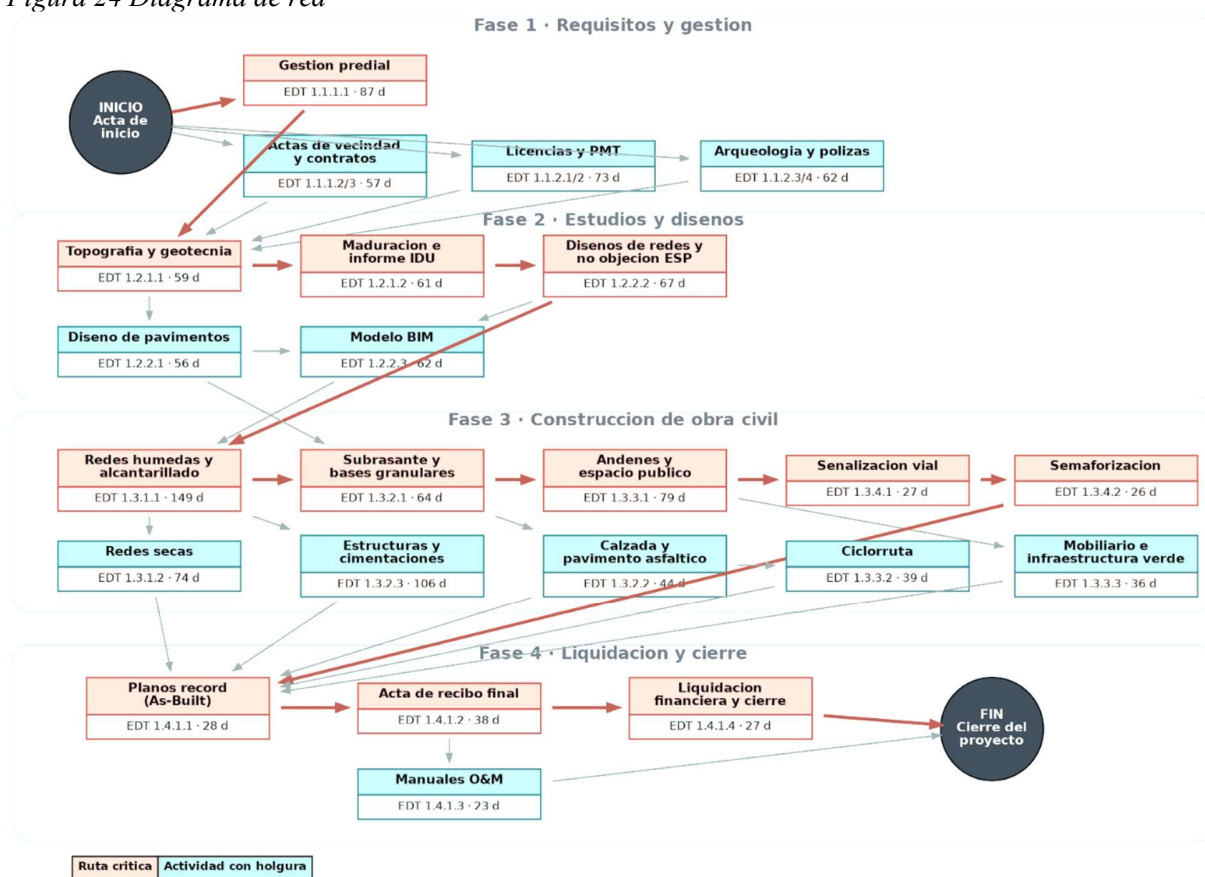
Hito (ID WBS)	Descripción	Día	Fecha	Criterio de cumplimiento
H-01 (1.1.9)	Acta de inicio firmada	3	15/01/2025	Acta suscrita por IDU, Contratista e Interventoría
H-02 (1.2.8)	Aprobación de estudios y diseños por las ESP	264	03/10/2025	No objeción de EAAB, Enel y Vanti a los diseños de redes
H-03 (1.2.9)	Inicio de construcción	270	09/10/2025	Acta de cambio de fase de Estudios a Construcción
H-04 (1.3.5)	Acta de terminación de obra	570	05/08/2026	Obra física terminada y verificada por la Interventoría
H-05 (1.4.1.2.2)	Recibo de redes por las ESP	584	19/08/2026	Actas de recibo de redes húmedas y secas
H-06 (1.4.1.2.6)	Acta de recibo final firmada	603	07/09/2026	Punch list subsanado y acta de recibo final suscrita
H-07 (1.4.9)	Cierre del proyecto	630	04/10/2026	Acta de liquidación suscrita y paz y salvos tramitados

Nota. Hitos del modelo de programación con su día de proyecto, fecha calendario y criterio de cumplimiento. Elaboración propia.

c. Diagrama de Red (producto de la programación en Ms Project completamente cerrado “Canónico”)

El diagrama de red representa la lógica de programación del proyecto mediante el método de diagramación por precedencias, con las actividades en los nodos y las dependencias en los enlaces. Tiene un único inicio, la suscripción del acta de inicio, y un único cierre, sin actividades sueltas, pues todas tienen predecesora y sucesora. Enlaza las 156 actividades mediante 240 vínculos, en su mayoría de fin a comienzo, con algunos de comienzo a comienzo o fin a fin para frentes paralelos o cierres sincronizados.

Figura 24 Diagrama de red

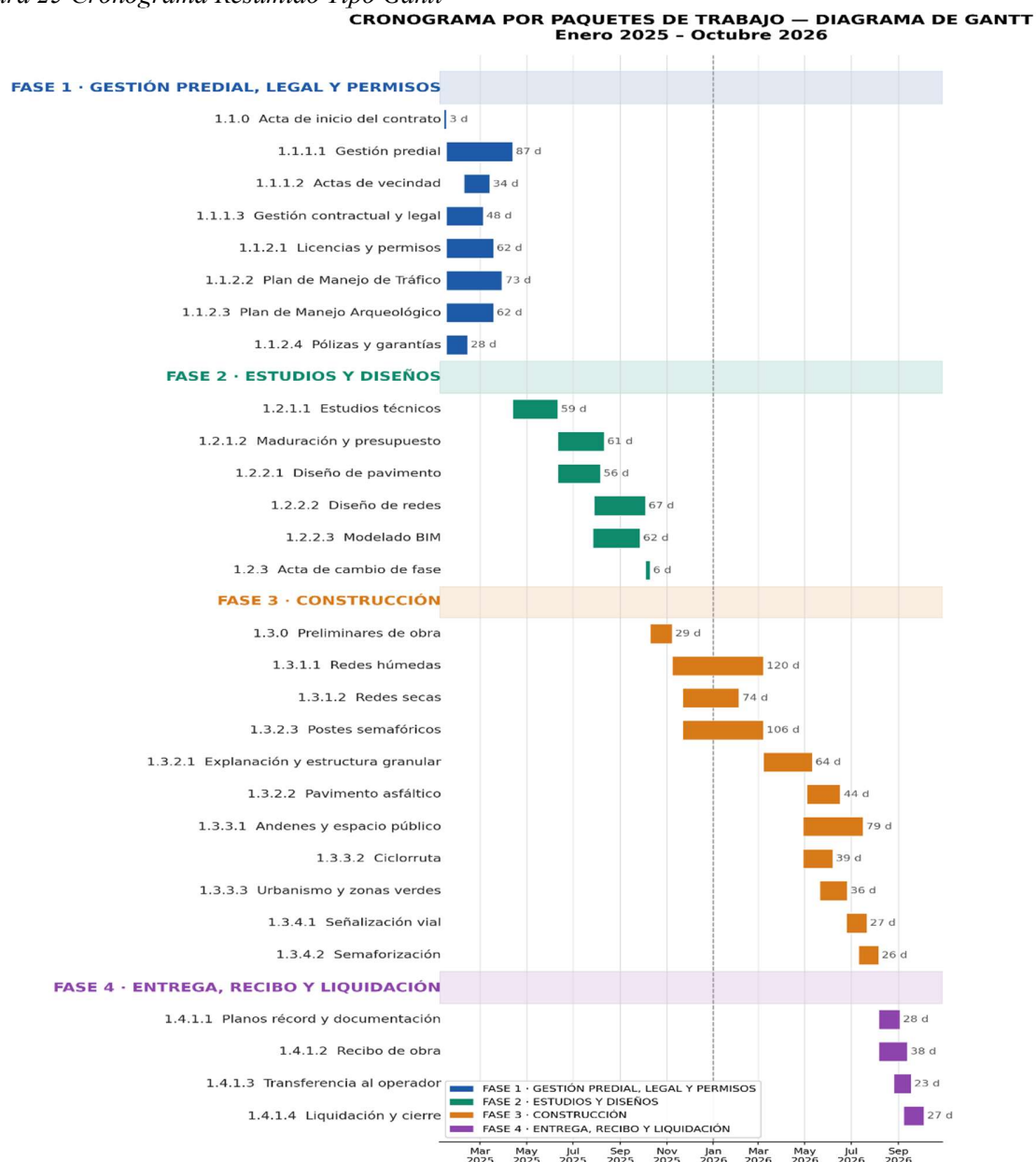


Nota. Diagrama de red del proyecto elaborado mediante el método de diagramación por precedencias. Figura generada con la asistencia de Claude (Anthropic, 2026), a partir del modelo de programación del proyecto.

d. Cronograma Diagrama de Gantt (con ruta crítica)

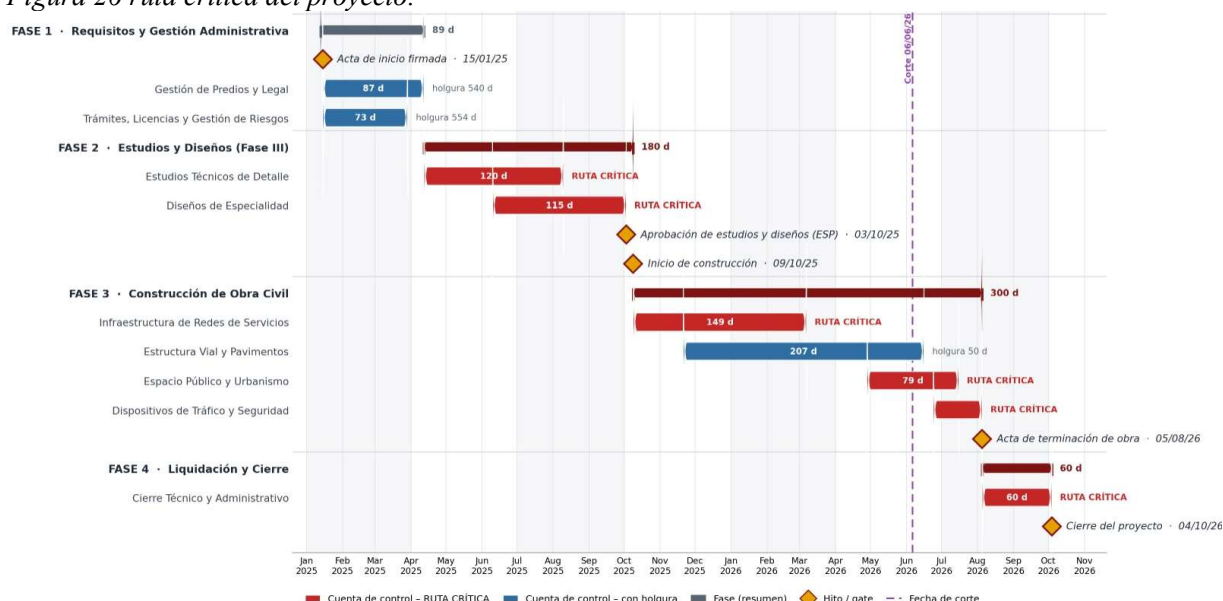
El cronograma se materializa dentro de los anexos con el nombre ANEXO - 3.2.4 PLAN DE GESTIÓN DEL CRONOGRAMA - CRONOGRAMA EMPALME MUTIS MSPROJECT.

Figura 25 Cronograma Resumido Tipo Gantt



Nota. Diagrama de Gantt de los 29 paquetes de trabajo del proyecto, agrupados en cuatro fases. Elaboración propia con inteligencia artificial Anthropic. (2026). Claude (versión Fable 5). <https://claude.ai>

Figura 26 ruta crítica del proyecto.



Nota. Se representa la ruta crítica estacando los puntos débiles de la ejecución del proyecto. Elaboración propia con inteligencia artificial Anthropic. (2026). Claude (versión Fable 5). <https://claude.ai>

e. Nivelación de recursos y uso de recursos

El proyecto cuenta con un catálogo de recursos que agrupa el talento humano, la maquinaria y los equipos, y los materiales e insumos.

El equipo profesional y de supervisión se vincula por contrato o prestación de servicios según la fase; la mano de obra directa y algunos equipos se contratan de forma directa o temporal; la maquinaria se toma en alquiler con operador o por subcontrato; y los materiales se suministran conforme a los análisis de precios unitarios del presupuesto. Cada actividad tiene asignados sus recursos, de modo que el uso a lo largo del tiempo se puede seguir mes a mes.

El análisis de carga identificó algunos recursos con sobredemanda en la fase de construcción, es decir, periodos en los que el trabajo asignado supera la disponibilidad. Para estos recursos se definieron acciones de nivelación orientadas a proteger la ruta crítica, tal como se resume en la Tabla que se muestra a continuación.

Tabla 54

Recursos críticos con sobredemanda y acción de nivelación

Recurso	Disp.	Periodo de sobredemanda	Acción de nivelación
Excavadora hidráulica CAT 320	2	Meses 10 a 14 (excavaciones y redes)	Priorizar la ruta crítica y diferir acueducto y redes secas dentro de su holgura.
Residente de Redes	1	Meses 10 a 13 (redes húmedas y secas)	Secuenciar alcantarillado (crítico), luego acueducto y por último redes secas.
Vibrocompactador 12 ton	2	Meses 10 a 16 (rellenos, subrasante y base)	Programar por turnos, con prioridad a la ruta crítica.
Terminadora de asfalto (Finisher)	1	Meses 15 a 17 (base, rodadura y ciclorruta)	Ejecutar en secuencia: base asfáltica, rodadura y ciclorruta.
Especialista en Pavimentos	1	Meses 15 a 18 (calzada y ensayos)	Compartir con control de calidad y apoyarse en el laboratorista.
Laboratorista de Campo	1	Meses 10 a 18 (ensayos continuos)	Contratar un laboratorista auxiliar en el periodo pico.
Ayudantes y obreros	40 a 60	Meses 12 a 16 (pico de obra)	Aplicar una curva de contratación progresiva y liberar personal por frentes terminados.

Nota. Recursos con sobredemanda en la fase de construcción, su periodo de conflicto y la acción de nivelación adoptada. Elaboración propia.

El histograma de uso de personal muestra una carga baja durante las fases de gestión y diseño, cuando participa sobre todo el equipo técnico, y un incremento marcado al entrar la construcción. El total asciende desde 9 personas en el primer mes hasta un pico de 84 personas en los meses 14 y 15, y luego desciende de forma progresiva hasta 12 personas en el cierre.

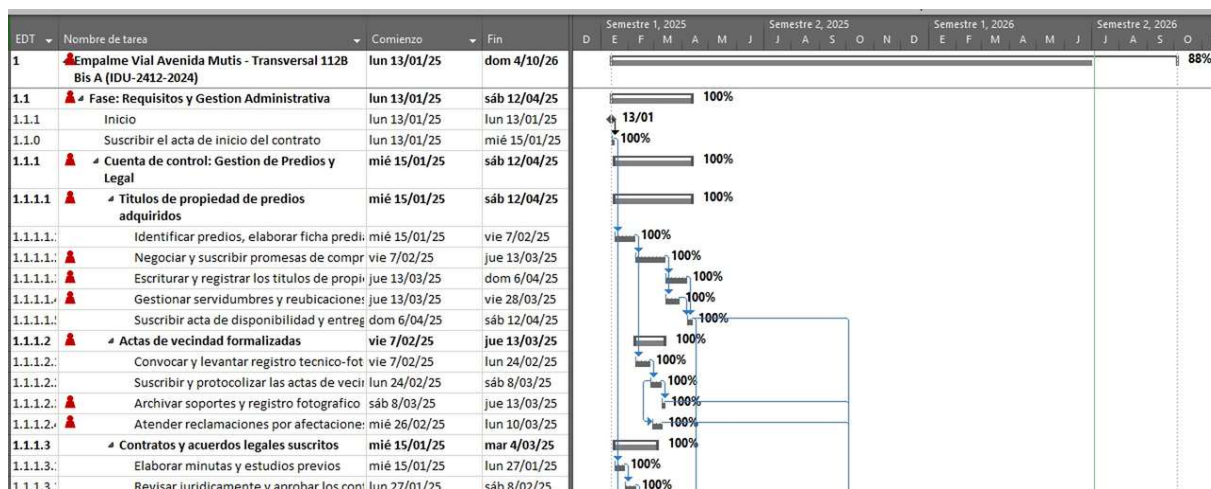
Tabla 55
Histograma de uso de personal por mes

Mes	Directivo y técnico	Mano de obra calificada	Mano de obra no calificada	Total
1	6	1	2	9
2	7	1	3	11
3	8	2	4	14
4	10	3	4	17
5	10	3	5	18
6	10	4	5	19
7	10	4	6	20
8	10	4	6	20
9	11	4	6	21
10	12	6	15	33
11	12	9	30	51
12	12	11	45	68
13	12	12	55	79
14	12	12	60	84
15	12	12	60	84
16	12	11	50	73
17	12	10	40	62
18	11	8	28	47
19	10	6	18	34
20	8	3	6	17
21	6	2	4	12

Nota. Número de personas por categoría y total mensual a lo largo de los 21 meses del proyecto, con un pico de 84 personas. Elaboración propia.

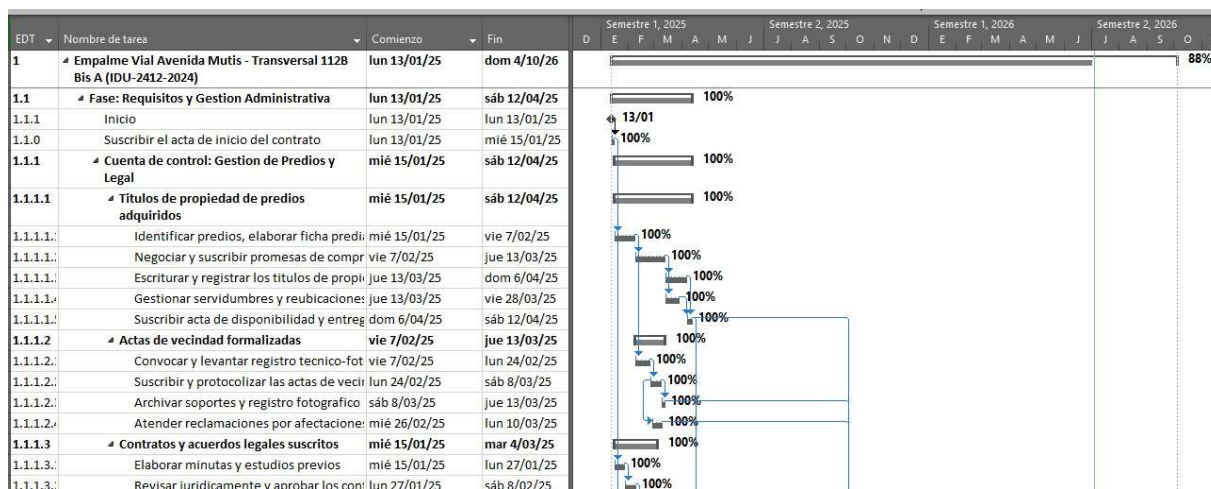
La nivelación consistió en desplazar hasta 5 días las actividades con holgura, como el acueducto, las redes secas y la ciclorruta, para liberar equipos y personal hacia la ruta crítica. Al mover únicamente actividades no críticas y dentro de su holgura, la nivelación equilibra el uso de los recursos sin afectar la duración total de 630 días ni la fecha de terminación del proyecto.

Figura 27 Cronograma con recursos sobre asignados antes de la nivelación



Nota. Vista del cronograma en MS Project antes de la nivelación, en la que el indicador rojo de la columna de información señala las actividades con recursos sobre asignados. Elaboración propia.

Figura 28 Cronograma con recursos nivelados



Nota. Vista del cronograma en MS Project después de la nivelación. Elaboración propia.

3.2.5 Plan De Gestión Del Costo

El plan de gestión del costo define los procesos, herramientas y criterios metodológicos empleados para estimar, presupuestar, controlar y dar seguimiento a los costos asociados a la ejecución del proyecto, con el propósito de garantizar que el desarrollo de las actividades se

mantenga dentro del presupuesto oficial establecido en el Contrato de obra, evitando desviaciones que afecten la viabilidad financiera y el cumplimiento de los objetivos contractuales.

Para tal fin, el costo de las actividades del proyecto se desarrolló a través de la elaboración del cronograma en la herramienta Microsoft Project, la cual permitió, mediante la asignación y parametrización de los recursos (humanos, materiales y de equipos), estimar de manera detallada el costo individual de cada actividad y, por agregación, el costo total del proyecto. Este enfoque posibilita una trazabilidad clara entre el avance físico del cronograma y su correspondiente impacto financiero, facilitando el control integrado de costos y tiempo durante la ejecución.

La información detallada correspondiente a esta estimación, incluyendo la línea base de costos y su relación directa con el cronograma del proyecto, se encuentra consignada en el documento ANEXO - 3.2.4 PLAN DE GESTIÓN DEL CRONOGRAMA - CRONOGRAMA EMPALME MUTIS MSPROJECT, el cual constituye el soporte técnico de referencia para el seguimiento y control presupuestal a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

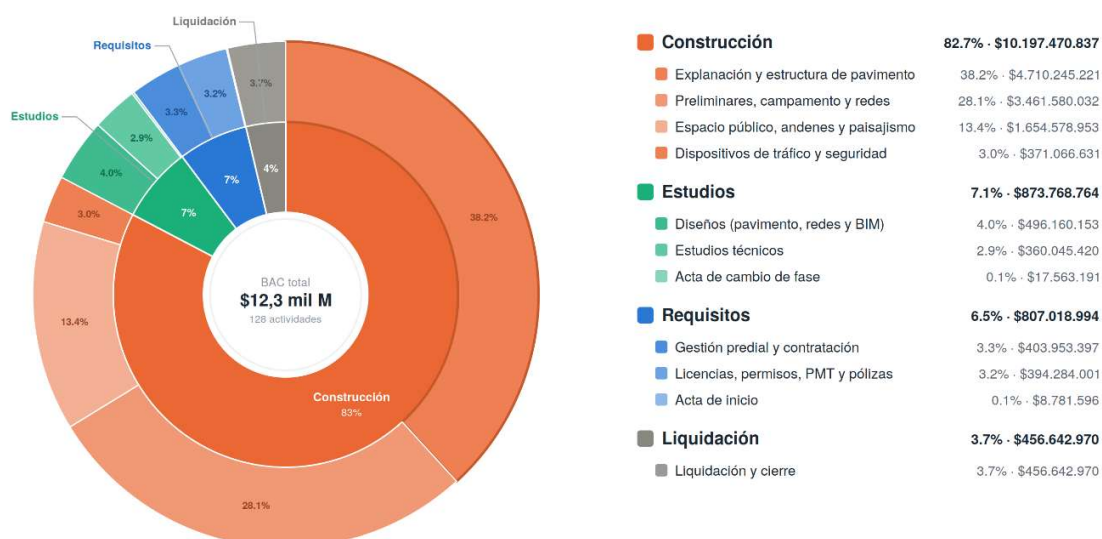
a. Línea base de costos

La línea base de costos es el presupuesto contra el cual se mide el desempeño económico del proyecto. Su valor a la conclusión es de \$12.334.901.565, que corresponde al costo de la obra y de la gestión sin incluir la reserva de gestión. Esta reserva, denominada Componente K, asciende a \$996.658.470 y se mantiene por fuera de la línea base como respaldo para ajustes y contingencias, de modo que el presupuesto total autorizado del contrato es de \$13.331.560.035. El detalle de la línea base a nivel de actividad se encuentra en el documento ANEXO - 3.2.4 PLAN DE GESTIÓN DEL CRONOGRAMA - CRONOGRAMA EMPALME MUTIS MSPROJECT.

Figura 29 Línea base de costos a nivel de actividad

Línea base de costos: fases y cuentas de control — Avenida Mutis

Anillo interior: fase - anillo exterior: cuenta de control - BAC total \$12.334.901.565

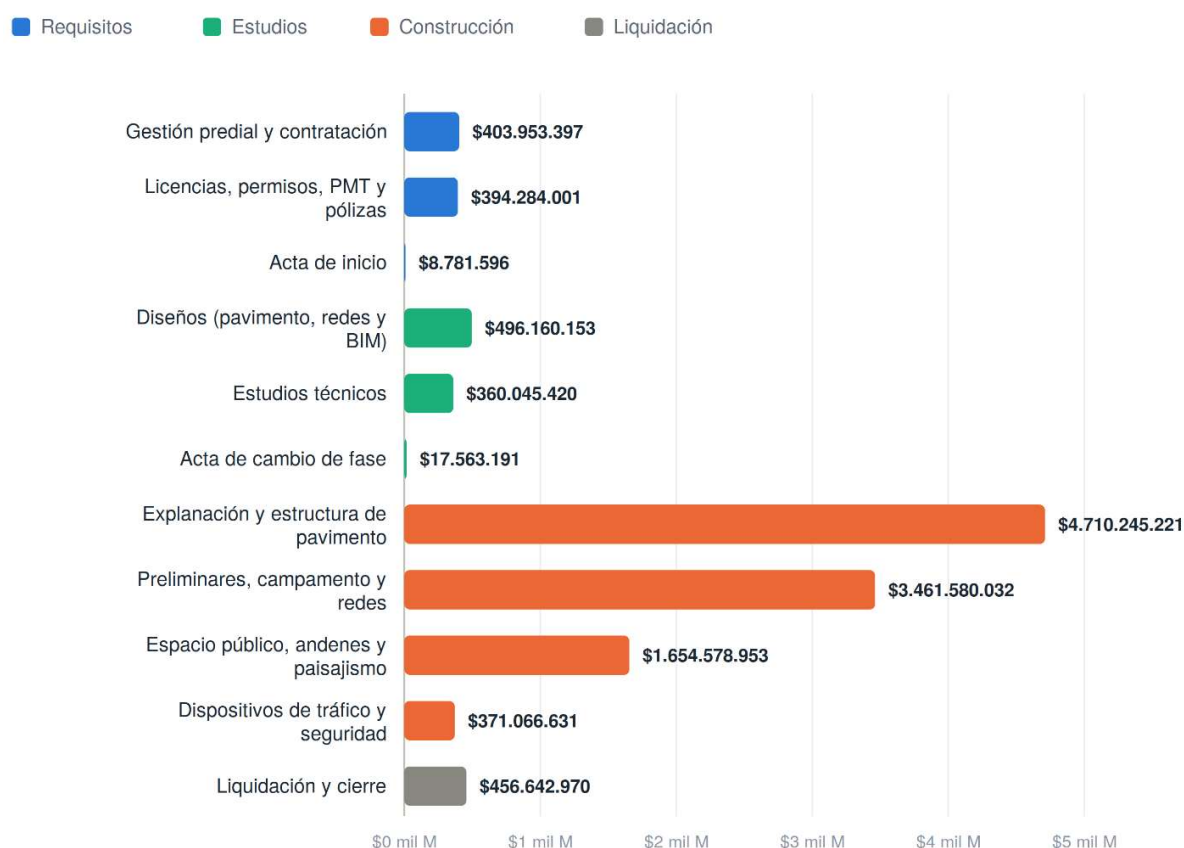


Nota. Presupuesto a la conclusión asignado a cada actividad del proyecto. La suma coincide con la línea base de costos. Elaboración propia con datos del modelo de costos.

b. Presupuesto por actividades

El presupuesto se asigna de manera detallada a cada actividad, permitiendo distribuir los recursos financieros de forma proporcional al alcance y complejidad de cada componente del proyecto.

Figura 30 Presupuesto por actividad



Nota. Presupuesto a la conclusión asignado a cada actividad del proyecto. La suma coincide con la línea base de costos. Elaboración propia con datos del modelo de costos.

c. Estructura de desagregación de recursos ReBs

La estructura de desagregación de recursos organiza de forma jerárquica los recursos necesarios para ejecutar el proyecto y el mecanismo con que se adquiere cada grupo. El primer nivel distingue el talento humano, la maquinaria y equipos, y los materiales e insumos. El catálogo detallado de recursos, con su categoría y mecanismo de adquisición, se presenta en el documento ANEXO - 3.2.4 PLAN DE GESTIÓN DEL CRONOGRAMA - CRONOGRAMA EMPALME MUTIS MSPROJECT.

Figura 31 Estructura de desagregación de recursos a nivel de recurso



Nota. Distribución de los recursos para las actividades del proyecto. Elaboración propia con inteligencia artificial Anthropic. (2026). Claude (versión Fable 5). <https://claude.ai>

d. Estructura de Desagregación de Costos CBS

La estructura de desagregación de costos ordena el presupuesto por capítulos de costo, lo que permite ver dónde se concentra el gasto y facilita el control por componentes de obra. Los capítulos, la línea base y la reserva de gestión se resumen enseguida.

Tabla 56
Estructura de desagregación de costos por capítulo

Capítulo de costo	Valor (BAC)	Participación
Pavimentos	\$4.300.085.158	34,9 %
Gestión y actividades preoperativas	\$2.133.927.730	17,3 %
Redes hidrosanitarias	\$2.007.868.013	16,3 %
Espacio público y urbanismo	\$1.156.485.475	9,4 %
Redes secas	\$816.088.532	6,6 %
Preliminares	\$637.623.487	5,2 %
Acero de refuerzo con AIU	\$410.160.063	3,3 %
Señalización, demarcación y semaforización	\$371.066.631	3,0 %
Vegetación y paisajismo	\$196.595.189	1,6 %
Ciclorruta	\$164.032.076	1,3 %

Capítulo de costo	Valor (BAC)	Participación
Separador central	\$132.387.870	1,1 %
Mobiliario urbano	\$5.078.343	0,0 %
Arqueología	\$3.502.998	0,0 %
Subtotal (línea base de costos)	\$12.334.901.565	100 %
Reserva de gestión (Componente K)	\$996.658.470	
Presupuesto total autorizado	\$13.331.560.035	

Nota. Distribución del presupuesto por capítulo de costo. La reserva de gestión se controla por fuera de la línea base. Elaboración propia.

e. Indicadores de medición de desempeño

El desempeño se mide con la técnica del valor ganado, que compara tres magnitudes: el valor planeado, que es el costo del trabajo previsto a una fecha; el valor ganado, que es el costo presupuestado del trabajo realmente ejecutado; y el costo real, que es lo efectivamente gastado. A partir de ellas se calculan las variaciones y los índices de costo y plazo, así como las proyecciones del costo final. Los valores del proyecto a la fecha de corte, con un avance del 75 %, se presentan a continuación.

Tabla 57
Indicadores de valor ganado del proyecto

Indicador	Valor	Lectura
Presupuesto a la conclusión (BAC)	\$12.334.901.565	Línea base de costos
Valor planeado (PV)	\$10.793.824.937	Trabajo previsto a la fecha
Valor ganado (EV)	\$9.292.719.985	Trabajo realmente ejecutado
Costo real (AC)	\$10.709.410.586	Costo incurrido a la fecha
Variación de costo ($CV = EV - AC$)	-\$1.416.690.602	Sobrecosto
Variación de plazo ($SV = EV - PV$)	-\$1.501.104.952	Atraso en el avance

Indicador	Valor	Lectura
Índice de desempeño del costo (CPI)	0,87	Se gasta más de lo ganado
Índice de desempeño del plazo (SPI)	0,86	Se avanza más lento que lo previsto
Estimación a la conclusión (EAC)	\$14.215.377.803	Costo final proyectado
Estimación hasta la conclusión (ETC)	\$3.505.967.217	Costo pendiente por ejecutar
Variación a la conclusión (VAC)	-\$1.880.476.238	Sobrecosto final esperado
Índice de trabajo por completar (TCPI)	1,87	Eficiencia requerida para cumplir el BAC

Nota. Valores a la fecha de corte. Un índice inferior a 1 señala sobrecosto o atraso. Elaboración propia con datos del modelo de valor ganado.

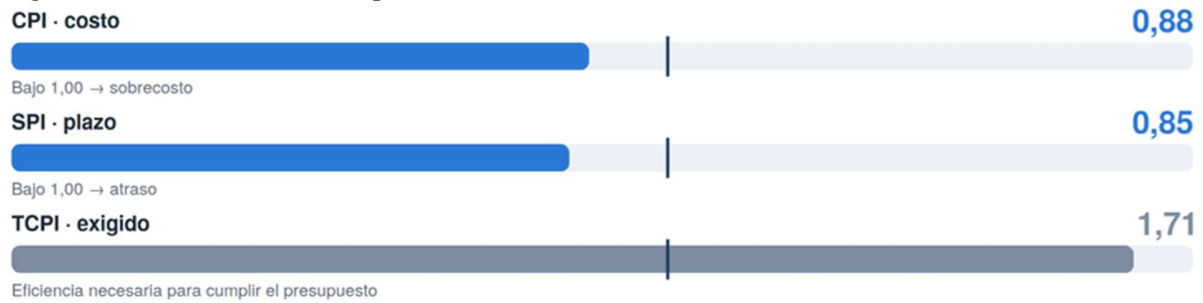
El detalle por fase muestra que los estudios y diseños cerraron dentro de lo previsto, mientras que la fase de construcción concentra tanto el sobrecosto como el atraso del proyecto. El resumen a modo informe, con el fin de interpretar de manera simple y rápida los indicadores se puede ver en el documento ANEXO - INDICADORES DE MEDICIÓN DE DESEMPEÑO

Tabla 58
Índices de desempeño por fase

Fase	CPI	SPI	% completado
1. Requisitos y gestión	0,84	0,68	67 %
2. Estudios y diseños	0,93	1,00	100 %
3. Construcción de obra civil	0,88	0,85	77 %
4. Liquidación y cierre	No iniciada	No iniciada	0 %
Proyecto	0,87	0,86	75 %

Nota. Índices de costo y plazo y avance por fase a la fecha de corte. Elaboración propia.

Figura 32 Indicadores de desempeño

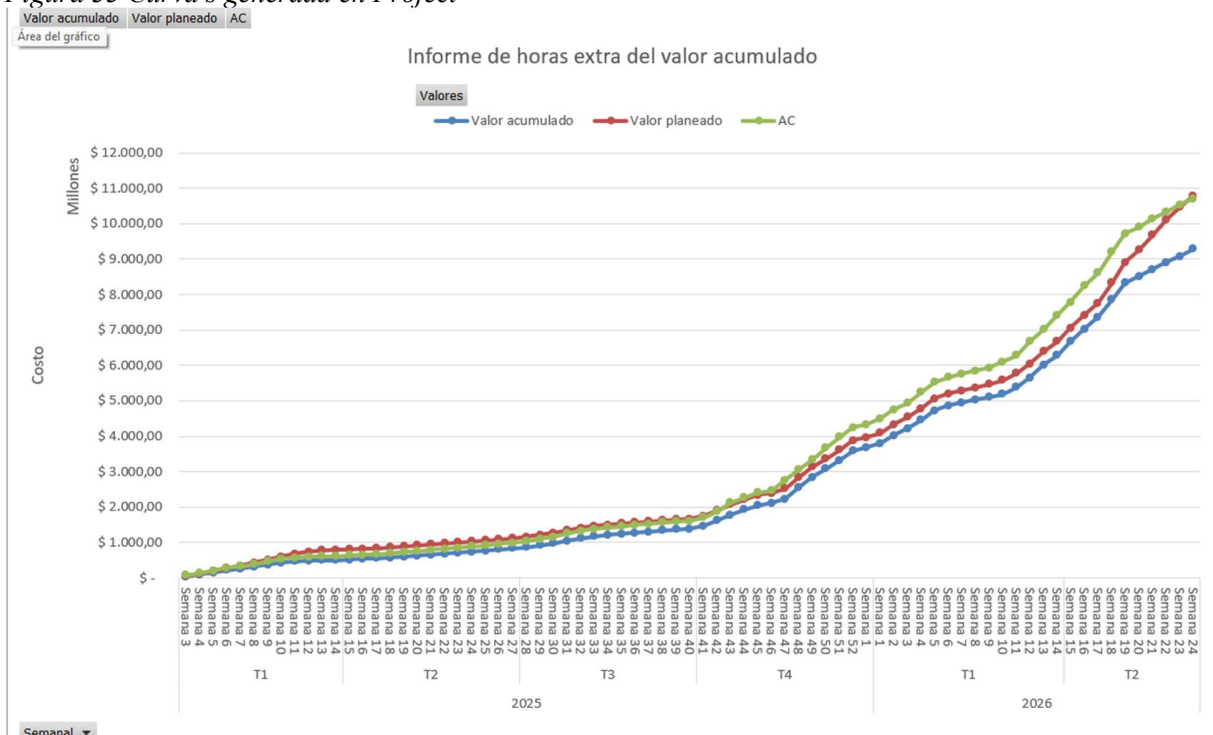


Nota. La barra representa la línea base del proyecto. Elaboración propia

f. Aplicación técnica del valor ganado con curvas S avance

La curva S representa el costo acumulado del proyecto a lo largo del tiempo. Al superponer las tres curvas del valor ganado (lo planeado, lo ganado y lo gastado) se obtiene una lectura inmediata del desempeño: la distancia vertical entre ellas mide, el atraso y el sobrecosto del proyecto en cada momento.

Figura 33 Curva s generada en Project



Nota. Curva S del proyecto con el valor planeado, el valor ganado y el costo real acumulados. Elaboración propia con datos del modelo de valor ganado.

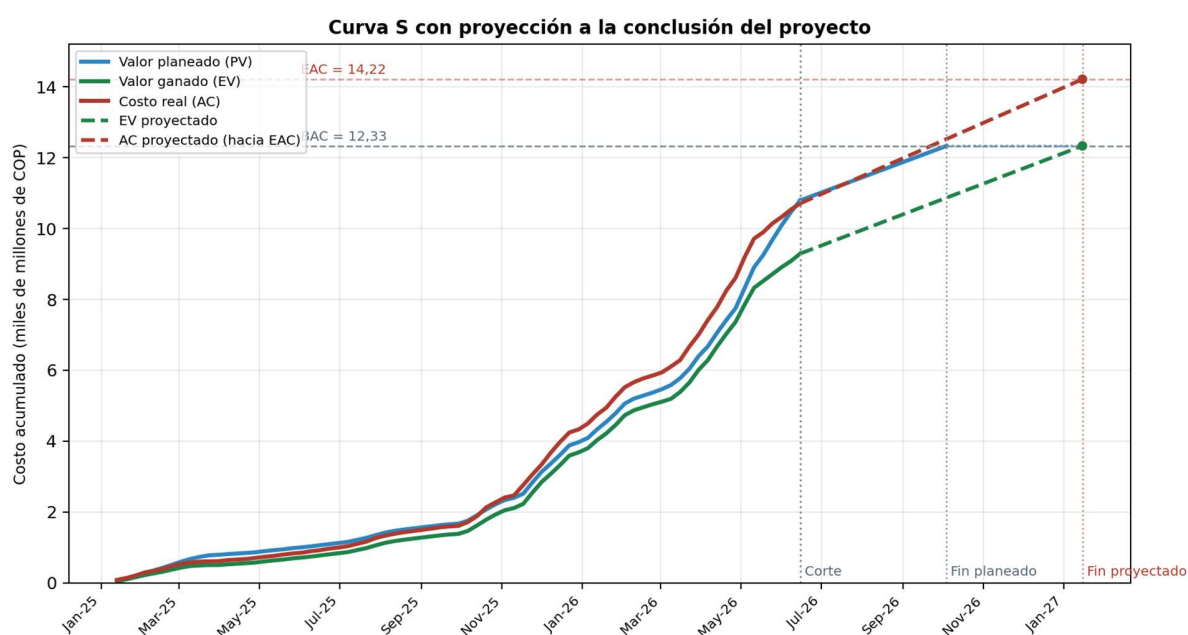
En la gráfica se observa que, hasta la fecha de corte, la curva de valor planeado y la de costo real avanzan muy juntas y por encima de la de valor ganado. Esa posición relativa es la que resume el estado del proyecto. La separación entre el valor planeado y el valor ganado corresponde a la variación de plazo, de $-\$1.501.104.952$, y significa que se ha ejecutado menos obra de la que estaba programada, es decir, hay atraso. La separación entre el costo real y el valor ganado corresponde a la variación de costo, de $-\$1.416.690.602$, y significa que por cada peso de obra ejecutada se ha gastado más de lo presupuestado, es decir, hay sobrecosto. Estas brechas se traducen en un índice de desempeño del plazo de 0,86 y un índice de desempeño del costo de 0,87, ambos por debajo de la unidad, lo que confirma que el proyecto avanza más lento y cuesta más de lo previsto. Los datos de seguimiento descargados de Microsoft Project permiten generar la Curva S, este detalle está contenido en el documento ANEXO - CURVA S VALOR GANADO

Una segunda lectura de la curva consiste en proyectar las tres magnitudes hasta el cierre del proyecto, suponiendo que el desempeño observado se mantiene. En la gráfica siguiente, el valor planeado completa la línea base hasta el presupuesto a la conclusión en la fecha de fin planeada, mientras que las líneas punteadas prolongan el valor ganado y el costo real hacia sus valores esperados al terminar la obra.

La proyección muestra dos consecuencias del desempeño actual. En costo, si el proyecto continúa gastando con la misma eficiencia, el costo final estimado alcanzaría $\$14.215.377.803$, es decir, un sobrecosto de $\$1.880.476.238$ frente a la línea base, equivalente a cerca de un 15 % por encima del presupuesto aprobado; nótese que este sobrecosto supera la reserva de gestión disponible de $\$996.658.470$, por lo que no bastaría con la reserva para cubrirlo. En plazo, como el avance físico crece más lento que lo planeado, el valor ganado alcanza el presupuesto a la

conclusión después de la fecha de fin prevista, lo que sitúa la terminación proyectada hacia comienzos de 2027, varios meses después de lo planeado.

Figura 34 Representación de la proyección de los datos.



Nota. Proyección de la curva S a la conclusión del proyecto. Las líneas continuas corresponden a los datos reales hasta la fecha de corte y las punteadas a la proyección del valor ganado y del costo real. Elaboración propia.

Finalmente, el índice de trabajo por completar indica que, para todavía terminar dentro del presupuesto original, el resto de la obra tendría que ejecutarse con una eficiencia de 1,87, muy por encima del 0,87 alcanzado hasta ahora. Un salto de esa magnitud no es realista, de modo que el sobrecosto debe considerarse prácticamente consolidado. La recomendación es concentrar el control de costos y de programación en la fase de construcción, que es la que gobierna el desempeño del proyecto, revisar los rendimientos y los precios de las actividades críticas, y actualizar la línea base y la reserva para reflejar el nuevo escenario de costo y plazo.

3.2.6 Plan De Gestión De Calidad

El plan de gestión de la calidad contenido en el documento ANEXO – 3.2.6 PLAN DE GESTIÓN DE CALIDAD, establece las políticas, los procedimientos, los recursos y las herramientas para asegurar que los productos del proyecto cumplan las especificaciones técnicas y la normativa aplicable. El sistema se estructura bajo la norma ISO 9001:2015 y adopta un enfoque preventivo, que prioriza el aseguramiento de la calidad durante la ejecución, con protocolos de verificación en cada etapa del proceso constructivo antes de avanzar al siguiente componente (Kerzner, 2017). En un proyecto de infraestructura vial ejecutado para el IDU, la calidad se rige por las Especificaciones Generales de Construcción del IDU (Apéndice B), las Especificaciones Particulares (Apéndice A), las normas INVÍAS, la NSR-10 para elementos estructurales y las normas técnicas de las Empresas de Servicios Públicos.

a. Especificaciones técnicas de requerimientos

Cada componente de la obra tiene asociada una especificación, la norma que la respalda, el parámetro de control y el valor admisible que debe cumplir para ser aceptado. Estos requisitos son la base contra la cual se verifica la conformidad de los materiales y de los procesos.

Tabla 59
Especificaciones técnicas de calidad

Componente	Especificación	Norma de referencia	Parámetro de control	Valor admisible
Subrasante mejorada	Capacidad de soporte	INVÍAS E-148	CBR	$\geq 10 \%$
Subrasante mejorada	Compactación	INVÍAS E-161	Densidad Proctor mod.	$\geq 95 \%$
Base granular BNE-1	Resistencia a la compresión	IDU ET-2011	Resistencia a 7 días	$\geq 3,5 \text{ MPa}$

Componente	Especificación	Norma de referencia	Parámetro de control	Valor admisible
Base granular BNE-1	Compactación	INVÍAS E-161	Densidad máx.	$\geq 98 \%$
Base asfáltica MDC-25	Estabilidad Marshall	INVÍAS E-748	Estabilidad	$\geq 900 \text{ kg}$
Base asfáltica MDC-25	Flujo Marshall	INVÍAS E-748	Flujo	2–4 mm
Capa de rodadura MDC-19 GCR	Contenido de GCR	Decreto 265/2016	% GCR	$\geq 25 \%$
Capa de rodadura MDC-19 GCR	Estabilidad Marshall	INVÍAS E-748	Estabilidad	$\geq 900 \text{ kg}$
Capa de rodadura MDC-19 GCR	Vacíos con aire	INVÍAS E-736	% de vacíos	4 % – 7 %
Capa de rodadura MDC-19 GCR	Regularidad superficial	ASTM E1926	IRI	$\leq 2,5 \text{ m/km}$
Concreto hidráulico (pozos, cajas)	Resistencia a compresión	NSR-10, NTC 673	f _c a 28 días	$\geq 21 \text{ MPa}$ (3000 psi)
Tubería PVC de alcantarillado	Deflexión	NTC 382	Deflexión máx.	$\leq 5 \%$ del diámetro
Tubería HD de acueducto	Presión de prueba	EAAB NS-038	Presión sostenida	$1,5 \times$ presión de diseño
Adoquín de concreto	Resistencia a flexión	NTC 2017	Módulo de rotura	$\geq 4,2 \text{ MPa}$
Pintura termoplástica	Retroreflectividad	INVÍAS E-769	Coef. de retroreflexión	≥ 300 mcd/lux/m ²
Red de gas PEAD	Prueba neumática	NTC 3838, Vanti	Presión sostenida	1,5 bar, 24 h sin pérdida

Nota. Especificaciones técnicas por componente, con la norma de referencia, el parámetro de control y el valor admisible. Elaboración propia con base en la normativa INVÍAS, IDU y de las empresas de servicios públicos.

b. Herramientas de control (Diagrama de flujo, Ishikawa, hojas de chequeo)

El aseguramiento de la calidad se apoya en un conjunto de herramientas de recopilación, análisis y verificación de datos, complementadas con buenas prácticas de gestión.

- **Herramientas de aseguramiento**

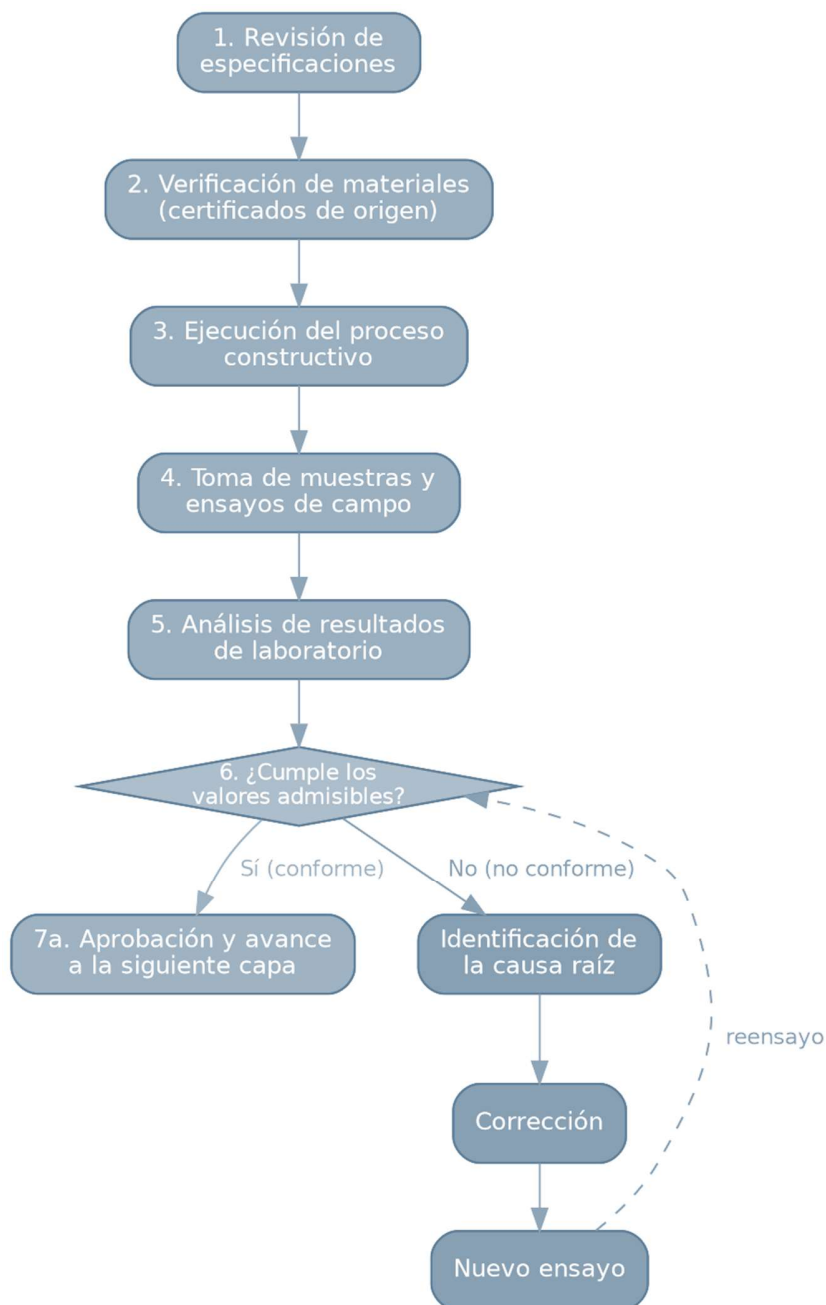
- I. **Listas de verificación:** herramientas estructuradas que permiten comprobar de manera sistemática el cumplimiento de cada paso, requisito y criterio de aceptación.
- II. **Planificación de pruebas e inspección:** plan detallado que abarca desde el diseño hasta la terminación e incluye el ensayo de materiales, componentes estructurales, procesos, equipos y sistemas.
- III. **Auditorías:** verifican que las actividades cumplan las políticas, procesos y procedimientos del proyecto y de la organización, se detallan en el apartado d.
- IV. **Capacitación y sensibilización:** fortalecen las capacidades del personal para cumplir los estándares de calidad y fomentan una cultura de calidad.

- **Buenas prácticas para la gestión**

- I. **Resolución de problemas:** búsqueda de soluciones a los incidentes o desafíos hallados en las auditorías, mediante recopilación de información y pensamiento crítico.
- II. **Mejora de la calidad:** enfoque Kaizen de cambios pequeños bajo el ciclo PHVA (planificar, hacer, verificar y actuar) o ciclo de Deming, como proceso iterativo de mejora continua.
- III. **Comunicación, trabajo en equipo y reuniones periódicas:** una comunicación clara entre las partes interesadas y la colaboración entre disciplinas facilitan la toma de decisiones y la resolución conjunta de problemas.

- **Diagrama de flujo del proceso de control de calidad**

Figura 35 Diagrama de flujo del proceso de control de calidad

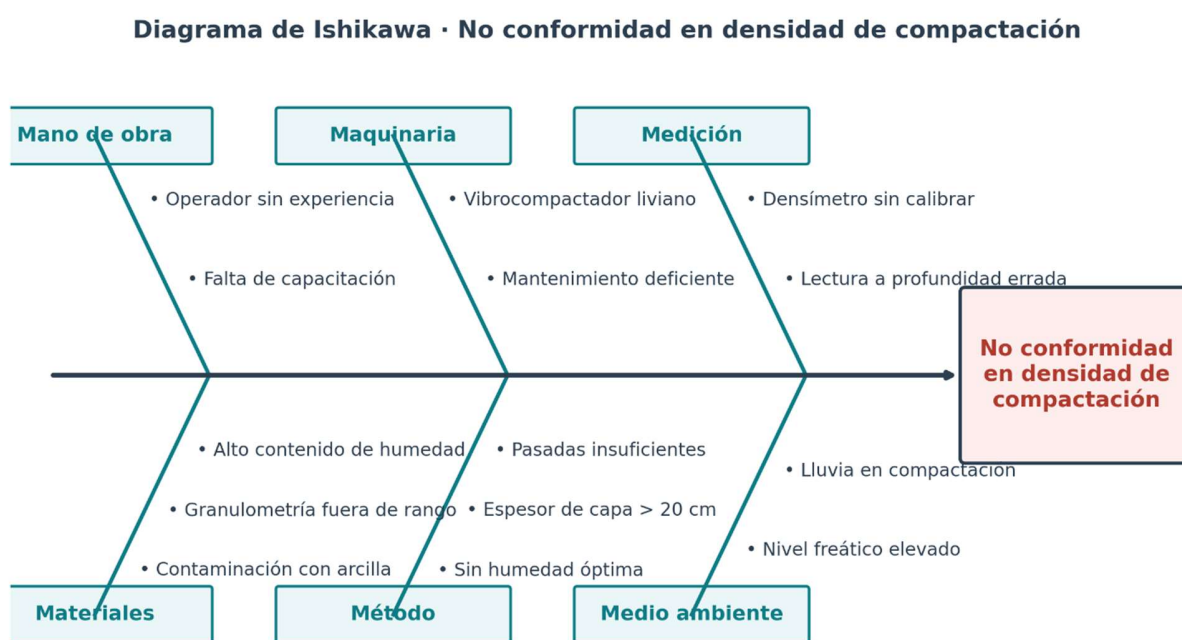


Nota. Secuencia cíclica de verificación para cada lote o capa de trabajo, Comienza con la revisión de las especificaciones y la verificación de los materiales, continúa con la ejecución, el muestreo y los ensayos, y culmina con la comparación de los resultados contra los valores admisibles. Si el resultado es conforme, se aprueba y se avanza a la siguiente capa; si no lo es, se identifica la causa raíz, se corrige y se repite el ensayo. Elaboración propia.

- **Diagrama de Ishikawa (causa y efecto)**

Cuando aparece una no conformidad recurrente, se analiza con un diagrama de causa y efecto que agrupa las causas potenciales en seis categorías: mano de obra, maquinaria, materiales, método, medición y medio ambiente.

Figura 36 Diagrama de Ishikawa para la no conformidad en densidad de compactación



Nota. Análisis de causa y efecto con las seis categorías de causas potenciales. Elaboración propia.

- **Hoja de chequeo de calidad en campo**

Los resultados de la verificación en campo se registran en una hoja de chequeo estandarizada contenida en el documento 3.2.6 PLAN DE GESTIÓN DE CALIDAD - B.HERRAMIENTAS DE CONTROL (DIAGRAMA DE FLUJO, ISHIKAWA, HOJAS DE CHEQUEO) - HOJA DE CHEQUEO DE CALIDAD EN CAMPO, que deja constancia del parámetro medido, el valor obtenido, el valor admisible y el resultado de conformidad.

c. Formato Inspecciones

Las inspecciones del proyecto se gestionan bajo un plan de no conformidades, cuyo objetivo es establecer los lineamientos para identificar, analizar, tratar y hacer seguimiento a las no conformidades que surjan durante la ejecución de la obra, conforme al plan de calidad. Para el seguimiento y la trazabilidad de las inspecciones se establece un formato contenido en el documento ANEXO – 3.2.6 PLAN DE GESTIÓN DE CALIDAD - A. FORMATO INSPECCIONES - FORMATO DE INSPECCIÓN DE CALIDAD

- **Identificación de no conformidades**

Las no conformidades pueden ser detectadas por cualquier integrante o interesado del proyecto. Sus principales fuentes son las inspecciones y ensayos de calidad, las auditorías internas y externas, la revisión de documentos y registros, las quejas y reclamos del cliente, las observaciones de la interventoría y los hallazgos de las reuniones de seguimiento.

- **Análisis de las causas**

Se recopila y examina toda la información relevante y se aplican técnicas como el análisis de los cinco porqués, el diagrama de Ishikawa o la lluvia de ideas para identificar la causa raíz, evitando enfocarse en los síntomas y buscando prevenir la recurrencia del problema.

- **Tratamiento de no conformidades**

Según el tipo y la criticidad de la no conformidad, se puede corregir de inmediato, detener el proceso hasta su corrección, reclasificar o reprocesar el producto, o rechazarlo. Todas las acciones se registran en el formato de reporte de no conformidad, con las acciones

correctivas, los responsables, los plazos y los recursos, e incluyen medidas preventivas para evitar su recurrencia.

- **Seguimiento y cierre**

Se hace un seguimiento continuo al estado de las no conformidades, en las reuniones de seguimiento y comités de obra, para verificar la eficacia de las acciones correctivas y su cierre oportuno; finalmente se documentan las lecciones aprendidas. El formato de la inspección de calidad está dentro del documento ANEXO – 3.2.6 PLAN DE GESTIÓN DE CALIDAD - A. FORMATO INSPECCIONES - FORMATO DE INSPECCIÓN DE CALIDAD.

Las inspecciones rutinarias las realiza a diario el residente de obra y, semanalmente, la interventoría; las especiales se convocan ante desviaciones significativas, y las de pre-recibo se ejecutan antes del cierre de cada fase.

d. Formato Auditorías

El plan de auditorías de calidad se basa en los lineamientos del sistema de gestión bajo la norma ISO 9001:2015 y en las normas técnicas del proyecto. Su objetivo es verificar el cumplimiento de los requisitos del sistema de gestión de calidad, de las normas técnicas y de los términos del contrato.

- **Programa de auditorías**

El programa se basa en una evaluación de riesgos que considera los aspectos críticos del proyecto. Comprende una auditoría inicial, previa al inicio de la obra, para verificar la implementación del sistema; auditorías de seguimiento durante la ejecución, para verificar su

mantenimiento y la eficacia de las acciones correctivas; y una auditoría final, para verificar el cumplimiento general de los requisitos. El plan aplica a la planificación y el diseño, la construcción, el control de calidad y la entrega del producto final. El residente de calidad elabora, implementa y hace seguimiento al plan; los auditores internos ejecutan las auditorías; y el gerente de proyecto provee los recursos necesarios.

• Metodología

Cada auditoría se desarrolla en tres etapas: preparación, con la revisión de la documentación, la definición de los criterios y la divulgación del plan; ejecución, con entrevistas al personal, observación de actividades y revisión de registros; e informe, con la identificación de las no conformidades, las recomendaciones y el seguimiento a las acciones correctivas. Las no conformidades se registran y clasifican por nivel de prioridad, y las de prioridad alta se corrigen de inmediato. El formato de auditoría se presenta a continuación.

Tabla 60
Formato de auditoría de calidad

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		FORMATO DE AUDITORÍA DE CALIDAD		Código: FT-CAL-05	
				Versión: 01	
				Fecha: DD/MM/AAAA	
Código de auditoría	AUD-AAAA-XXX		Tipo	Interna / Externa	
Fecha programada	DD/MM/AAAA		Auditor líder	Nombre, cargo y certificaciones	
Equipo auditor	Nombres y roles		Criterios	ISO 9001, INVÍAS, IDU, PMBOK	
Alcance de la auditoría	Planificación y diseño, construcción, control de calidad y entrega final				
Reunión de apertura	Participantes y objetivos		Reunión de cierre	Hallazgos y acuerdos	
N.º	Proceso / área auditada	Descripción del hallazgo		Clasificación	Evidencia
1				NC mayor / menor / observación / oportunidad	

2				
3				
4				
Plan de acción correctiva		Acciones, responsables y plazos		
Seguimiento		Verificación de la eficacia de las acciones		
Fecha de cierre		Fecha en que se cierran todas las acciones		
Auditor líder		Responsable del proceso		Coordinador de calidad

Nota. Campos del formato de auditoría de calidad. Elaboración propia.

Se programan auditorías internas trimestrales, una por fase, y auditorías externas por parte de la interventoría con frecuencia bimensual. Los hallazgos se registran en el sistema de gestión de calidad del consorcio y se reportan en el informe mensual a la interventoría.

e. Listas de verificación de entregables

Antes de aceptar un entregable se aplica una lista de verificación que confirma el cumplimiento de sus criterios, el responsable de la verificación y el documento que lo soporta. Los entregables principales del proyecto se resumen a continuación.

Tabla 61

Lista de verificación de entregables principales

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD		LISTA DE VERIFICACIÓN DE ENTREGABLES		Código: FT-CAL-01	
				Versión: 01	
				Fecha: DD/MM/AAAA	
Proyecto	Empalme Av. Mutis		Fase	_____	
Elaboró	Nombre y cargo		Fecha	DD/MM/AAAA	
N.º	Entregable	Criterio de verificación	Responsable	Documento soporte	Cumple (Sí / No)

1	Diseños revisados y apropiados	100 % de disciplinas revisadas, sin discrepancias mayores	Interventoría	Informe de revisión	
2	PMT aprobado	Resolución de aprobación de la SDM vigente	Interventoría	Resolución SDM	
3	Cerramiento de obra	Instalado conforme al PMT y señalizado	Residente de interventoría	Inspección visual y fotos	
4	Subrasante mejorada	CBR ≥ 10 % y densidad ≥ 95 % PM	Laboratorio acreditado	Informe de ensayos	
5	Base granular BNE-1	Resistencia $\geq 3,5$ MPa y densidad ≥ 98 %	Laboratorio acreditado	Informe de ensayos	
6	Capa de rodadura MDC-19 GCR	GCR ≥ 25 %, Marshall conforme e IRI $\leq 2,5$	Laboratorio acreditado	Ensayo Marshall e IRI	
7	Alcantarillado pluvial y sanitario	Prueba hidrostática aprobada y CCTV	EAAB / Interventoría	Acta de prueba y video CCTV	
8	Red de acueducto	Prueba de presión de la EAAB aprobada	EAAB / Interventoría	Acta de prueba	
9	Redes secas (Enel, Vanti)	Pruebas de protocolo aprobadas	ESP respectiva	Certificados de la ESP	
10	Puente sobre el Canal Córdoba	Ensayos de concreto y acero conformes	Interventoría	Informe de ensayos y actas	
11	Andenes y espacio público	Niveles, acabados y accesibilidad	Interventoría	Inspección en campo	
12	Ciclorruta	Espesor, demarcación y segregación	Interventoría	Inspección y medición	
13	Señalización	Retroreflectividad y ubicación conforme	SDM / Interventoría	Ensayo e inspección	
14	Planos récord	100 % de componentes as-built	Interventoría	Revisión documental	
15	Acta de recibo final	Sin observaciones pendientes	IDU	Acta firmada	
Observaciones generales					
Elaboró		Revisó (residente de obra)		Aprobó (interventoría)	

Nota. Entregables principales del proyecto con su criterio de verificación, responsable y documento soporte. Elaboración propia.

El desempeño en calidad se sigue además con métricas del proyecto y del producto. Cada métrica define su objetivo, el factor de calidad, el método y la frecuencia de medición, la meta en tres niveles (bueno, regular y deficiente) y el responsable, como se presenta en las tablas siguientes.

Tabla 62

Métrica de calidad: cronograma de trabajo

Métrica de calidad (proyecto)	Cronograma de trabajo
Objetivo	Definir un indicador de avance físico y financiero del proyecto.
Factor de calidad	Avance del proyecto.
Método de medición	Determinar la ruta crítica y hacer seguimiento a cada actividad que pueda generar retraso, identificando acciones puntuales para su cumplimiento.
Frecuencia	Semanal.
Meta	Bueno: sin atraso en la programación. Regular: atraso del 2 % al 4 %. Deficiente: atraso del 5 % en adelante.
Responsable	Director de obra.

Nota. Métrica de avance físico y financiero del proyecto. Elaboración propia.

Tabla 63

Métrica de calidad: metodología constructiva

Métrica de calidad (proyecto)	Metodología constructiva
Objetivo	Verificar las condiciones y requisitos con que se recibe el producto durante el contrato, conforme a las especificaciones adoptadas.
Factor de calidad	Cumplimiento del método constructivo.
Método de medición	Revisar los requisitos del pliego, contractuales y de los planos, y planificar cada actividad y sus requisitos previos antes de iniciar la obra.
Frecuencia	Diaria.
Meta	Bueno: sin cambios frente a la documentación entregada. Regular: ajustes de forma a los documentos. Deficiente: cambios de fondo a los documentos.
Responsable	Coordinador de diseño.

Nota. Métrica de cumplimiento del método constructivo. Elaboración propia.

Tabla 64

Métrica de calidad: control en la planificación

Métrica de calidad (producto)	Control en la planificación
Objetivo	Revisar los principales componentes de la planificación.
Factor de calidad	Aprobación del proyecto.
Método de medición	Desarrollar planes de inspección y ensayo cuando se presente una desviación respecto de la planificación del producto.

Métrica de calidad (producto)	Control en la planificación
Frecuencia	Semanal.
Meta	Bueno: sin cambios en la planificación. Regular: cambios en especificaciones, cantidades o actividades no previstas. Deficiente: cambios en los APU.
Responsable	Gerente de proyecto.

Nota. Métrica de control de actividades realizadas los componentes de la planificación. Elaboración propia

3.2.7 Plan De Gestión De Recursos

El plan de gestión de recursos aborda la planificación, adquisición, desarrollo y control de los recursos humanos, materiales y de equipo necesarios para la ejecución del Contrato de obra. El éxito de un proyecto de construcción de infraestructura vial depende en gran medida de la capacidad para movilizar oportunamente los recursos adecuados, mantener la productividad de los equipos de trabajo y garantizar condiciones de seguridad y salud en el entorno de obra (PMI, 2025).

Con el fin de unificar y consolidar la información para divulgación en el proyecto, se deja el plan de gestión de recursos contenido en el documento ANEXO - 3.2.7 PLAN DE GESTIÓN DE RECURSOS

a. Identificación y adquisición de recursos

La identificación de recursos parte de la estimación por actividad del cronograma y del presupuesto, de modo que cada paquete de trabajo define el tipo de recurso, la cantidad y el momento en que se requiere. La adquisición combina la vinculación directa de personal, el alquiler de maquinaria y equipos, y la contratación de subcontractistas especializados: los recursos humanos se adquieren por vinculación directa (equipo de dirección y profesionales) o por

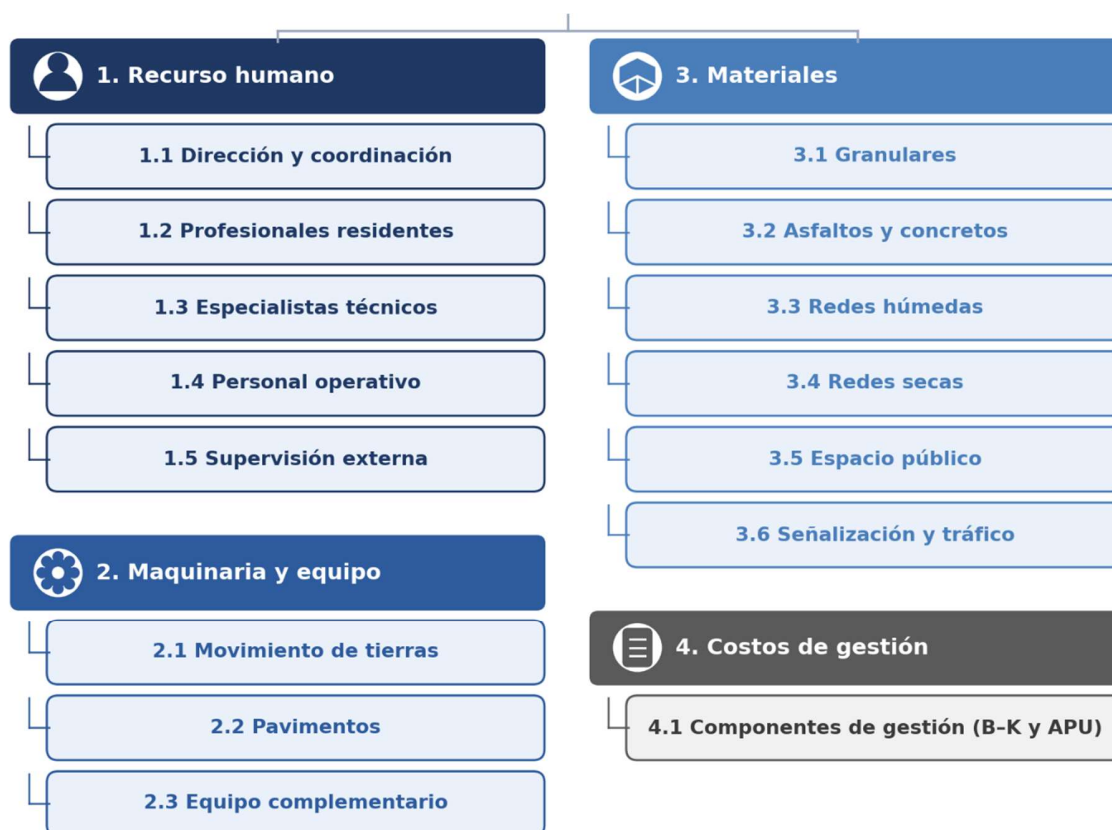
contrato de obra labor (personal de campo); la maquinaria y los equipos, por alquiler con operador o mediante parque propio del contratista, según la duración y la intensidad de uso; los materiales, a través del plan de compras coordinado con el plan de adquisiciones (3.2.9), priorizando proveedores calificados; y las instalaciones comprenden el campamento, las oficinas de obra, los patios de almacenamiento y la señalización temporal (PMT).

b. Estructura desagregación de recursos

La estructura de desagregación de recursos (ReBS) organiza jerárquicamente los recursos del proyecto en cuatro categorías: recurso humano, maquinaria y equipo, materiales, y costos de gestión, desagregadas a su vez en quince subcategorías, según se presenta en la siguiente figura. La ReBS se construyó a partir de la hoja de recursos elaborada en Microsoft Project, en la cual se registraron 66 recursos: 38 recursos de trabajo, correspondientes al personal profesional, al personal operativo y a la maquinaria, valorados con tasas estándar horarias en pesos colombianos y acumulación por prorrateo, y 28 recursos de material, es decir, insumos valorados por unidad de medida con precios de mercado de Bogotá.

Esta clasificación facilita la estimación de costos por paquete de trabajo, la asignación de recursos a las actividades del cronograma y su control durante la ejecución. Además, se articula con el plan de recursos al vincular cada categoría con su mecanismo de adquisición: vinculación directa y prestación de servicios para el recurso humano, alquiler con operador y subcontratos para la maquinaria, plan de compras para los materiales, y costos indirectos del contrato para los componentes de gestión.

Figura 37 Estructura desagregación de recursos



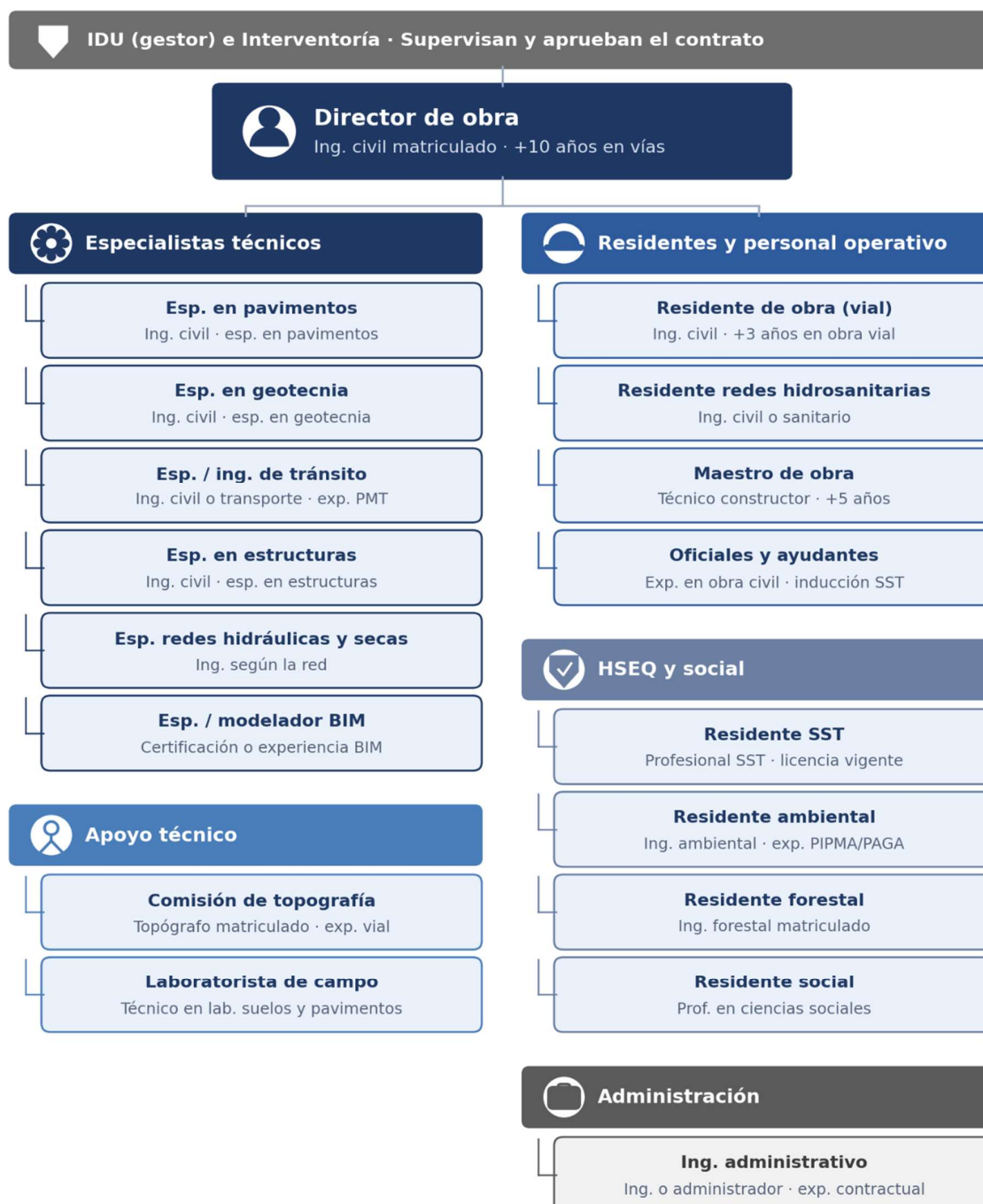
Nota. En la figura se representa la estructura interna para la distribución de recursos. Elaboración propia a partir d Anthropic. (2026). Claude (Opus 4.8). <https://claude.ai>

c. Definición de Roles, Responsabilidades y Competencias del equipo

La definición de roles establece, para cada posición del equipo, la responsabilidad principal y la competencia mínima requerida en formación, matrícula y experiencia. El equipo se organiza bajo el director de obra, quien responde ante el IDU y la interventoría, y se agrupa en cinco frentes: residentes y personal operativo; especialistas técnicos en pavimentos, geotecnia, tránsito, estructuras, redes y BIM; apoyo técnico de topografía y laboratorio; el frente HSEQ y social; y la administración del contrato. Esta estructura, derivada de la ReBS, asegura un

responsable por cada paquete de trabajo, mientras interventoría e IDU actúan como supervisión externa, aprobando calidad, cantidades y actas de pago.

Figura 38 Roles, Responsabilidades y Competencias



Nota. Estructura de roles y responsabilidades de los participantes en el proyecto. Elaboración propia a partir d Anthropic. (2026). Claude (Opus 4.8). <https://claude.ai>

d. Matriz de asignación de Responsabilidades (RACI) a nivel de paquete de trabajo.

La matriz RACI se establece a nivel de cuenta de control (agrupación de paquetes de trabajo). Convención: R responsable de ejecutar, A aprueba y rinde cuentas, C consultado, I informado.

Tabla 55
Matriz RACI del proyecto

Cuenta de control (paquetes de trabajo)	Dir. obra	Residente	Ing. calidad	Ing. redes	Prof. SST	Prof. ambiental	Prof. social	Ing. admin.
1. Preliminares y localización	A	R	C	I	C	C	I	I
2. Redes de servicios públicos	A	R	C	R	C	I	I	C
3. Estructura de pavimento	A	R	R	I	C	I	I	C
4. Espacio público y urbanismo	A	R	C	I	C	C	C	C
5. Señalización y semaforización	A	R	C	I	C	I	I	C
6. Gestión ambiental y social	A	C	I	I	C	R	R	I
7. Seguridad y salud en el trabajo	A	C	I	I	R	C	I	I
8. Dirección y administración	R	C	C	C	C	C	C	A

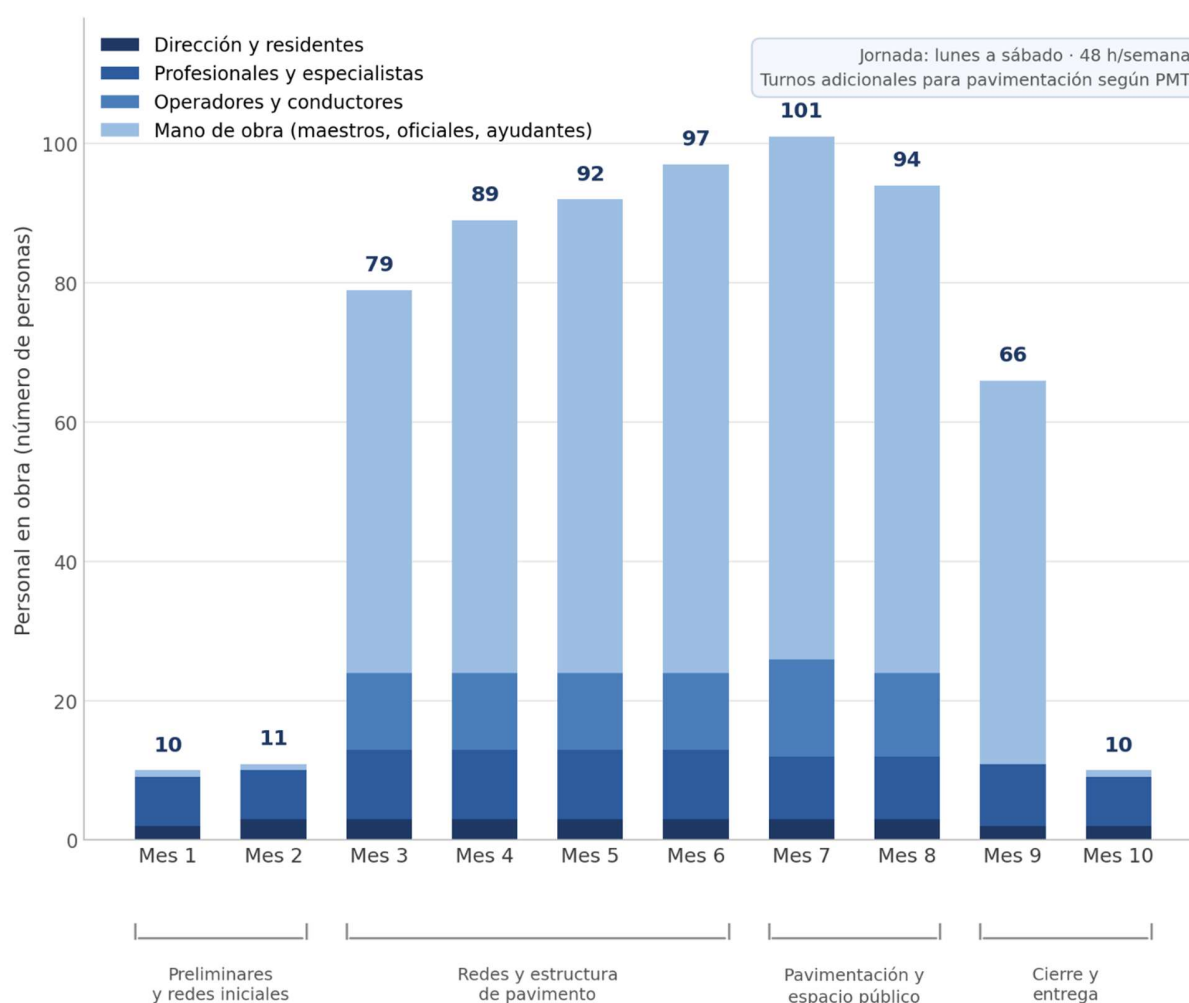
Nota. La tabla muestra bajo qué bloque de trabajo se rige cada profesional encargado en el proyecto. Elaboración propia.

e. Histograma y horario de recursos

El histograma de recursos muestra la carga de personal a lo largo del proyecto. La curva es creciente en los preliminares y redes, alcanza su pico durante la estructura de pavimento y el

espacio público, y decrece en la etapa de cierre. La jornada laboral es de lunes a sábado, 48 horas semanales, con turnos adicionales autorizados para actividades críticas según el PMT.

Figura 39 Histograma de Recursos Humanos



Nota. Distribución de los recursos mediante un histograma. Elaboración propia a partir d Anthropic. (2026). Claude (Opus 4.8). <https://claude.ai>

f. Plan de capacitación y desarrollo del equipo

El plan de capacitación y desarrollo del equipo contempla, en primer lugar, una inducción de ingreso obligatoria previa al inicio de labores que cubre SST, PMT, plan ambiental y

protocolos de calidad; se complementa con capacitación técnica periódica en especificaciones IDU, manejo de mezclas asfálticas, compactación y ensayos, así como con capacitación en seguridad orientada a trabajo en alturas, espacios confinados, manejo de maquinaria y primeros auxilios; adicionalmente, incluye el desarrollo del equipo mediante evaluación de desempeño, retroalimentación y planes de mejora individual, y todas estas capacitaciones quedan registradas, de manera que su cobertura constituye un indicador del desempeño del equipo.

g. Identificación de procesos de seguridad y salud en el trabajo

El proyecto opera bajo un Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) conforme al Decreto 1072 de 2015 y la Resolución 0312 de 2019, con la meta de cero fatalidades y un índice de frecuencia de accidentes IF menor o igual a 5,0. Para ello se realiza la identificación de peligros y valoración de riesgos mediante la matriz IPEVR por actividad, junto con la entrega y control de elementos de protección personal según el nivel de riesgo; se cuenta además con la conformación y operación del COPASST y del comité de convivencia laboral, así como con permisos de trabajo de alto riesgo para actividades como trabajo en alturas, excavaciones y espacios confinados.

h. Esquema de contratación y liberación del personal

El proceso de gestión del personal inicia con la contratación, que comprende la requisición del cargo, la verificación del perfil y las competencias, los exámenes de ingreso, la afiliación a seguridad social y la inducción correspondiente antes de iniciar labores. Durante la permanencia, el personal se asigna a los frentes de obra de acuerdo con el histograma y el avance del cronograma. Al concluir la actividad o fase, se procede con la liberación del personal, que

incluye la desvinculación con examen de retiro, el paz y salvo de dotación y elementos de protección personal, y la liquidación conforme a la ley; esta liberación se programa de manera que se eviten sobrecostos por personal ocioso, coordinándose para ello con la curva de recursos.

i. Definición de indicadores de medición de desempeño del equipo y esquema de incentivos y recompensas.

A continuación, se describen los indicadores que determinarán el desempeño del equipo:

Tabla 60
Indicadores de Desempeño del Equipo

Indicador	Fórmula / meta	Frecuencia
Rotación de personal	Retiros / promedio de la plantilla; meta $\leq 8\%$ mensual	Mensual
Cumplimiento del plan de recursos	Recursos disponibles / recursos planificados; meta $\geq 95\%$	Mensual
Cobertura de capacitación	Personas capacitadas / programadas; meta 100%	Mensual
Índice de frecuencia (SST)	Accidentes con incapacidad $\times K / HHT$; meta $\leq 5,0$	Mensual
Productividad de cuadrillas	Avance real / avance programado; meta $\geq 100\%$	Semanal

Nota. El esquema de incentivos reconoce el cumplimiento de metas de seguridad (bono por cero accidentes), la productividad de cuadrillas y el buen desempeño individual, mediante reconocimientos, bonos y oportunidades de desarrollo.

j. Identificación de habilidades blandas (Liderazgo, Empoderamiento, creatividad, innovación, trabajo colaborativo, manejo de conflictos y comunicación asertiva) para el desarrollo del proyecto.

Además de la competencia técnica, el proyecto requiere habilidades blandas para la coordinación de equipos multidisciplinarios y el relacionamiento con la comunidad y las entidades. Entre estas se destaca el liderazgo para la dirección de cuadrillas y la toma de

decisiones en campo, el empoderamiento como delegación efectiva y autonomía responsable en los frentes, y la creatividad e innovación para la solución de imprevistos técnicos y la optimización de procesos. Se requiere igualmente trabajo colaborativo para la coordinación entre disciplinas, interventoría y ESP, manejo de conflictos para la atención de PQR y la mediación con la comunidad, y comunicación asertiva que garantice reportes claros y un trato respetuoso con todos los interesados.

3.2.8 Plan De Gestión Del Riesgo

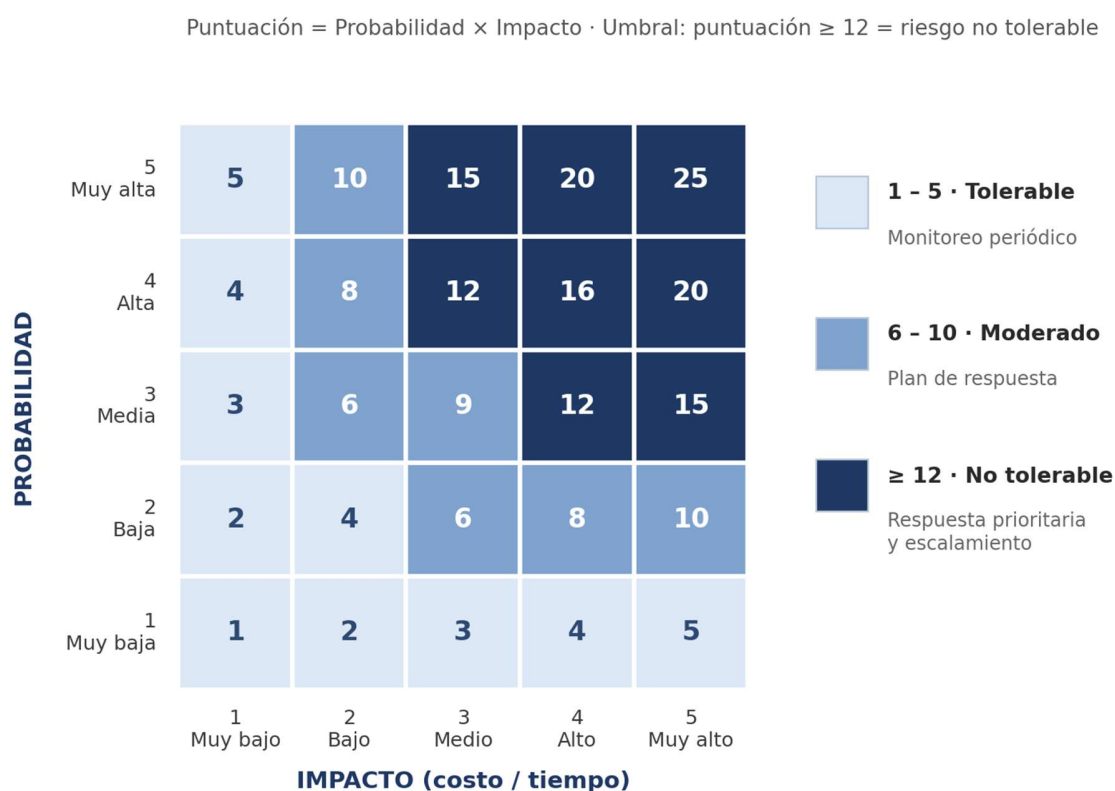
Este plan define cómo el proyecto Empalme de la Avenida José Celestino Mutis identifica, analiza, responde y monitorea los riesgos que pueden afectar sus objetivos de alcance, tiempo, costo y calidad, elaborándose desde la perspectiva del IDU como propietario y siguiendo el dominio de desempeño de Incertidumbre y Riesgo del PMBOK (PMI, 2025), como un proceso iterativo a lo largo de los 630 días de ejecución.

a. Identificación de riesgos y determinación del umbral

Los riesgos del proyecto se identifican mediante juicio de expertos, análisis de la información histórica de proyectos viales del IDU, revisión de los estudios y diseños, y talleres con el equipo de obra, y cada riesgo se registra en el formato causa, evento y efecto, de manera que quede clara su trazabilidad desde el origen hasta la consecuencia sobre los objetivos del contrato. El análisis cualitativo emplea escalas de 1 a 5 para la probabilidad de ocurrencia y para el impacto en costo o en tiempo, con lo cual la puntuación de cada riesgo corresponde al producto $\text{Probabilidad} \times \text{Impacto}$, en un rango de 1 a 25. El umbral de tolerancia se fija en 12: los riesgos con puntuación igual o superior a este valor se consideran no tolerables y requieren respuesta

prioritaria y escalamiento a la dirección del proyecto, los riesgos con puntuación entre 6 y 10 se gestionan con planes de respuesta documentados, y los inferiores a 6 se administran mediante monitoreo periódico, conforme se presenta en la siguiente figura.

Figura 40 Matriz de probabilidad e impacto y umbral de tolerancia de riesgos del proyecto



Escalas de calificación

Nivel	Probabilidad	Impacto en costo / tiempo
1 · Muy bajo	≤ 10 %	< 1 % del valor / cronograma
2 · Bajo	11 % a 30 %	1 % a 3 %
3 · Medio	31 % a 50 %	3 % a 7 %
4 · Alto	51 % a 70 %	7 % a 12 %
5 · Muy alto	> 70 %	> 12 %

Nota. La puntuación de cada riesgo es el producto Probabilidad × Impacto (rango 1 a 25); las celdas en azul oscuro indican la zona no tolerable (≥ 12). Elaboración propia a partir de Anthropic. (2026). Claude (Opus 4.8). <https://claude.ai>

b. Risk Breakdown Structure (RiBS)

La estructura de desagregación de riesgos (RiBS) clasifica las fuentes de riesgo del proyecto en seis categorías, lo que facilita su identificación sistemática, evita omisiones durante los talleres de riesgos y permite agrupar el análisis por tipo de fuente, conforme se presenta en la siguiente figura.

Figura 41 Estructura de desagregación de riesgos (RiBS) del proyecto



Nota. La RiBS organiza las fuentes de riesgo en seis categorías de nivel 1 con sus fuentes de nivel 2, como base para la identificación sistemática y el registro de riesgos. Elaboración propia a partir de Anthropic. (2026). Claude (Opus 4.8). <https://claude.ai>

La categoría técnica agrupa los riesgos derivados de la interferencia de redes, las condiciones del suelo, las especificaciones y la calidad de los materiales; la categoría externa recoge los eventos fuera del control del Consorcio, como hallazgos arqueológicos, clima,

variación de precios y aprobaciones de las ESP y demás entidades; la categoría de la organización comprende la gestión predial, el flujo de recursos y el incumplimiento de subcontratistas; la de dirección del proyecto abarca las estimaciones, la planificación, el control de cambios y las comunicaciones; la categoría social y ambiental incluye los conflictos con la comunidad, las PQR y el manejo ambiental; y la de seguridad y salud cubre la accidentalidad laboral y la seguridad vial en obra. Cada riesgo identificado se codifica según su categoría en la RiBS, lo que permite consolidar el registro de riesgos y priorizar la respuesta con base en el umbral definido en el numeral anterior.

c. Análisis de riesgos del proyecto cualitativo y cuantitativo (valor económico esperado)

El análisis cualitativo prioriza los riesgos según su puntuación $P \times I$, mientras que el análisis cuantitativo estima el valor monetario esperado (VME) de cada riesgo como el producto de su probabilidad por su impacto económico, cuya suma para el total de riesgos identificados asciende a \$1.252.738.656, cifra que constituye la base para el dimensionamiento de las reservas.

d. Matriz de riesgos

La matriz de riesgos consolida los diez riesgos identificados con su calificación cualitativa y cuantitativa, conforme se presenta en la siguiente figura. En el panel de probabilidad e impacto, los riesgos R-02 (interferencia de redes no identificadas) y R-05 (variación de precios de insumos) alcanzan el umbral de 12 y se clasifican como no tolerables, por lo que requieren respuesta prioritaria y escalamiento a la dirección del proyecto. En el análisis cuantitativo, los riesgos de mayor valor monetario esperado son R-01 (hallazgos arqueológicos, \$270 millones), R-02 (\$189 millones) y R-03 (demoras en gestión predial, \$175 millones), y son estos, junto con R-10

(incumplimiento de subcontratistas), los que reciben reservas específicas por su impacto económico. La sumatoria del VME de los diez riesgos asciende a \$1.252.738.656, valor que constituye la base para el dimensionamiento de las reservas de contingencia.

Tabla 65
Matriz de Riesgos

ID	Riesgo	Categoría	P (1-5)	I (1-5)	Punt.	Prob. %	Impacto (\$)	VME (\$)
R-01	Hallazgos arqueológicos (ICANH)	Externo	2	5	10	30%	\$900.000.000	\$270.000.000
R-02	Interferencia de redes no identificadas	Técnico	3	4	12	45%	\$420.000.000	\$189.000.000
R-03	Demoras en gestión predial	Organización	2	5	10	35%	\$500.000.000	\$175.000.000
R-04	Condiciones climáticas adversas	Externo	3	3	9	55%	\$220.000.000	\$121.000.000
R-05	Variación de precios de insumos	Externo	3	4	12	50%	\$300.000.000	\$150.000.000
R-06	Subrasante deficiente / inestabilidad	Técnico	2	4	8	30%	\$260.000.000	\$78.000.000
R-07	Conflictos con la comunidad / bloqueos	Social	2	3	6	25%	\$180.000.000	\$45.000.000
R-08	Accidentalidad laboral (SST)	Seguridad	1	5	5	20%	\$200.000.000	\$40.000.000
R-09	Demoras en aprobaciones de ESP	Externo	2	3	6	40%	\$150.000.000	\$60.000.000
R-10	Incumplimiento de subcontratistas	Organización	2	4	8	35%	\$356.396.160	\$124.738.656
TOTAL VME							\$1.252.738.656	

Nota. Las filas resaltadas corresponden a los riesgos con puntuación ≥ 12 (no tolerables); el VME total de \$1.252.738.656 es la base de las reservas de contingencia. Elaboración propia.

e. Plan de respuesta a riesgo, rastreando y monitoreando los riesgos residuales

Cada riesgo identificado cuenta con una estrategia de respuesta (mitigar, transferir, evitar o aceptar), una acción concreta, un responsable dentro del equipo del proyecto y un riesgo residual, que corresponde al nivel que permanece después de aplicar la respuesta, conforme se presenta en la siguiente figura.

La estrategia predominante es la mitigación mediante controles preventivos, como el monitoreo arqueológico, los apiques y sondeos previos, los ensayos de suelo y la precalificación de subcontratistas, mientras que los riesgos R-03 y R-05 se transfieren, el primero mediante el escalamiento de la gestión predial al IDU y el segundo a través de la fórmula de reajuste de precios y las compras anticipadas. Tras la aplicación de las respuestas, ningún riesgo residual permanece en nivel alto: cuatro quedan en nivel medio (R-02, R-03, R-04 y R-09) y los seis restantes en nivel bajo.

Con base en este análisis se aprueba una reserva de contingencia de \$1.071.375.552, incluida dentro de la línea base de costos para atender los riesgos identificados, mientras que la reserva de gestión se maneja por fuera de la línea base para riesgos no previstos y su uso lo autoriza el patrocinador.

El registro de riesgos se actualiza mensualmente y se reporta a la interventoría y al IDU mediante la comunicación COM-12; en cada revisión se reevalúan la probabilidad y el impacto, se verifica la efectividad de las respuestas, se controlan los riesgos residuales y se identifican riesgos emergentes, y los que superen el umbral se escalan según el flujograma de comunicaciones.

Tabla 64 Plan de respuesta a los riesgos, reservas y ciclo de monitoreo

ID	Estrategia	Acción de respuesta	Responsable	Residual
R-01	Mitigar	Monitoreo arqueológico preventivo y protocolo de hallazgos con el ICANH	Prof. ambiental	Bajo
R-02	Mitigar	Apiques y sondeos previos; coordinación temprana con las ESP	Ing. de redes	Medio
R-03	Transferir / escalar	Gestión predial a cargo del IDU (DTDP); seguimiento contractual	Dir. de obra	Medio
R-04	Mitigar	Programación de actividades críticas en temporada seca; cubiertas	Residente	Medio
R-05	Transferir	Fórmula de reajuste de precios y compras anticipadas	Ing. admin.	Bajo
R-06	Mitigar	Ensayos de suelo y mejoramiento de subrasante	Ing. de calidad	Bajo
R-07	Mitigar	Socialización, PQR y mesas de diálogo con la comunidad	Prof. social	Bajo
R-08	Mitigar	SG-SST, EPP, permisos de alto riesgo y capacitación	Prof. SST	Bajo
R-09	Mitigar	Radicación temprana y seguimiento de trámites con las ESP	Ing. de redes	Medio
R-10	Mitigar	Precalificación de subcontratistas y pólizas de cumplimiento	Ing. admin.	Bajo



Nota. La figura-tabla presenta la estrategia, la acción, el responsable y el riesgo residual de cada riesgo; la reserva de contingencia de \$1.071.375.552 hace parte de la línea base de costos. Elaboración propia a partir de Anthropic. (2026). Claude (Opus 4.8). <https://claude.ai>

3.2.9 Plan De Gestión De Adquisiciones

El plan de gestión de las adquisiciones tiene por objetivo asegurar la obtención oportuna, económica y sostenible de los bienes y servicios necesarios para ejecutar el proyecto, definiendo cómo se seleccionan los proveedores, se tipifican los contratos y se controlan las compras. Se inscribe en el dominio de recursos e incorpora la sostenibilidad en las compras (PMI, 2025). El alcance comprende la adquisición de materiales de obra, maquinaria y equipos, redes y servicios especializados durante los 21 meses del proyecto, en coherencia con el régimen contractual aplicable al IDU y con el esquema de precios unitarios del contrato principal.

El contratista del IDU debe cumplir adicionalmente con las obligaciones de sostenibilidad ambiental y vinculación de mano de obra local establecidas en el contrato, lo que introduce criterios adicionales a la selección y gestión de proveedores.

a. Definición y criterios de valoración de proveedores

La selección de proveedores se realiza mediante un proceso formal de evaluación que considera criterios técnicos, financieros, de calidad y de sostenibilidad, calificando a cada proveedor potencial en una escala de 1 a 100 puntos distribuida en seis criterios, según se detalla en la Tabla 1. Se exige un puntaje mínimo de 70 sobre 100 para la selección de un proveedor, y los proveedores seleccionados se incorporan al Registro de Proveedores Aprobados del Consorcio, con evaluaciones de desempeño semestrales durante la ejecución, con el propósito de actualizar el registro y retroalimentar la selección en iniciativas futuras.

Tabla 66
Criterios de Valoración de Proveedores

Criterio	Peso	Subcriterios	Método de evaluación
Experiencia específica	25 %	Proyectos similares (últimos 5 años), clientes de referencia, volumen ejecutado	Certificados de experiencia y consulta de referencias
Capacidad técnica	20 %	Equipos disponibles, personal calificado, certificaciones	Visita a instalaciones, verificación de inventario
Oferta económica	25 %	Precio unitario, condiciones de pago, costos de transporte	Cotización formal con APU desagregado
Calidad del producto/servicio	15 %	Certificaciones ISO 9001, ensayos de laboratorio, marcas de materiales	Fichas técnicas, certificados de calidad, muestras
Cumplimiento y plazos	10 %	Historial de cumplimiento, capacidad de respuesta, tiempos de entrega	Registro interno de proveedores, referencias

Criterio	Peso	Subcriterios	Método de evaluación
Sostenibilidad	5 %	Gestión ambiental, vinculación local, equidad de género, RCD	Certificados ambientales, políticas internas

Nota. La evaluación califica a cada proveedor en una escala de 1 a 100 puntos distribuida en seis criterios ponderados; el puntaje mínimo exigido para la selección es de 70 puntos. Elaboración propia.

b. Selección y tipificación de contratos

El marco contractual de las adquisiciones se estructura en cuatro modalidades según la naturaleza del bien o servicio y el perfil de riesgo del proveedor. La modalidad de precio unitario aplica a materiales y subcontratos de especialidad cuyas cantidades finales dependen de las condiciones de campo verificadas en la ejecución. La suma global se destina a los servicios técnicos con alcance definible desde el inicio. El arrendamiento mensual se utiliza para la maquinaria pesada, y el subcontrato de precio unitario se aplica a redes secas y señalización.

Tabla 67

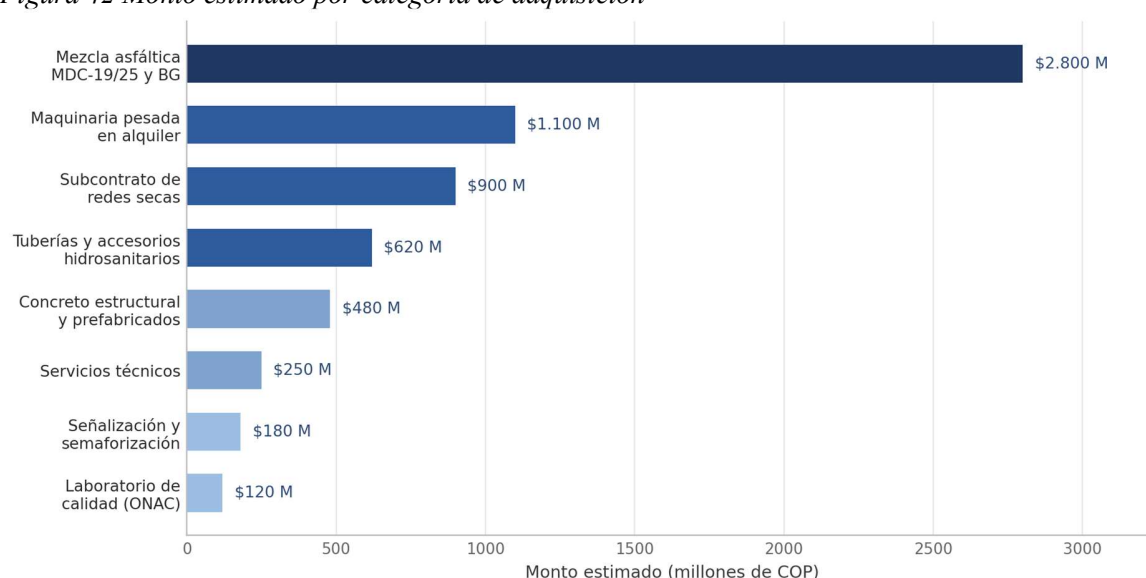
Matriz de modalidades contractuales de adquisición

Categoría de adquisición	Modalidad contractual	Fuente de selección	Monto estimado (COP)
Mezcla asfáltica MDC-19/25 y base granular	Orden de compra – precio unitario	Mercado abierto (mín. 3 cotizaciones)	\$2.800.000.000
Concreto estructural y prefabricados	Orden de compra – precio unitario	Mercado abierto (mín. 3 cotizaciones)	\$480.000.000
Tuberías y accesorios hidrosanitarios	Orden de compra – precio unitario	Registro de proveedores aprobados	\$620.000.000
Maquinaria pesada en alquiler	Contrato de arrendamiento mensual	Registro de proveedores aprobados	\$1.100.000.000
Subcontrato de redes secas	Subcontrato – precio unitario	Registro de proveedores + visita técnica	\$900.000.000
Servicios técnicos (topografía, arqueología, gestión social)	Contrato de servicios – suma global	Profesional certificado / mercado abierto	\$250.000.000

Categoría de adquisición	Modalidad contractual	Fuente de selección	Monto estimado (COP)
Servicios de laboratorio de calidad (ONAC)	Contrato de servicios – suma global	Laboratorio acreditado ONAC	\$120.000.000
Señalización horizontal, vertical y semaforización	Subcontrato – precio unitario	Proveedor homologado SDM	\$180.000.000

Nota. La modalidad contractual y la fuente de selección se asignan según la naturaleza del bien o servicio y el perfil de riesgo del proveedor. Elaboración propia.

Figura 42 Monto estimado por categoría de adquisición



Nota. Montos en millones de pesos colombianos; la mezcla asfáltica y la base granular concentran la mayor inversión estimada. Elaboración propia a partir de Anthropic. (2026). Claude (Opus 4.8). <https://claude.ai>

c. Criterios de contratación, ejecución y control de compras y contratos.

La contratación sigue un proceso estandarizado que inicia con la requisición aprobada por el director de obra, continúa con mínimo tres cotizaciones o la consulta del registro de proveedores aprobados según la modalidad definida, y se formaliza mediante el cuadro comparativo evaluado con los criterios ponderados del literal a. Antes del perfeccionamiento se verifica la capacidad legal y financiera del proveedor, se constituyen las pólizas exigidas según la cuantía y se aplica la delegación: el ingeniero administrativo aprueba hasta 50 SMMLV y el

director de obra los montos superiores. En la ejecución, los bienes se reciben con actas de recibo soportadas en certificados de calidad, los subcontratos se controlan con actas parciales verificadas por el residente y los pagos se liberan contra entregas conformes. El control mide mensualmente plazos (meta 95 %), calidad (meta 98 %) y precios (tolerancia 5 %); las evaluaciones semestrales actualizan el registro, los incumplimientos generan requerimientos, pólizas y exclusión, y todo contrato cierra con liquidación y paz y salvo laboral y ambiental.

d. Cronograma de compras con la asignación de responsable

El cronograma de compras se deriva del cronograma de obra y garantiza que cada bien o servicio esté contratado antes de la fecha en que la actividad lo requiere, con holguras mayores para las categorías críticas de largo trámite, como la mezcla asfáltica y la señalización semafórica. La responsabilidad de cada proceso recae en el ingeniero administrativo como comprador, con el apoyo técnico del residente o especialista del frente que consume el bien y la aprobación del director de obra.

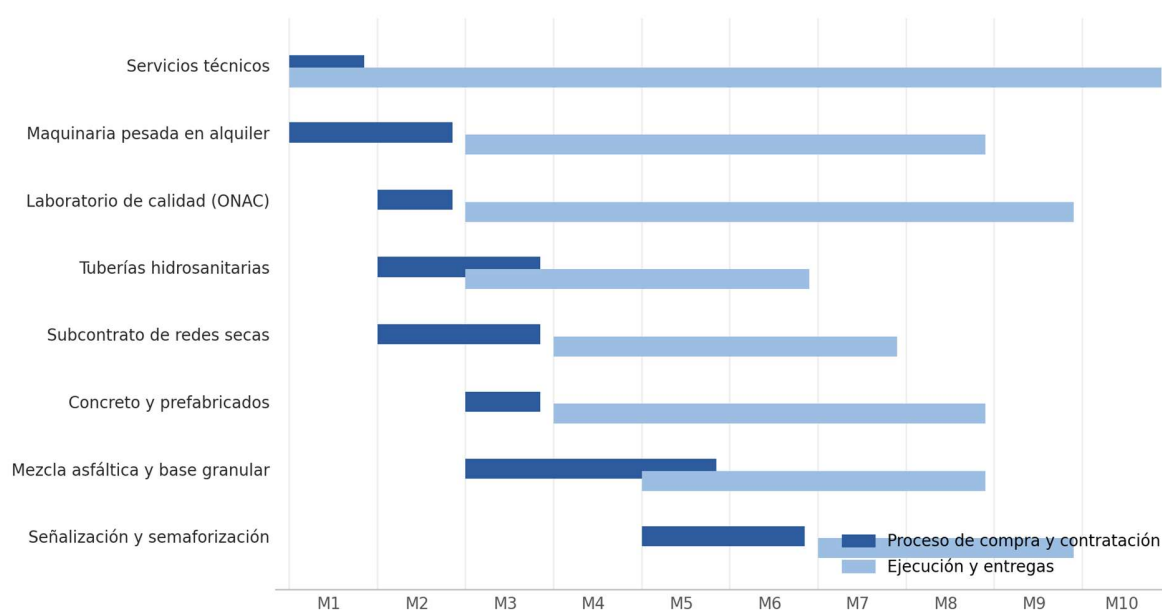
Tabla 68
Cronograma de compras y asignación de responsables

Categoría de adquisición	Inicio del proceso	Contratación	Ejecución / entregas	Responsable del proceso	Apoyo técnico
Servicios técnicos (topografía, arqueología, gestión social)	Mes 1	Mes 1	Meses 1-10	Ing. administrativo	Director de obra
Maquinaria pesada en alquiler	Mes 1	Mes 2	Meses 3-8	Ing. administrativo	Residente de obra (vial)
Servicios de laboratorio de calidad (ONAC)	Mes 2	Mes 2	Meses 3-9	Ing. administrativo	Ing. de calidad

Categoría de adquisición	Inicio del proceso	Contratación	Ejecución / entregas	Responsable del proceso	Apoyo técnico
Tuberías y accesorios hidrosanitarios	Mes 2	Mes 3	Meses 3-6	Ing. administrativo	Residente de redes
Subcontrato de redes secas	Mes 2	Mes 3	Meses 4-7	Ing. administrativo	Esp. redes secas
Concreto estructural y prefabricados	Mes 3	Mes 3	Meses 4-8	Ing. administrativo	Residente de obra (vial)
Mezcla asfáltica MDC-19/25 y base granular	Mes 3	Mes 5	Meses 5-8	Ing. administrativo	Esp. en pavimentos
Señalización horizontal, vertical y semaforización	Mes 5	Mes 6	Meses 7-9	Ing. administrativo	Ing. de tránsito

Nota. Los meses corresponden al cronograma del proyecto (10 meses); todas las compras las lidera el ingeniero administrativo con la aprobación del director de obra. Elaboración propia.

Figura 43 Cronograma de compras por categoría de adquisición



Nota. Las barras oscuras representan el proceso de compra y contratación y las claras la ejecución y las entregas de cada categoría. Elaboración propia a partir de Anthropic. (2026). Claude (Opus 4.8). <https://claude.ai>

e. Sostenibilidad en el proceso de adquisiciones

El proceso de adquisiciones incorpora la sostenibilidad como criterio transversal, tanto en la selección como en la ejecución de los contratos. En la selección, el criterio de sostenibilidad pondera las prácticas ambientales del proveedor, su vinculación de mano de obra local, la equidad de género y la gestión de residuos de construcción y demolición (RCD), y se exige a los proveedores de materiales la entrega de certificados ambientales y licencias de las fuentes de explotación. En la ejecución, se prioriza la compra de mezcla asfáltica MDC-19 con grano de caucho reciclado (GCR), que reincorpora llantas fuera de uso conforme a la normativa distrital, se contrata la disposición de RCD únicamente con gestores autorizados por la Secretaría Distrital de Ambiente, y se favorecen proveedores ubicados en Bogotá y la región para reducir las distancias de transporte y las emisiones asociadas. Adicionalmente, los subcontratistas deben acreditar el cumplimiento del SG-SST y la afiliación de su personal a seguridad social como condición de pago, y las evaluaciones semestrales de desempeño incluyen una calificación de sostenibilidad que retroalimenta el registro de proveedores y orienta las adjudicaciones futuras hacia quienes demuestren mejores prácticas ambientales y sociales.

4. Lecciones Aprendidas

Las lecciones aprendidas son el conocimiento que el equipo del proyecto adquiere durante su desarrollo y que resulta útil para orientar decisiones en trabajos futuros. La Guía del PMBOK (PMI, 2025) señala que este conocimiento debe capturarse a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto y consolidarse en un registro que enriquezca los activos de los procesos de la organización. En coherencia con este principio, el presente anexo reúne, en una matriz consolidada, las lecciones derivadas de la aplicación de los estándares de dirección de proyectos al Empalme de la Avenida José Celestino Mutis, en la Transversal 112B Bis A de Bogotá, abarcando tanto el proceso de inicio y planificación como los hallazgos identificados en los estudios, evaluaciones y conclusiones del proyecto.

Las lecciones se presentan organizadas dentro del documento ANEXO – 4. LECCIONES APRENDIDAS - MATRIZ y dentro de este se encuentran documentadas por dominio de gestión, entre los que se encuentran los interesados, el alcance, el cronograma, los costos, la calidad, los recursos, las comunicaciones, el riesgo y las adquisiciones, de modo que el Instituto de Desarrollo Urbano, como propietario del proyecto, y los equipos que enfrenten obras viales urbanas de características similares puedan capitalizarlas con facilidad. Para cada lección se registra un código de identificación, el dominio de gestión al que corresponde, una descripción concisa de lo aprendido durante la ejecución y la recomendación práctica que de ella se deriva para la formulación y el desarrollo de futuros proyectos. De esta manera, el anexo trasciende el simple registro histórico y se convierte en un instrumento de consulta que facilita la transferencia de conocimiento hacia intervenciones viales urbanas futuras.

5. Conclusiones Y Recomendaciones

El desarrollo del presente trabajo de grado permite concluir que el objetivo general, formular un plan de gestión gerencial aplicado al empalme de la Avenida José Celestino Mutis con la Transversal 112B Bis A, se cumplió de manera integral mediante la aplicación sistemática de la Guía del PMBOK (PMI, 2025) y la norma ISO 31000, articuladas con el marco normativo del Instituto de Desarrollo Urbano. La formulación del acta de constitución, el análisis de interesados y los nueve planes subsidiarios de gestión configuran un plan para la dirección del proyecto coherente, que integra alcance, tiempo, costo, calidad, recursos, comunicaciones, riesgo y adquisiciones, y que asegura la madurez técnica y la gobernanza del riesgo planteadas como propósito del estudio.

En cuanto al primer objetivo específico, referido a la construcción y puesta en funcionamiento de la infraestructura vial de 213 metros lineales tipo V-3, la estructura de desglose del trabajo llevada hasta el nivel de paquetes de trabajo, la programación mediante la técnica PERT y la determinación de la ruta crítica evidencian que este componente es realizable dentro del plazo previsto de 630 días de ejecución, siempre que se gestionen de forma prioritaria las actividades que condicionan dicha ruta y se dispongan holguras para los eventos externos, en particular las condiciones climáticas y las interferencias no identificadas en redes.

Respecto del segundo objetivo específico, relativo a la habilitación de 2.215,2 m² de espacio público y 213 metros de ciclorruta, el plan de gestión de alcance y el plan de gestión de calidad garantizan que estos entregables se ejecuten conforme a los criterios de aceptación definidos y a las especificaciones técnicas del IDU, materializando el concepto de calle completa en el que la infraestructura prioriza al peatón y al ciclista, en consonancia con el Plan de Desarrollo Distrital "Bogotá Camina Segura".

En relación con el tercer objetivo específico, la renovación y protección de las redes hidrosanitarias y secas, el análisis de la ruta crítica confirma que estas actividades constituyen el mayor factor de incertidumbre para el cumplimiento del cronograma, dado que su avance depende de aprobaciones externas de las Empresas de Servicios Públicos que no están bajo el control directo del contratista; el plan de gestión de riesgos y el plan de gestión de las comunicaciones, mediante herramientas de seguimiento dedicadas y un esquema de escalamiento documentado, ofrecen el mecanismo de gestión necesario para mitigar este riesgo.

Sobre el cuarto objetivo específico, la ejecución satisfactoria del Plan de Manejo Arqueológico, el plan de gestión de riesgos incorpora este componente como un riesgo asociado a la gestión predial y a hallazgos no controlables por el contratista, para el cual se dimensionan reservas de contingencia a partir del valor monetario esperado; esto demuestra que, aunque se trate de un riesgo externo al contratista, el plan de gestión gerencial anticipa su tratamiento y asigna las responsabilidades correspondientes al propietario o a terceros.

La evaluación social del proyecto, con un Valor Presente Neto Social de \$51.514.113.046, una relación beneficio-coste de 3,52 y una tasa interna de retorno de 43,2 %, confirma que el cumplimiento conjunto de estos objetivos específicos genera una intervención vial económicamente viable, cuyos beneficios sociales superan ampliamente su costo financiero. En conjunto, el proyecto contribuye a la justicia de transporte en el occidente de Bogotá, cerrando una brecha estructural que afectaba la movilidad de 612.630 ciudadanos, y demuestra que la aplicación de buenas prácticas de dirección de proyectos incrementa la probabilidad de cumplir los objetivos de la obra y de entregar una infraestructura de calidad a la ciudadanía.

Recomendaciones

En coherencia con el cumplimiento del objetivo general y de los cuatro objetivos específicos descritos en las conclusiones, se formulan las siguientes recomendaciones dirigidas al Instituto de Desarrollo Urbano, al contratista y a la interventoría, y a futuros proyectos y a la academia.

Para el Instituto de Desarrollo Urbano se recomienda institucionalizar el uso de un plan para la dirección del proyecto con planes subsidiarios formales en las obras viales que contrate, de manera que la construcción de infraestructura vial similar a los 213 metros lineales tipo V-3 cuente desde el inicio con la misma trazabilidad técnica lograda en este trabajo. Asimismo, conviene resolver de manera anticipada la gestión predial y las autorizaciones ante entidades como el Instituto Colombiano de Antropología e Historia y las empresas de servicios públicos, dado que estos frentes concentran los riesgos de mayor impacto sobre la renovación de redes y sobre la ejecución del Plan de Manejo Arqueológico, y suelen escapar al control del contratista. Se recomienda además fortalecer los sistemas de información y de gestión documental para garantizar la trazabilidad de las decisiones asociadas al espacio público y a la ciclorruta a lo largo de todo el contrato.

Para el contratista y la interventoría se recomienda mantener actualizado el registro de riesgos y aplicar la técnica del valor ganado con periodicidad mensual, de modo que las desviaciones en la ejecución de la infraestructura vial y de las redes se detecten a tiempo y no comprometan el cumplimiento de los 630 días previstos. La coordinación temprana con las empresas de servicios públicos, la precalificación de subcontratistas y la programación de las actividades críticas en función de las condiciones climáticas deben incorporarse a la operación cotidiana, en particular para las redes hidrosanitarias y secas identificadas como el mayor factor

de incertidumbre del cronograma. La gestión social permanente y la atención oportuna de las peticiones de la comunidad son igualmente determinantes para preservar el cronograma y para sostener la apropiación ciudadana del espacio público y la ciclorruta una vez entregados.

Para futuros proyectos y para la academia se recomienda adaptar esta metodología a otras tipologías de infraestructura vial urbana, profundizando en la fase de ejecución y cierre para verificar en campo el cumplimiento real de los cuatro componentes aquí formulados, y complementando la planificación desarrollada con el seguimiento de indicadores durante la operación del corredor. Se sugiere igualmente que la Universidad Piloto de Colombia continúe documentando lecciones aprendidas de proyectos de obra pública colombiana, y que la comunidad de la localidad de Engativá mantenga la veeduría ciudadana activa durante la fase de estabilidad de la obra, verificando que las garantías técnicas cubran las eventuales fallas post-construcción tanto de la vía como de las redes renovadas, y que el mantenimiento preventivo sea ejecutado por la entidad responsable.

6. Referencias

- AASHTO. (2020). Guide for the Planning, Design, and Operation of Pedestrian Facilities. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Alcaldía Mayor de Bogotá & Cal y Mayor y Asociados. (2005). Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte (2.^a ed., 5 tomos). Secretaría de Tránsito y Transporte. https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/tomo_i.pdf
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2021). Decreto 555 de 2021: Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá. Registro Distrital.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2021). Decreto Distrital 555 de 2021: Por el cual se adopta la revisión general del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C. Secretaría Distrital de Planeación. <https://www.sdp.gov.co/micrositios/pot/decreto-pot-bogota-2021>
- Anbari, F. T. (2003). Earned value project management method and extensions. *Project Management Journal*, 34(4), 12-23.
- Baca Urbina, G. (2016). Evaluación de proyectos (8.^a ed.). McGraw-Hill.
- Banco de la República. (2025). Series estadísticas: tasa DTF y rendimientos de los TES. Banco de la República de Colombia.
- Banco Interamericano de Desarrollo [BID]. (2022). Infraestructura y movilidad: Impactos en el bienestar social de América Latina. BID Editores.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2022). Metodología para la estimación de beneficios por ahorro de tiempo en proyectos de transporte. BID.
- Bento, A. M., Franco, S. F., y Kaffine, D. (2015). The efficiency and distributional impacts of alternative anti-sprawl policies. *Journal of Urban Economics*, 89, 27-41.
- Borja, J. (2013). Revolución urbana y derechos ciudadanos. Alianza Editorial.

- Calderón, J. y García, R. (2019). Indicadores de calidad de vida relacionados con el transporte urbano. *Revista de Ingeniería y Urbanismo*, 15(2), 45-60.
- Castañeda, K. y Sánchez, O. (2022). Análisis de retrasos en la infraestructura vial de Bogotá: Una perspectiva gerencial. *Universidad Industrial de Santander*.
- Castañeda, K., Sánchez, O., Herrera, R. F. y Mejía, G. (2022). Highway Planning Trends: A Bibliometric Analysis. *Sustainability*, 14(9), 5544.
- Castañeda, K., Sánchez, O., Peña, C. A., Herrera, R. F., & Mejía, G. (2025). Comprehensive Analysis of Scheduling Processes in Road Intersections: Associating Deficiencies and Their Consequences in Colombian Projects. *Applied Sciences*, 15(9), 4614
- Castañeda-Meneses, P. L. (2023). Efectos de la movilidad urbana en la salud mental. El caso de Valparaíso Metropolitano, Chile. *Prospectiva. Revista de Trabajo Social e Intervención Social*, (36)
- Cerquera Escobar, F. Á. (2013). Análisis espacial de los accidentes de tráfico en Bogotá D.C. *Fundamentos de investigación. Perspectiva Geográfica*, 18(1), 9-38.
- Cervero, R. (2013). *Transport Infrastructure and Global Competitiveness*. Routledge.
- Cervero, R., Guerra, E. y Al, S. (2017). *Beyond Mobility: Planning Cities for People and Places*. Island Press.
- Chapman, C. y Ward, S. (2011). *How to Manage Project Opportunity and Risk*. Wiley.
- Comisión Europea. (2020). *Circular Economy Action Plan*. Unión Europea, 2020
- Concejo de Bogotá D.C. (1972). Acuerdo N.º 19 de 1972: Por el cual se crea el Instituto de Desarrollo Urbano. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=3549>
- Consejo Directivo del Instituto de Desarrollo Urbano. (2025a). Acuerdo N.º 004 de 2025: Por el cual se adopta la estructura organizacional del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU.

https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/Quienes%20Somos/Organigrama/2025/08-04-25/Acuerdo-No.-004-Estructura-IDU-02-abril-2025.pdf

Consejo Directivo del Instituto de Desarrollo Urbano. (2025a). Acuerdo N.º 004 de 2025: Por el cual se adopta la estructura organizacional del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU.

https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/Quienes%20Somos/Organigrama/2025/08-04-25/Acuerdo-No.-004-Estructura-IDU-02-abril-2025.pdf

Consejo Directivo del Instituto de Desarrollo Urbano. (2025b). Acuerdo N.º 005 de 2025: Por el cual se establece la planta de empleos del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU.

https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/Quienes%20Somos/Organigrama/2025/08-04-25/Acuerdo-005.-Acuerdo-planta-de-empleos-2-de-abril-2025.pdf

Damodaran, A. (2024). Cost of capital and country risk premiums by sector [Conjunto de datos]. Stern School of Business, New York University.

Departamento Nacional de Planeación. (2018). Guía para la evaluación socioeconómica de proyectos de inversión pública en el sector transporte. DNP.

Departamento Nacional de Planeación \[DNP\]. (2020). Guía metodológica para la planeación de proyectos de inversión pública. Imprenta Nacional.

Departamento Nacional de Planeación. (2020). Guía para la evaluación de proyectos de inversión pública. DNP.

Edwards, P., Bowen, P. y Stewart, P. (2019). Construction Project Risk Management. Routledge.

El Tiempo. (2025, 18 de diciembre). Atención: judicializan a propietario de vehículo involucrado en el accidente de la avenida Mutis en el que murieron dos motociclistas. El Tiempo.

<https://www.eltiempo.com/bogota/atencion-judicializan-a-propietario-de-vehiculo->

involucrado-en-el-accidente-de-la-avenida-mutis-en-el-que-murieron-dos-motociclistas-3522246

El Tiempo. (2025, 30 de octubre). Fatal accidente al occidente de Bogotá deja a dos motociclistas muertos: hay reporte de alta congestión en el punto; esto se sabe del siniestro. El Tiempo. <<https://www.eltiempo.com/bogota/fatal-accidente-al-occidente-de-bogota-deja-a-dos-motociclistas-muertos-hay-reporte-de-alta-congestión-en-el-punto-esto-se-sabe-del-siniestro-3504935>>

El Tiempo. (2025, 31 de octubre). Jefe seccional de tránsito y transporte de Bogotá informó que el responsable del accidente en Engativá que dejó dos personas muertas se fugó. El Tiempo. <<https://www.eltiempo.com/bogota/jefe-seccional-de-transito-y-transporte-de-bogota-informo-que-el-responsable-del-accidente-en-engativa-que-dejo-dos-personas-muertas-se-fugo-35050622>>

El Tiempo. (2025, 9 de noviembre). Así avanzan las investigaciones por accidente en la avenida Mutis que causó la muerte de dos motociclistas durante la mañana de Halloween en Bogotá. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/bogota/asi-avanzan-las-investigaciones-por-accidente-en-la-avenida-mutis-que-causo-la-muerte-de-dos-motociclistas-durante-la-manana-de-halloween-en-bogota-3507949>

Ellen MacArthur Foundation. (2019). Enabling a Circular Economy for the Built Environment.

Flyvbjerg, B. (2014). What you Should Know about Megaprojects and Why: An Overview. *Project Management Journal*, 45(2), 6-19.

Freeman, R. E. (1984). *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Pitman.

Freeman, R. E., Harrison, J. S. y Zyglidopoulos, S. (2020). *Teoría de las partes interesadas: conceptos y estrategias*. Prensa de la Universidad de Cambridge.

Furth, P. G., Putta, M. C. y Nixon, P. (2016). Network Connectivity for Low-Stress Bicycling.

Transportation Research Record. \[Falta dato: Volumen/Número/Páginas\].

Gehl, J. (2010). Cities for People. Island Press.

Guzman, L. A., Oviedo, D., Arellana, J., & Cantillo-García, V. (2021). Buying a car and the street: Transport justice and urban space distribution. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 95, 102860.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6.^a ed.). McGraw-Hill.

Hillson, D. (2017). The Risk Management Handbook. Kogan Page Publishers.

Huang, Y. H. (2004). Pavement Analysis and Design. Pearson Prentice Hall.

ISO 31000. (2018). Gestión de riesgos --- Directrices. Organización Internacional de Normalización.

Instituto de Desarrollo Urbano \[IDU\]. (2019). Guía de Maduración de Proyectos GU-FP-04. IDU Editores.

Instituto de Desarrollo Urbano \[IDU\]. (2021). Manual de Diseño de Pavimentos para Bogotá D.C. IDU Editores.

Instituto de Desarrollo Urbano \[IDU\]. (2021). Manual de diseño de infraestructura vial para Bogotá. IDU Editores.

Instituto de Desarrollo Urbano \[IDU\]. (2022). Política de gestión integral del riesgo institucional. UDI.

Instituto de Desarrollo Urbano. (2024a). ¿Quiénes somos? Misión y visión institucional.

Recuperado el 8 de mayo de 2026, de <https://www.idu.gov.co/page/quienes-somos-2>

- Instituto de Desarrollo Urbano. (2024b). Resolución N.º 3197 de 2024: Por la cual se adopta la Plataforma Estratégica del Instituto de Desarrollo Urbano – IDU. Recuperado el 8 de mayo de 2026, de https://www.idu.gov.co/Archivos_Portal/2025/mision-vision/RESOLUCION-NUMERO-3197-DE-2024-PLAFORMA-ESTRATEGICA.pdf
- Instituto de Desarrollo Urbano. (2026a). Organigrama General IDU – enero de 2026. Recuperado el 8 de mayo de 2026, de <https://www.idu.gov.co/page/transparencia/organizacion/organigrama>
- Jacobs, J. (1961). *The Death and Life of Great American Cities*. Random House.
- Kerzner, H. (2017). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. Wiley.
- Lefebvre, H. (1968). *Le Droit à la ville*. Anthropos.
- Lucas, K. (2019). *Transport and Social Exclusion*. Routledge.
- Martens, K. (2017). *Transport Justice: Designing Fair Transport Systems*. Routledge.
- Mendelow, A. (1991). Environmental scanning: The impact of the stakeholder concept. En *Proceedings of the Second International Conference on Information Systems* (pp. 407-418).
- Mogollón Marquéz, W. M., & Rueda Peña, M. E. (2023). Brechas en los costos de los proyectos de construcción de infraestructura vial del IDU en Bogotá, Colombia (Trabajo de grado de maestría). Universidad Piloto de Colombia, Bogotá.
- Morris, P. W. (2013). *Reconstructing Project Management*. Wiley-Blackwell.
- OECD. (2020). *OECD Compendium of Policy Good Practices for Quality Infrastructure Investment*. OECD Publishing.
- OECD. (2020). *OECD Recommendation on the Governance of Infrastructure*. OECD Publishing.

- ONU-Hábitat. (2020). Informe Mundial de Ciudades 2020: El valor de la urbanización sostenible. Naciones Unidas.
- Organización Mundial de la Salud \[OMS\]. (2022). Salud urbana y movilidad sostenible. Publicaciones OMS.
- Project Management Institute. (2025). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (8.^a ed.). PMI.
- Quiroga Fúquene, J. A. (2022). *Guía para el diseño e implementación de un sistema de gestión integral del riesgo para la estructura de procesos del Instituto de Desarrollo Urbano en la ciudad de Bogotá D.C.* Universidad Externado de Colombia, Bogotá.
- Quiroga, M. y Fúquene, C. (2021). Gobernanza y gestión de riesgos en proyectos de obra pública. Editorial Académica.
- Rodríguez Jácome, L. E., Martínez Olivarez, P., Brizuela Casimir, H., & Zilli García, G. (2023). Movilidad urbana y el derecho a la ciudad: hacia ciudades inclusivas y sostenibles. En Abordaje de la cultura del hábitat desde la transversalización de la investigación (pp. 117-135). Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Romero Fernández, J. N. (2019). The Effect of Urban Planning decisions on the Perception of the Transport in Bogota (Trabajo de investigación). Bogotá.
- Secretaría Distrital de Movilidad \[SDM\]. (2023). Informe de indicadores de movilidad y congestión en la localidad de Engativá. SDM Bogotá.
- Secretaría Distrital de Movilidad. (2023). Visión Cero: estrategia distrital de seguridad vial. Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Semana. (s.f.). Fuerte accidente de tránsito en Engativá: dos vehículos chocaron y uno terminó envuelto en humo blanco. \ [Falta Dato: Fecha exacta y URL\].

- Sirgy, M. J. (2012). *The Psychology of Quality of Life: Hedonic Well-Being, Underlying Processes, and Groups*. Springer Science & Business Media.
- Takano, T., Morita, H. y Hayashi, Y. (2023). Road Improvement Effectiveness from a Quality of Life (QOL) Perspective. *Transportation Research Procedia*, 82, 1687-1699.
- Tapia Granados, J. A. (1998). La reducción del tráfico de automóviles: una política urgente de promoción de la salud. **Revista Panamericana de Salud Pública*, 3*(3), 137-147.
- Transportation Research Board. (2016). *Highway Capacity Manual* (6th ed.). National Academies of Sciences.
- Transportation Research Board. (2016). *Highway Capacity Manual: A guide for multimodal mobility analysis* (6.^a ed.). National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. <https://doi.org/10.17226/24798>
- UN-Habitat. (2022). *World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities*. United Nations Publications.
- World Bank. (2018). *Strategic Infrastructure: Steps to Prioritize and Deliver Infrastructure Projects*. World Bank Group.

7. Índice De Anexos

Anexo 1.1.4. Matriz de Marco Lógico

Anexo 2.3. Modelo Financiero Empalme Mutis

Anexo 3.1. Aprobación del Proyecto (Project Charter)

Anexo 3.2.1-A. Identificación y Categorización de Interesados

Anexo 3.2.1-A. Project Scope Statement (Acta de Declaración del Alcance)

Anexo 3.2.1. Matriz de Trazabilidad de Requisitos

Anexo 3.2.1-D. Formato para la Resolución de Conflictos y Gestión de Expectativas

Anexo 3.2.2-A. Project Scope Statement (Acta de Declaración del Alcance)

Anexo 3.2.2-D. Actas de Cierre de Proyecto o Fase

Anexo 3.2.2-G. Diccionario de la WBS

Anexo 3.2.3. Plan de Gestión de Comunicaciones (documento base)

Anexo 3.2.3-A. Matriz de Comunicaciones

Anexo 3.2.3-C. Glosario de Terminología Común

Anexo 3.2.4-A. Cálculo de Duraciones PERT

Anexo 3.2.4. Cronograma Empalme Mutis (MS Project)

Anexo 3.2.5-A. Indicadores de Medición de Desempeño

Anexo 3.2.5-B. Curva S de Valor Ganado

Anexo 3.2.6. Plan de Gestión de Calidad (documento base)

Anexo 3.2.6-A. Formato de Inspección de Calidad

Anexo 3.2.6-B. Herramientas de Control (Hoja de Chequeo de Calidad en Campo)

Anexo 3.2.7. Plan de Gestión de Recursos

Anexo 4. Lecciones Aprendidas (Matriz)