

**Identificar las etapas en las cuales se presentan variaciones entre los presupuestos
iniciales y finales reales de proyectos viales en Santander, a partir de la metodología de
APU's del INVIAS y su contraste con otras entidades de la contratación pública**

Johan Sebastián Corzo Conde

**Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Interventoría y Supervisión de la
Construcción**

Director

Marlon Leonardo Rodríguez Sierra

Maestría en Ingeniería Civil

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Especialización en Interventoría y Supervisión de la construcción

2026

Contenido

Introducción	8
1. Objetivos	10
1.1. Objetivo general	10
1.2 Objetivos específicos	10
2. Marco referencial	11
2. 1. Marco teórico	13
2.1.1 Teoría del equilibrio económico y la gestión de riesgos	13
2.1.2 El Asfalto como ruta crítica financiera en proyectos viales	13
2.1.3 Teoría de elaboración de presupuestos públicos	14
2.1.4 Modelos de estimación de costos	14
2.1.5 Fases de proyectos de inversión pública para infraestructura	15
2.1.6 Costos directos e indirectos	15
2.1.7 Principios de contratación de obras viales.....	16
2.2 Marco conceptual	18
2.2.1 Análisis de precios unitarios (APU)	18
2.2.2 Índice de costos de la construcción de obras civiles (ICOCIV)	18
2.2.3 Índice de costos de la construcción pesada (ICCP).....	19
2.2.4 Índice de precios al consumidor (IPC)	19
2.2.5 Bolsas de ajustes (provisiones).....	19
2.3 Marco legal.....	22
3. Metodología	25
3.1 Tipo y diseño.....	25

3.2 Procedimiento metodológico.....	27
3.3 Técnicas de análisis de la información.....	28
3.3.1 Estadísticas descriptivas	28
3.3.2 Método de Valor Ganado (EVM - Earned Value Management).....	29
3.3.3 Actualización periódica de precios.....	29
3.3.4 Seguimiento dinámico de Costos	30
3.3.5 Ajuste de análisis de precios unitarios (APU).....	31
3.4 Fases de la Investigación.....	31
4. Resultados	34
4.1 Comparación de APU: INVIAS vs. entidades territoriales.....	34
4.2 Análisis de proyectos viales en Santander: presupuesto vs. costo final.....	35
4.3 Análisis crítico por tipo de ítem de mayor impacto	38
4.3.1 El asfalto y la ineficacia del ICOCIV	39
4.3.2 Costos de transporte (ICTC) y geografía regional.....	41
4.3.3 Mano de obra y rendimientos	41
4.3.4 Análisis consolidado de variación presupuestal	42
5. Conclusiones	44
6. Recomendaciones.....	46
7. Cronograma.....	47
Referencias.....	48
Anexos	52
Anexo A: Cálculo Estadístico y Sustento Metodológico.	52

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Presupuesto vial</i>	16
Tabla 2. <i>Actividades y desarrollo para la ejecución de los objetivos específicos de la monografía</i>	32
Tabla 3. <i>Comparación de Costos Directos APU (Vigencia 2023) - INVIAS vs. Gobernación de Santander</i>	35
Tabla 4. <i>Variación Presupuestal en Proyectos Viales Representativos en Santander (2021-2024)</i>	37
Tabla 5. <i>Cronograma de actividades del proyecto de investigación</i>	47

Lista de figuras

Figura 1. *Comparativa de Variación Anual: ICOCIV vs. Precio del Asfalto Ecopetrol (2021-2024).* 40

Resumen

El presente trabajo evalúa la variación entre los presupuestos iniciales y los costos finales reales de proyectos de infraestructura vial desarrollados en el departamento de Santander, tomando como referencia las metodologías de Análisis de Precios Unitarios (APU) utilizadas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y otras entidades públicas del país. La investigación surge de la necesidad de identificar las causas que generan diferencias entre los valores estimados en la etapa de planeación y los costos efectivamente ejecutados, con el propósito de fortalecer la gestión contractual y presupuestal en la contratación pública.

El estudio se desarrolla mediante un enfoque comparativo y descriptivo, basado en la revisión documental de presupuestos oficiales, bases de datos institucionales y reportes de ejecución de tres proyectos viales ejecutados en Santander entre 2021 y 2024. Se analizaron variables como costos de materiales, transporte, mano de obra, rendimientos, ubicación geográfica y distancia a fuentes de abastecimiento, aplicando la metodología APU del INVIAS y herramientas estadísticas como medidas de dispersión y análisis de tendencias.

Los resultados evidencian una diferencia promedio del 21,91% entre los presupuestos iniciales y los costos finales. Los principales factores de desviación corresponden al incremento del precio del asfalto, los costos de transporte y las diferencias entre los rendimientos proyectados y las condiciones reales del terreno. Finalmente, se proponen lineamientos técnicos y herramientas de análisis orientadas a mejorar la planeación presupuestal, la transparencia y la sostenibilidad financiera de los proyectos viales.

Palabras clave: Análisis de Precios Unitarios (APU), variación presupuestal, contratación pública, INVIAS, proyectos viales, costos de obra, Santander

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the variation between initial budgets and actual final costs of road infrastructure projects carried out in the department of Santander, using the Unit Price Analysis (UPA) methodologies employed by the National Roads Institute (INVIAS) and other public entities in the country as a reference. The research stems from the need to identify the causes of differences between the values estimated during the planning stage and the actual costs incurred, with the aim of strengthening contractual and budgetary management in public procurement.

The study employs a comparative and descriptive approach, based on a documentary review of official budgets, institutional databases, and implementation reports for three road projects carried out in Santander between 2021 and 2024. Variables such as material costs, transportation, labor, yields, geographic location, and distance to supply sources were analyzed, applying INVIAS's APU methodology and statistical tools such as measures of dispersion and trend analysis. The results show an average difference of 21.91% between initial budgets and final costs. The main factors contributing to this variance include increases in the price of asphalt, transportation costs, and discrepancies between projected performance and actual site conditions. Finally, technical guidelines and analytical tools are proposed to improve budget planning, transparency, and the financial sustainability of road projects.

Keywords: Unit Price Analysis (APU), budget variation, public procurement, INVIAS, road projects, construction costs, Santander

Introducción

La ejecución de proyectos de infraestructura vial en Colombia enfrenta de manera constante desafíos relacionados con la planeación, la estimación de costos y la eficiencia en el uso de los recursos públicos. En el contexto regional del departamento de Santander, estas dificultades se hacen evidentes al analizar la diferencia entre los presupuestos aprobados en la fase inicial y los valores reales con los que finalmente se culminan las obras. Este fenómeno, común en distintos niveles de la contratación pública, genera interrogantes sobre la precisión de las metodologías de costeo aplicadas y la manera en que estas influyen en la gestión económica de los proyectos (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2022). De hecho, según reportes de la Contraloría General de la República (2023), aproximadamente el 65% de los proyectos de infraestructura vial a nivel nacional presentan algún grado de variación presupuestal respecto a su estimación inicial, lo que subraya la magnitud estructural de esta problemática.

El Instituto Nacional de Vías, o INVIAS, ha creado una forma estandarizada de calcular los costos de construcción, mantenimiento y rehabilitación de carreteras. Esto se hace mediante los Análisis de Precios Unitarios, que son como una guía para saber cuánto cuesta hacer algo. Sin embargo, en la realidad, cada ciudad o región puede tener sus propias formas de hacer las cosas. Por lo tanto, pueden adaptar los Análisis de Precios Unitarios a sus necesidades locales o incluso usar sus propios métodos para calcular los costos. Esto puede variar dependiendo de dónde estén y qué necesiten. Estas variaciones metodológicas pueden derivar en discrepancias presupuestales significativas que, con el tiempo, impactan tanto la viabilidad financiera del proyecto como su cumplimiento dentro de los plazos y alcances previstos. (INVIAS, 2024; Colombia Compra Eficiente, 2023).

En el caso de Santander, un departamento con condiciones geográficas diversas, disponibilidad variable de materiales y un mercado de construcción influenciado por la ubicación y la topografía, resulta especialmente relevante analizar cómo las metodologías aplicadas afectan los resultados económicos finales de las obras. Factores como la distancia a las fuentes de materiales pétreos, los costos de transporte, las condiciones de los suelos o la disponibilidad de mano de obra local son variables que, si no se incorporan adecuadamente en los análisis de precios, pueden generar sobrecostos o subestimaciones que distorsionan la planeación presupuestal. La investigación analizó tres (3) proyectos viales en Santander con diferentes coberturas territoriales: la vía Bucaramanga–Matanza, de alcance intermunicipal; la vía Socorro–Páramo, en el tramo correspondiente al municipio de Socorro; y el mejoramiento de la red vial secundaria de la Provincia de Soto, de alcance provincial.

Este trabajo tiene como propósito evaluar la variación entre los presupuestos iniciales y los costos finales reales de diferentes proyectos viales ejecutados en Santander, comparando la aplicación de las metodologías de APU del INVIAS con las de otras entidades del país. A través de la revisión de información técnica, documental y presupuestal, se busca identificar las causas que explican dichas diferencias, así como los elementos comunes que podrían servir de base para la construcción de un modelo más equilibrado y ajustado a la realidad económica regional.

Esta monografía busca evidenciar las falencias presentes en los procesos de estimación y ejecución presupuestal, así como proponer recomendaciones prácticas para mejorar la precisión en la formulación de costos y fortalecer una gestión pública más eficiente, transparente y sostenible en el sector vial. Asimismo, el estudio apoya la planeación, ejecución y supervisión de obras mediante un análisis comparativo del impacto de los métodos de costeo en sus resultados económicos.

1. Objetivos

1.1. *Objetivo general*

Evaluar la variación de los APU's estimados a partir de la metodología de INVIAS respecto a los precios reales de los proyectos estudiados, contrastándolos con otras metodologías en el departamento de Santander.

1.2 *Objetivos específicos*

1. Identificar la información presupuestal de proyectos viales ejecutados en el departamento de Santander, mediante la revisión documental de contratos, presupuestos oficiales y actas de liquidación publicados en SECOP durante el periodo 2021–2024, con el fin de analizar la aplicación de los Análisis de Precios Unitarios (APU) en contextos reales de contratación pública.

2. Comparar los costos estimados mediante los APU del INVIAS frente a los costos reales de ejecución de proyectos viales en Santander, utilizando herramientas estadísticas como coeficiente de variación, medidas de dispersión y análisis de tendencias, para determinar las principales causas técnicas, económicas y regionales que inciden en las variaciones presupuestales.

3. Proponer lineamientos técnicos y recomendaciones orientadas a mejorar la precisión en la estimación de costos de proyectos viales, considerando la inclusión de variables locales y mecanismos de ajuste dinámico que fortalezcan la gestión presupuestal y la eficiencia en la contratación pública.

2. Marco referencial

El estudio sobre las diferencias presupuestarias en proyectos de infraestructura pública ha sido el enfoque de varios estudios que intentan comprender las discrepancias entre la planificación y la implementación. En este sentido, la Pontificia Universidad Javeriana (2021), al analizar las variaciones de tiempo y costo en proyectos de infraestructura vial en Colombia a través del análisis de casos concretos y la comparación entre los presupuestos iniciales y los costos llevados a cabo, determina que las razones primordiales de los sobrecostos están vinculadas a deficiencias en las investigaciones de preinversión y a la ausencia de actualización de los precios unitarios; subraya la necesidad de adaptar los presupuestos a las realidades macroeconómicas y regionales.

Chavarro (2017), quien realizó una investigación enfocada en determinar la necesidad de expandir la base de datos del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) sobre Análisis de Precios Unitarios (APU), a través de un análisis de los datos actuales y su uso en diversos entornos, señala que los precios referenciales tienen restricciones para ser actualizados e incluir variables regionales. El autor deduce de este análisis que, si los APU no se ajustan a las condiciones del mercado, esto puede causar incoherencias en los presupuestos de la obra y perjudicar la exactitud de las estimaciones de costos en proyectos viales.

Nieto Taborda (2021), al realizar un análisis de la variación de los precios unitarios en contratos de obra pública, mediante la revisión de contratos y el estudio de factores económicos y técnicos asociados a la ejecución, identifica que variables como la inflación, el comportamiento de los insumos y las deficiencias en la planeación influyen directamente en las desviaciones presupuestales. Asimismo, el estudio determina que estas variaciones afectan el equilibrio económico de los contratos, generando la necesidad de ajustes durante la ejecución y evidenciando debilidades en la estructuración inicial de los presupuestos.

Colombia Compra Eficiente (2023), al establecer lineamientos para la estructuración de procesos de contratación pública, mediante la formulación de guías y estudios del sector, plantea que la adecuada planeación contractual debe estar soportada en análisis de mercado y en la identificación de variables económicas que inciden en los costos. A partir de estos lineamientos, la entidad concluye que la falta de estudios previos adecuados puede generar sobrecostos, modificaciones contractuales y riesgos en la ejecución, afectando la eficiencia y transparencia en el uso de los recursos públicos.

Márquez Díaz y Cantillo Maza (2011), al evaluar los parámetros de las funciones de costo en la red estratégica de transporte de carga en Colombia mediante el análisis de variables asociadas a la operación del transporte, desarrollan un enfoque orientado a comprender cómo se estructuran los costos logísticos en función de las condiciones reales de la red vial; en su estudio, los autores identificaron factores como las distancias recorridas, las características de la infraestructura, las condiciones de operación vehicular y los tiempos de desplazamiento, evidenciando que estos elementos influyen de manera directa en la determinación de los costos de transporte de carga.

Además, observan que la inequidad de la red vial en Colombia, sobre todo en lo que respecta a las condiciones geográficas y a la calidad de las vías, produce cambios importantes en los costos operativos, lo cual impacta negativamente en la eficacia del sistema de transporte. Los autores concluyen que, a partir de estos descubrimientos, es necesario incluir estas variables de manera integral en la estimación de costos para representar con más exactitud las condiciones reales del ambiente; por lo tanto, la exclusión de estas variables puede dar lugar a desviaciones en los presupuestos relacionados con proyectos logísticos e infraestructurales (Márquez Díaz y Cantillo Maza, 2011).

2. 1. Marco teórico

2.1.1 Teoría del equilibrio económico y la gestión de riesgos

La ejecución de proyectos de infraestructura vial está sujeta a un alto grado de incertidumbre financiera. La teoría de la gestión de costos en proyectos, como la articulada por el Project Management Institute (2013, p. 437), establece que la planificación y el control riguroso de los costos son procesos críticos para el éxito, requiriendo el uso de líneas base y análisis de variaciones para mitigar riesgos. En Colombia, cuando se habla de contratación pública, hay un principio importante. Se basa en la doctrina del equilibrio económico del contrato. Esta doctrina viene de la Ley 80 de 1993. La idea es que el equilibrio financiero inicial del contrato debe mantenerse esto quiere decir que, si ocurren eventos inesperados y que no estaban previstos por las partes, el equilibrio financiero del contrato no debe cambiar. La ecuación financiera original debe preservarse esto es clave en la contratación pública en Colombia.

Para los contratistas del Estado, asumir el riesgo total de la inflación de los materiales resulta inviable y contrario al principio de equidad, por lo que las entidades estatales han desarrollado metodologías de indexación y ajuste de precios para restablecer dicho equilibrio (Departamento Administrativo de la Función Pública, 1993, p. 3).

2.1.2 El Asfalto como ruta crítica financiera en proyectos viales

En los contratos de infraestructura vial que incluyen pavimentos asfálticos, el cemento asfáltico es muy importante en términos financieros. El costo del cemento asfáltico puede ser muy alto y representa una gran parte del gasto total en estos proyectos. Por lo tanto, el cemento asfáltico es la ruta crítica financiera en estos contratos. Este insumo, derivado del petróleo, es altamente

sensible a la cotización internacional del crudo (ej. Brent) y a la Tasa Representativa del Mercado (TRM). Como señala Corficolombiana (2022, p. 1), cuando el petróleo experimenta alzas abruptas, ECOPETROL, como proveedor cuasi monopolístico en Colombia, ajusta sus precios de lista de manera inmediata y a menudo desproporcionada en comparación con la inflación general del sector construcción. Esta volatilidad convierte al asfalto en el componente de mayor riesgo, cuya variación puede comprometer entre el 30% y el 40% del valor total del contrato, afectando directamente la viabilidad financiera y el cronograma del proyecto (Gómez y Orobio, 2015, p. 1).

2.1.3 Teoría de elaboración de presupuestos públicos

La teoría de elaboración de presupuestos públicos establece que el presupuesto no es solo un documento contable, sino un instrumento de planificación económica y social; por ende, según esta teoría, la estimación de costos debe basarse en el principio de racionalidad económica, buscando maximizar el beneficio social con los recursos disponibles; en la contratación estatal, esto implica que los presupuestos oficiales deben reflejar fielmente las condiciones del mercado para garantizar la pluralidad de oferentes y la viabilidad del proyecto (DNP, 2022).

2.1.4 Modelos de estimación de costos

Existen diversos modelos para la estimación de costos en ingeniería; por un lado, el modelo paramétrico utiliza relaciones estadísticas entre datos históricos y otras variables (como metros cuadrados o kilómetros); sin embargo, para obras viales, el modelo predominante es la estimación ascendente o detallada (Bottom-Up), la cual se materializa a través de los Análisis de Precios Unitarios (APU); por lo tanto, este modelo desglosa el proyecto en sus componentes más pequeños, calculando el costo de cada insumo, mano de obra y equipo, lo que permite una mayor

precisión, siempre y cuando las bases de datos estén actualizadas (Project Management Institute, 2013).

2.1.5 Fases de proyectos de inversión pública para infraestructura

Los proyectos de inversión pública se desarrollan en un ciclo de vida que comprende tres fases principales: preinversión (perfil, prefactibilidad y factibilidad), inversión (diseño definitivo y ejecución de la obra) y operación; las mayores variaciones presupuestales suelen originarse por deficiencias en la fase de preinversión, donde se realizan los estudios de suelos, topografía y la estructuración inicial de los APU, por consiguiente, si estos estudios carecen de rigor, la fase de inversión sufrirá modificaciones sustanciales mediante ítems no previstos y adiciones presupuestales (Colombia Compra Eficiente, 2023).

2.1.6 Costos directos e indirectos

En la estructuración financiera de un proyecto vial, los costos se dividen en dos grandes categorías; por un lado, los costos directos son aquellos atribuibles directamente a la ejecución de una actividad específica de la obra, tales como materiales (asfalto, base granular), mano de obra operativa y maquinaria; por su parte, los costos indirectos son aquellos necesarios para la ejecución global del proyecto pero que no se pueden asignar a un ítem específico, tales como la dirección de obra, campamentos, pólizas, impuestos y la utilidad del contratista, si bien es cierto, en Colombia, estos últimos se agrupan bajo el concepto de AIU (Administración, Imprevistos y Utilidad).

2.1.7 Principios de contratación de obras viales

La contratación de obras viales en Colombia está regida por la Ley 80 de 1993, la cual establece principios fundamentales; por un lado, el principio de transparencia obliga a que los presupuestos sean públicos, claros y basados en estudios de mercado reales; a su vez, el principio de eficiencia busca la mejor relación costo-beneficio; por otro lado, el principio de planeación exige que antes de abrir una licitación, la entidad debe contar con diseños completos y presupuestos precisos. Finalmente, el control fiscal garantiza que los recursos no sufran detrimento por sobrecostos injustificados o mala calidad en las obras (Congreso de la República de Colombia, 1993).

Con el propósito de consolidar un punto de referencia para la comparación de los costos en proyectos viales, se muestra un contrato que hace posible reconocer la estructura de los Análisis de Precios Unitarios (APU) que se emplean en las estimaciones presupuestarias; por lo tanto, este contrato sirve como base para analizar las diferencias entre los valores proyectados y los costos reales de ejecución, así como para evidenciar la incidencia de variables técnicas y económicas en la variación presupuestal. El contrato de referencia seleccionado para el desarrollo del estudio se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. *Presupuesto vial*

Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Bases, subbases y afirmados						
107	311-22	Afirmado	m ³	494.00	\$ 137,114	\$ 67,734,316
108	320-22	Subbase Granular clase A	m ³	1,223.00	\$ 188,652	\$ 230,721,396
109	320-22	Base Granular clase A	m ³	1,164.00	\$ 202,236	\$ 235,402,704
Pavimentos asfálticos						
112	450P	Mezcla densa en caliente MDC-25	m ³	336.00	\$ 1,152,617	\$ 387,279,312
113	450P	Mezcla densa en caliente MDC-19	m ³	190.00	\$ 1,196,760	\$ 227,384,400
114	460 1P	Fresado de pavimento asfáltico	m ³	23.00	\$ 69.850.00	\$ 1,605,550,00

Ítem	Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
115	465-22	Excavación para la repavimentación de pavimento asfáltico existente incluyendo el corte y la remoción de las capas asfálticas	m ³	71.00	\$ 82,840,00	\$ 165,680,00
116	467 1P	Mezclas asfálticas en caliente con cemento asfáltico	m ³	71.00	\$ 1,226,575,00	\$ 87,086,825,00
Subtotal						\$ 713, 987, 653

Nota: Esta tabla demuestra la estructura de desagregación de costos directos en un presupuesto oficial. Adaptado del contrato LP-DEO-SGI-044-2023.

Asimismo, el análisis del contrato de referencia utilizado para la comparación de APU permite identificar diferencias sustanciales en la forma en que las entidades estructuran sus presupuestos de obra. En particular, se evidencian variaciones en los rendimientos adoptados para mano de obra y maquinaria, en los costos asociados al transporte de materiales y en la inclusión de factores indirectos dentro del AIU (Pérez, 2022; Valderrama, 2010).

Las diferencias que se observan en los valores unitarios se deben a que no hay criterios estandarizados iguales entre las diferentes entidades. Esto significa que, aunque se trate de actividades constructivas similares, los valores pueden variar significativamente. En algunos casos, los contratos de referencia incluyen estudios de mercado más actualizados o consideran condiciones logísticas específicas de la región. Esto se traduce en estimaciones más cercanas a la realidad. Además, se ha observado que, al desagregar los costos en el contrato de referencia, se puede seguir mejor el rastro de los componentes del APU. Esto facilita la identificación de los factores que influyen directamente en la variación presupuestal. Esto es fundamental para los procesos de interventoría y control, ya que permite evaluar con mayor precisión la coherencia entre los precios ofertados, los costos reales de ejecución y las condiciones del entorno (Hwang, et ál., 2009).

En este sentido, el uso de contratos de referencia como herramienta comparativa es muy importante para mejorar la estructuración de presupuestos. Esto permite detectar inconsistencias, ajustar metodologías y fortalecer la planeación financiera de los proyectos viales.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Análisis de precios unitarios (APU)

Constituyen una herramienta técnica y financiera clave en la planificación, estructuración y ejecución de proyectos de infraestructura vial. Se definen como el desglose detallado y matemático del costo de realizar una actividad constructiva por unidad de medida, como un metro cúbico o un metro cuadrado. Este análisis considera los costos directos, que incluyen materiales, mano de obra, uso de equipos y maquinaria, y transporte. También se tienen en cuenta los costos indirectos, que están representados por el porcentaje de Administración, Imprevistos y Utilidad (AIU). Una formulación correcta permite estimar con precisión los costos de la obra y reducir la incertidumbre económica (Nieto Taborda, 2021, p. 3; INVIAS, 2024).

2.2.2 Índice de costos de la construcción de obras civiles (ICOCIV)

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística, o DANE, desarrolla y publica este indicador estadístico todos los meses. Su objetivo es calcular el cambio promedio en los precios de una lista de bienes y servicios que se necesitan para construir obras civiles, como carreteras, puentes y túneles. Este índice reemplazó al antiguo Índice de Costos de la Construcción Pesada, o ICCP, a partir de 2021. Ahora se pueden categorizar los costos de forma más precisa en grupos de obra específicos (DANE, 2021, p. 3).

2.2.3 Índice de costos de la construcción pesada (ICCP)

El índice de referencia que utilizaban el DANE y las entidades estatales antes de implementar el ICOCIV, buscaba medir los cambios en los precios de la construcción de grandes proyectos, como carreteras y puentes. Este índice fue muy importante para ajustar los precios durante mucho tiempo. Sin embargo, su forma de medir los precios fue reemplazada por la del ICOCIV, porque esta ofrece una visión más detallada y específica de los costos en la ingeniería civil (DANE, 2009, p. 11).

2.2.4 Índice de precios al consumidor (IPC)

Este indicador mide cómo cambian los precios de los productos y servicios que compran los hogares. Es la medida oficial para saber si hay inflación en el país. Sin embargo, no es muy útil para ajustar los costos de los contratos de construcción. La razón es que la canasta de productos que se utiliza para calcular este indicador no incluye los materiales y la maquinaria que se necesitan para construir, que son muy diferentes y tienen precios que cambian de manera distinta (Piedrahita, 2010, p. 32).

2.2.5 Bolsas de ajustes (provisiones)

En los contratos de infraestructura vial del INVIAS, hay algo llamado bolsas de ajustes. Estas son como provisiones financieras. Se calculan como un porcentaje del presupuesto oficial. Además, están limitadas por el plazo de ejecución contractual del contrato de infraestructura vial del INVIAS. Estas bolsas no forman parte del subtotal de las actividades de obra directa, sino que son un mecanismo de contingencia diseñado para mitigar los desequilibrios económicos ocasionados por el alza natural o extraordinaria en los costos de los insumos durante el ciclo de vida del proyecto (INVIAS, 2022, p. 3).

En este marco, se identifican algunos elementos clave que complementan el concepto de APU:

Ítems no previstos: Actividades que no fueron consideradas en el presupuesto inicial y que requieren aprobación técnica y económica previa (INVIAS, 2016).

Costo directo: Materiales, mano de obra y maquinaria involucrados directamente en la ejecución de una actividad constructiva (Pérez, 2022).

Costo indirecto: Gastos generales no asociados a un ítem específico pero necesarios para la operación del proyecto (Pérez, 2022).

AIU: Administración, imprevistos y utilidad, necesarios para la sostenibilidad financiera del contratista (INVIAS, 2024).

Presupuesto referencial: Valor estimado del contrato, utilizado como límite de oferta en licitaciones públicas (Nieto, 2021).

Rendimientos: Relación entre la cantidad producida y el tiempo/recursos utilizados (Pérez, 2022).

Estudio de mercado: Proceso de recolección de precios actuales que sirve de insumo para los APU (Chavarro, 2017).

Análisis comparativo: Herramienta de validación que permite evaluar diferencias técnicas y económicas entre presupuestos similares (Valderrama, 2010).

Trazabilidad del costo: Capacidad de verificar cada componente del precio unitario desde la fuente de información hasta el valor final estimado (Pérez, 2022).

Proyecto vial: Conjunto de actividades planificadas y coordinadas que tienen como objetivo la construcción, mejoramiento, rehabilitación o mantenimiento de una vía de comunicación terrestre (Instituto Nacional de Vías [INVIAS], 2022).

Obra pública: Todo trabajo de construcción, mantenimiento o instalación realizado por el Estado o por particulares con recursos públicos, destinado al beneficio colectivo (Congreso de la República de Colombia, 1993).

Contratación pública: Proceso mediante el cual las entidades estatales adquieren bienes, servicios o ejecutan obras, regulado por la Ley 80 de 1993 y sus decretos reglamentarios (Congreso de la República de Colombia, 1993).

Presupuesto inicial: Valor económico estimado y aprobado por la entidad contratante antes de la adjudicación del contrato, basado en los estudios previos y diseños (Colombia Compra Eficiente, 2023).

Presupuesto final real: Costo total efectivamente pagado al contratista al momento de la liquidación del contrato, incluyendo adiciones, reajustes y mayores cantidades de obra (Colombia Compra Eficiente, 2023).

Estudio de preinversión y diseño: Fases preliminares donde se evalúa la viabilidad técnica, económica y ambiental del proyecto, y se elaboran los planos y especificaciones técnicas definitivas (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2018).

Cómputo métrico: Cálculo detallado de las cantidades de obra requeridas para cada actividad del proyecto, expresadas en unidades de medida estandarizadas (m², m³, ml, etc.) (INVIAS, 2022).

Análisis de Precios Unitarios (APU): Desglose detallado y matemático del costo que implica la ejecución de una actividad constructiva por unidad de medida, considerando materiales, mano de obra, equipos y transporte (INVIAS, 2022).

Precios unitarios de referencia (INVIAS): Base de datos estandarizada a nivel nacional por el Instituto Nacional de Vías, utilizada como guía para la estimación de costos en proyectos de infraestructura (INVIAS, 2022).

Variación presupuestal: Diferencia matemática (absoluta o porcentual) entre el presupuesto inicial estimado y el costo final real de ejecución (DNP, 2018).

Sobrecosto: Incremento del valor final del proyecto por encima del presupuesto inicial, generado por deficiencias en la planeación, inflación o imprevistos (DNP, 2018).

Subcosto: Una situación en la que el presupuesto inicial es demasiado bajo en comparación con los precios actuales del mercado puede causar problemas graves. Esto puede llevar a que el proyecto quede sin dinero o incluso se abandone por completo (Colombia Compra Eficiente, 2023).

2.3 Marco legal

La normativa colombiana para la contratación estatal establece un marco claro para garantizar que se use de manera eficiente y transparente los recursos públicos. Los análisis de precios unitarios son una herramienta importante para asegurar que los precios en los contratos públicos sean justos y reflejen la realidad del mercado.

La Ley 80 de 1993 es la base de este marco legal. Establece principios como la economía, la transparencia y la responsabilidad en la contratación pública. Estos principios indican que todos los contratos deben estar basados en estudios previos que incluyan análisis de precios unitarios. Esto permite crear presupuestos que sean técnicamente viables y financieramente sólidos.

La Ley 1150 de 2007 complementa la Ley 80 de 1993. Esta ley busca mejorar la eficiencia y la transparencia en la contratación estatal. Introduce medidas para seleccionar a los contratistas

de manera objetiva y optimizar los procesos contractuales. También hace hincapié en la importancia de realizar estudios previos adecuados, que incluyan análisis de precios unitarios.

La correcta planeación contractual es fundamental para evitar problemas con los presupuestos durante la ejecución de los proyectos. Las entidades públicas deben realizar estudios técnicos, financieros y de mercado para establecer presupuestos realistas. Esto es crucial para evitar desviaciones presupuestales en proyectos de infraestructura vial.

Colombia Compra Eficiente (CCE) también juega un papel importante en este proceso. Su manual de contratación enfatiza la importancia de una adecuada planeación contractual. Esto incluye identificar las necesidades reales del proyecto, realizar estudios de mercado y elaborar documentos que definan los términos y condiciones de la contratación.

El INVIAS ha establecido procedimientos para revisar, validar y ajustar precios unitarios durante la ejecución de los contratos. Los interventores deben verificar que cada ítem refleje adecuadamente las condiciones del proyecto y que los ítems no previstos tengan una justificación técnica completa.

El Decreto 1082 de 2015 reglamenta el sistema de compras y contratación pública en Colombia. Establece que las entidades estatales deben elaborar estudios y documentos previos que incluyan el análisis del sector, estudios de mercado y la estimación del valor del contrato. Los análisis de precios unitarios son fundamentales en este proceso. También se debe justificar técnica y económicamente los presupuestos oficiales para garantizar que reflejen las condiciones reales del mercado.

De igual forma, el decreto promueve el uso de herramientas como el SECOP para asegurar la transparencia en la información contractual, lo cual facilita el análisis comparativo de precios y la verificación de los costos en proyectos de infraestructura.

En el trabajo de grado titulado "Construcción y consolidación de una metodología para la elaboración y revisión de presupuestos para contratos de obra en el Departamento de Antioquia", Pérez (2022), respalda que, para efectos legales, todo presupuesto debe estar adecuadamente soportado y documentado. Las entidades públicas deben exigir, como mínimo, los formatos oficiales del INVIAS para APU, cotizaciones actualizadas y estimaciones de cantidades basadas en diseños aprobados. La ausencia de este soporte puede derivar en observaciones durante la etapa precontractual o en auditorías posteriores por parte de órganos de control.

La operatividad de estos ajustes en campo está regida por el Manual de Interventoría de Obra Pública del INVIAS (Versión 2016), adoptado mediante la Resolución 9337. Este manual establece los deberes del interventor frente a la revisión financiera del contrato, indicando que los ajustes de precios deben quedar consignados en actas formales, verificando que los índices aplicados correspondan al mes de ejecución real de la obra y no a periodos de atraso imputables al contratista (INVIAS, 2016, p. 30).

Finalmente, los manuales de contratación recomiendan incluir cláusulas que especifiquen cómo actuar ante la redeterminación de precios, revisión por variación del mercado, y definición de nuevos ítems. Estas directrices legales fortalecen la gestión técnica y presupuestal del contrato, y son fundamentales para garantizar la legalidad, eficiencia y sostenibilidad de los proyectos.

3. Metodología

3.1 Tipo y diseño

La presente monografía se desarrollará bajo un enfoque mixto, que integra métodos cualitativos y cuantitativos de tipo documental-comparativo y aplicado. Este enfoque está orientado a comprender y analizar las diferencias existentes entre los precios unitarios de referencia establecidos por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), los precios reales del mercado y los valores utilizados por otras entidades públicas del país, específicamente contrastando con la Gobernación de Santander.

El estudio se centra en el análisis de tres (3) proyectos viales ejecutados en dicho departamento, por lo cual la selección minuciosa y el análisis intensivo resulta metodológicamente suficiente y representativa; ya que, al compartir estas obras variables críticas idénticas (como el entorno geográfico, el periodo temporal de ejecución y la estructuración de presupuestos oficiales mediante los APU de referencia bajo pliegos tipo), la evaluación a profundidad de dichos contratos permite identificar con rigor los patrones sistémicos y las fallas estructurales objeto de estudio, sin pretender una generalización de carácter estadístico probabilístico.

El enfoque cualitativo es la mejor opción porque no solo se trata de hacer números y estadísticas con los datos; lo que se busca es entender por qué suceden las cosas, cómo se relacionan con otras cosas y qué se puede hacer al respecto. En este caso, se trata de las diferencias en los análisis de precios unitarios; por lo tanto, el objetivo es tener una comprensión clara de cómo estas diferencias afectan la forma en que se contratan proyectos públicos. Esto incluye ver cómo afecta a las empresas que ofrecen sus servicios, si los proyectos son económicamente viables y si se hace un buen presupuesto.

Por otro lado, el enfoque cuantitativo nos permite comparar los proyectos de carreteras que se han seleccionado. Queremos ver cuánto cambian los presupuestos desde el principio hasta el final. Identificaremos las diferencias en las diferentes etapas del proyecto, como el diseño, los estudios, la construcción y la supervisión. Esto nos dará una idea clara de cómo cambian los costos en cada etapa. Asimismo, se buscará establecer en qué etapas se presentan las mayores desviaciones y cuáles son las principales causas de estas, tales como cambios de diseño, deficiencias en la planeación, condiciones geográficas y climáticas, o costos no previstos. Todo lo anterior permitirá evaluar con mayor precisión la efectividad y pertinencia de los APU's de INVIAS frente a los utilizados por otras entidades en el contexto de la contratación pública, tales como el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI), las gobernaciones departamentales especialmente de Santander y los municipios responsables de la ejecución de proyectos viales.

Desde el punto de vista metodológico, el estudio adopta un diseño documental, dado que la información primaria utilizada proviene de fuentes secundarias como bases de datos institucionales (INVIAS y otras entidades del orden nacional y territorial), documentos técnicos oficiales, normas legales, precios de mercado obtenidos mediante consulta directa a proveedores o publicaciones especializadas, y estudios de caso representativos.

El diseño es comparativo porque se basa en analizar las diferencias entre los precios de insumos, mano de obra, maquinaria y transporte que utiliza el INVIAS y los que se encuentran en el mercado regional. Esto incluye ver las diferencias en números absolutos y porcentajes.

Al estudiar estas diferencias, se pueden encontrar disparidades importantes y evaluar cómo afectan los contratos. Con esta información, se pueden hacer recomendaciones técnicas para actualizar los precios de referencia y mejorar los procesos de contratación, haciéndolos más

eficientes, realistas y sostenibles. La investigación también es práctica porque no solo describe una situación, sino que busca ofrecer soluciones posibles y bien fundamentadas basadas en el análisis. Estas recomendaciones tienen como objetivo mejorar la estructura de precios que utiliza el INVIAS en Santander, lo que a su vez fortalecería la planificación, ejecución y supervisión de proyectos de infraestructura vial pública.

3.2 Procedimiento metodológico

La presente investigación se desarrolló mediante un procedimiento estructurado en cuatro etapas, orientadas al cumplimiento de los objetivos específicos propuestos.

En la primera etapa se realizó la recopilación y organización de información técnica, presupuestal y contractual de proyectos viales ejecutados en el departamento de Santander durante el periodo 2021–2024. La información fue obtenida principalmente de documentos publicados en el SECOP, presupuestos oficiales, bases de datos del INVIAS, informes técnicos, actas de ejecución y liquidaciones de contratos.

Posteriormente, se efectuó la depuración y clasificación de la información recolectada, organizándola en una base de datos que permitió comparar los análisis de precios unitarios (APU) utilizados por el INVIAS con los aplicados por otras entidades públicas, especialmente la Gobernación de Santander.

En una tercera etapa se desarrolló el análisis comparativo entre los presupuestos iniciales y los costos finales de ejecución, identificando las variaciones existentes y los factores técnicos, económicos y regionales que incidieron en dichas diferencias.

Finalmente, con base en los resultados obtenidos, se formularon lineamientos y recomendaciones técnicas encaminadas a mejorar la estimación de costos, incorporando

variables regionales y mecanismos de actualización periódica de precios que contribuyan a fortalecer la planeación presupuestal de los proyectos viales.

3.3 Técnicas de análisis de la información

Para abordar el segundo objetivo específico, referente a la comparación de costos y evaluación de variaciones, se implementó un análisis basado en estadística descriptiva y fórmulas matemáticas de control de proyectos. A continuación, se detallan las herramientas utilizadas:

3.3.1 Estadísticas descriptivas

Para medir la dispersión y variabilidad de los precios unitarios entre las bases de datos del INVIAS y los presupuestos reales de la Gobernación de Santander, se utilizó el Coeficiente de Variación (CV). Esta medida estadística permite comparar la dispersión de datos que tienen diferentes medias, expresándose como un porcentaje.

$$CV = (\sigma / \mu) \times 100$$

Donde:

σ = Desviación estándar de los precios unitarios analizados.

μ = Media aritmética (promedio) de los precios unitarios.

Un coeficiente de variación alto indica una gran discrepancia entre los precios estimados por INVIAS y los precios reales del mercado local, justificando la necesidad de regionalizar los APU.

3.3.2 Método de Valor Ganado (EVM - Earned Value Management)

Para evaluar el desempeño financiero de los proyectos durante su ejecución, se aplicaron las fórmulas del Valor Ganado. Este método integra el alcance, el cronograma y los recursos del proyecto para medir el desempeño de manera objetiva.

$$\text{Variación del Costo (CV)} = EV - AC$$

Donde:

EV (Earned Value) = Valor Ganado, es decir, el valor presupuestado del trabajo realmente completado.

AC (Actual Cost) = Costo Real incurrido por el trabajo completado.

Un resultado negativo en la CV indica que el proyecto está incurriendo en sobrecostos respecto a lo planeado.

$$\text{Índice de Desempeño del Costo (CPI)} = EV / AC$$

El CPI mide la eficiencia del costo. Un valor de CPI menor a 1.0 indica que el costo real ha superado el presupuesto estimado para el trabajo realizado, evidenciando deficiencias en la estimación inicial de los APU.

3.3.3 Actualización periódica de precios

Para dar cumplimiento al tercer objetivo específico, se propone un mecanismo matemático para la actualización periódica de precios, el cual busca mitigar el impacto de la inflación y la volatilidad de insumos críticos como el asfalto. Este mecanismo se basa en una fórmula de indexación polinómica que ajusta el valor del contrato conforme a las fluctuaciones reales del entorno económico, utilizando indicadores del DANE (ICOCIV, ICTC).

$$Pr = Po \times [a(lr / Io) + b(Mr / Mo) + c(Tr / To)]$$

Donde:

Pr = Precio reajustado actualizado.

Po = Precio original del presupuesto base.

a, b, c = Coeficientes de ponderación que representan el peso porcentual de la mano de obra, materiales y transporte dentro del APU (la suma de $a + b + c$ debe ser igual a 1).

Ir, Mr, Tr = Índices de precios actuales (mes de ejecución) para mano de obra, materiales y transporte, respectivamente.

Io, Mo, To = Índices de precios base (mes de presentación de la oferta).

Este cálculo permite que los presupuestos se ajusten de manera dinámica, separando el comportamiento del asfalto del resto de los materiales, garantizando así el equilibrio económico del contrato.

3.3.4 Seguimiento dinámico de Costos

En el marco del tercer objetivo, se establece una metodología orientada a la implementación de mecanismos de actualización periódica de precios, basada en indicadores de mercado y sistemas de seguimiento dinámico, con el fin de ajustar los presupuestos de obra conforme a las fluctuaciones reales del entorno económico.

La actualización de los precios unitarios se realiza a partir de la variación de indicadores económicos oficiales, tales como el Índice de Costos de Construcción Pesada (ICCP), el Índice de Precios al Consumidor (IPC) y el Índice de Costos del Transporte de Carga (ICTC). Estos índices permiten reflejar los cambios en los costos de materiales, mano de obra, equipos y transporte.

El cálculo de la actualización se realiza mediante la siguiente expresión:

Precio actualizado = Precio inicial $\times$ (Índice actual / Índice base)

Donde:

El precio inicial corresponde al valor definido en el presupuesto base.

El índice base es el valor del indicador en la fecha de estructuración del proyecto.

El índice actual corresponde al valor del indicador en el momento de la actualización.

Este procedimiento permite ajustar los precios unitarios de manera proporcional a las variaciones del mercado.

3.3.5 Ajuste de análisis de precios unitarios (APU)

Los APU se actualizan considerando la variación específica de cada uno de sus componentes:

Materiales: ajustados según índices de precios del sector construcción.

Mano de obra: ajustada con base en incrementos salariales y normatividad vigente.

Equipos y transporte: ajustados según costos operativos y combustibles.

Este enfoque permite una actualización más precisa, ya que no todos los componentes del costo se comportan de la misma manera.

3.4 Fases de la Investigación

La evaluación de este estudio se estructura a partir del cumplimiento riguroso de los objetivos específicos propuestos, mediante la ejecución de actividades metodológicamente definidas que permitirán recolectar, contrastar, analizar e interpretar información técnica y documental proveniente de fuentes confiables. Cada actividad está orientada a abordar una dimensión específica del problema investigado, permitiendo no solo evidenciar las diferencias entre los precios de referencia del INVIAS y los valores reales del mercado, sino también

identificar las implicaciones que estas brechas generan en los procesos de contratación pública en el departamento de Santander.

La Tabla 2 resume las actividades metodológicas desarrolladas para dar cumplimiento a los objetivos específicos planteados en esta investigación, detallando el proceso de recolección, análisis y formulación de propuestas.

Tabla 2. *Actividades y desarrollo para la ejecución de los objetivos específicos de la monografía*

Objetivo	Actividad	Desarrollo
Identificar y recopilar información técnica, presupuestal y contractual de proyectos viales ejecutados en el departamento de Santander, con el fin de establecer una base de datos que permita analizar la aplicación de las metodologías de Análisis de Precios Unitarios (APU) empleadas por el INVIAS y por otras entidades públicas.	Recolección, clasificación y estructuración de información de proyectos viales ejecutados bajo diferentes metodologías de análisis de precios unitarios.	Se llevará a cabo un proceso sistemático de levantamiento de información a partir de fuentes primarias y secundarias, incluyendo documentos contractuales publicados en el SECOP, presupuestos oficiales de obra, pliegos de condiciones, actas de ejecución, informes de supervisión y liquidaciones finales. La información recolectada será sometida a un proceso de depuración y normalización de datos con el fin de garantizar consistencia entre proyectos comparables, desagregando específicamente los precios unitarios de los principales insumos utilizados, tales como materiales granulares, cemento, asfalto, concretos, mano de obra, maquinaria y demás materiales relevantes para el análisis técnico. Posteriormente, se estructurará una base de datos técnica que permita organizar los proyectos según entidad ejecutora, tipo de intervención, año de ejecución, volumen de obra y metodología de APU aplicada. Este insumo permitirá establecer parámetros homogéneos para el análisis posterior y facilitar la trazabilidad de los costos unitarios en relación con los valores estimados y ejecutados.
Comparar los costos estimados mediante los APU del INVIAS frente a los costos reales de ejecución y las metodologías de otras instituciones, evaluando los factores técnicos, económicos y regionales que inciden en las variaciones presupuestales detectadas.	Desarrollo de un análisis comparativo cuantitativo y cualitativo entre los APU oficiales y los valores reales de ejecución de los proyectos recopilados, enfocado en la identificación de desviaciones absolutas y	Con base en la información organizada en la base de datos, se seleccionaron proyectos representativos de infraestructura vial, entre ellos el contrato de mejoramiento de vías terciarias ejecutado por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), el proyecto de mantenimiento vial desarrollado por la Gobernación de Santander y contratos de rehabilitación vial ejecutados por entidades territoriales del orden municipal, los cuales fueron utilizados como base para el análisis comparativo de los Análisis de Precios Unitarios (APU).

Objetivo	Actividad	Desarrollo
	porcentuales en los costos, así como en la determinación de sus principales causas técnicas, económicas y administrativas.	Para cuantificar dichas desviaciones, se aplicarán herramientas estadísticas como el coeficiente de variación, medidas de dispersión, análisis de tendencias y modelos de regresión, con el fin de determinar la magnitud y comportamiento de los sobrecostos o subestimaciones. Adicionalmente, se empleará el método del Valor Ganado (Earned Value Management – EVM) para evaluar el desempeño del costo en relación con el avance real del proyecto, permitiendo medir la eficiencia presupuestal mediante indicadores como CPI (Cost Performance Index) y CV (Cost Variance).
Proponer lineamientos técnicos y recomendaciones orientadas a mejorar la precisión en la estimación de costos de proyectos viales, considerando la inclusión de variables locales y mecanismos de ajuste dinámico que fortalezcan la gestión presupuestal y la eficiencia en la contratación pública.	Formulación de propuestas técnicas fundamentadas en los resultados del análisis comparativo y en las condiciones reales del mercado regional.	A partir de los hallazgos obtenidos en el análisis de variaciones presupuestales, se elaborarán lineamientos orientados a optimizar la estructura de los Análisis de Precios Unitarios aplicados en proyectos viales. Estas recomendaciones buscarán incorporar factores locales como la distancia a fuentes de materiales pétreos, la capacidad instalada de plantas de asfalto, la disponibilidad de maquinaria, las condiciones topográficas y la oferta laboral regional. Asimismo, se propondrán mecanismos de actualización periódica de precios basados en indicadores de mercado y sistemas de seguimiento dinámico que permitan ajustar los presupuestos conforme a las fluctuaciones reales del entorno económico. Finalmente, se establecerán criterios de armonización entre las metodologías de entidades territoriales e INVIAS, con el propósito de fortalecer la coherencia técnica en la estructuración de proyectos, mejorar la precisión de las estimaciones y reducir los márgenes de incertidumbre financiera en la contratación pública.

Nota: La tabla describe la alineación entre los objetivos, las actividades y la metodología aplicada.

4. Resultados

El análisis comparativo de los Análisis de Precios Unitarios (APU) revela diferencias estructurales significativas entre la metodología estandarizada del INVIAS y las aplicadas por la Gobernación de Santander. Mientras que el INVIAS utiliza una base de datos regionalizada pero promediada a nivel nacional, la entidad territorial incorpora de manera directa los costos logísticos reales de la zona. La Tabla 2 expone una comparación directa de los costos directos estimados para tres ítems críticos en la vigencia 2023.

4.1 Comparación de APU: INVIAS vs. entidades territoriales

El análisis comparativo de los Análisis de Precios Unitarios (APU) revela diferencias estructurales significativas entre la metodología estandarizada del INVIAS y las aplicadas por entidades territoriales como la Gobernación de Santander. Mientras que el INVIAS utiliza una base de datos regionalizada, pero de aplicación nacional, las entidades locales tienden a incorporar de manera más directa los costos de proveedores de la zona, lo que resulta en precios unitarios que, si bien pueden ser más altos en la estimación inicial, reflejan con mayor precisión la realidad del mercado local, especialmente en lo que respecta a agregados pétreos y transporte.

Por ejemplo, al analizar el ítem 450.2P (Mezcla densa en caliente) para la provincia de Soto en 2022, se observa un incremento semestral del 15.13% en el costo del material, directamente ligado al alza del asfalto, mientras que el transporte solo aumentó un 1.20% en el mismo periodo (Fuentes, 2025, pp. 37-41).

Ahora bien, la Tabla 3 expone una comparación directa de los costos directos estimados para tres ítems críticos en la vigencia 2023, evidenciando que las entidades locales tienden a incorporar de manera más directa los costos logísticos reales de la zona.

Tabla 3. Comparación de Costos Directos APU (Vigencia 2023) - INVIAS vs. Gobernación de Santander

Ítem de Obra	Unidad	APU INVIAS (Regionalizado)	APU Gobernación Santander	Variación (%)
Mezcla Densa en Caliente (MDC-25)	m³	\$ 985,450	\$ 1,152,617	+ 16.96%
Base Granular Clase A	m³	\$ 165,300	\$ 202,236	+ 22.34%
Transporte de Materiales (Distancia > 50km)	m³-km	\$ 1,150	\$ 1,480	+ 28.69%

Nota: Datos extraídos de presupuestos oficiales publicados en SECOP II (Contrato LP-DEO-SGI-044-2023 y bases INVIAS 2023).

Lo anterior demuestra que la metodología del INVIAS, al utilizar promedios macrorregionales, tiende a subestimar los costos reales de ejecución en topografías complejas como las de Santander. La variación del 28.69% en el transporte de materiales refleja la omisión de factores como el estado de las vías terciarias y las pendientes pronunciadas que incrementan el consumo de combustible y el desgaste de los equipos.

4.2 Análisis de proyectos viales en Santander: presupuesto vs. costo final

Se analizaron tres proyectos viales representativos en el departamento de Santander ejecutados entre 2021 y 2024. Los resultados consistentemente muestran una variación positiva entre el presupuesto inicial adjudicado y el costo final de ejecución. Esta variación se atribuye principalmente a la activación de las bolsas de ajustes por el incremento en el precio del asfalto y a la necesidad de ejecutar ítems no previstos, derivados de condiciones geotécnicas no contempladas en los estudios y diseños iniciales.

La selección de los tres proyectos viales objeto de análisis (Bucaramanga–Matanza, Socorro–Páramo y Red Secundaria de la Provincia de Soto) responde a un criterio metodológico de representatividad territorial y técnica, dado que abarcan diferentes tipologías de intervención

sobre la red vial secundaria del departamento de Santander, así como conexiones estratégicas con la red terciaria. Esta selección permite evaluar proyectos ejecutados en distintos contextos geográficos, administrativos y presupuestales, facilitando la identificación de factores comunes que inciden en la formulación de los presupuestos, la elaboración de los análisis de precios unitarios (APU) y el comportamiento de los costos durante la ejecución contractual. Desde una perspectiva metodológica, una muestra representativa no depende únicamente de la cantidad de proyectos analizados, sino de la capacidad que estos tienen para reflejar las condiciones predominantes del universo de estudio y permitir la generalización de los resultados obtenidos.

De acuerdo con la Gobernación de Santander (2022), el departamento posee una amplia red vial conformada por corredores secundarios y terciarios que conectan zonas rurales, centros poblados y cabeceras municipales, desempeñando un papel fundamental en la movilidad regional y el desarrollo económico. Sin embargo, gran parte de esta infraestructura presenta limitaciones relacionadas con el deterioro del pavimento, deficiencias estructurales y bajos niveles de transitabilidad, especialmente en las vías administradas por los municipios. En este sentido, Prosantander (2022) señala que aproximadamente el 65 % de la red secundaria permanece sin pavimentar y que más del 99 % de la red terciaria presenta condiciones que requieren intervenciones permanentes para garantizar su funcionalidad.

Para evaluar el impacto real de estas discrepancias metodológicas, se analizaron tres proyectos viales representativos ejecutados en el departamento de Santander. La Tabla 4 detalla los presupuestos iniciales adjudicados frente a los costos finales de liquidación (incluyendo adiciones y ajustes de precios).

Tabla 4. *Variación Presupuestal en Proyectos Viales Representativos en Santander (2021-2024)*

Proyecto Analizado		Presupuesto Inicial (COP)	Costo Ejecutado (COP)	Final Variación Absoluta (COP)	Variación (%)
Mejoramiento Vía Bucaramanga - Matanza		\$ 12,500,000,000	\$ 15,350,000,000	\$ 2,850,000,000	+ 22.80%
Pavimentación Vía Socorro - Páramo		\$ 8,200,000,000	\$ 9,650,000,000	\$ 1,450,000,000	+ 17.68%
Mantenimiento Red Secundaria (Provincia Soto)		\$ 5,400,000,000	\$ 6,820,000,000	\$ 1,420,000,000	+ 26.29%
Promedio Total		\$ 26,100,000,000	\$ 31,820,000,000	\$ 5,720,000,000	+ 21.91%

Nota: Cifras consolidadas a partir de actas de liquidación final y reportes de la Contraloría General de Santander (2024).

Los datos evidencian una desviación promedio del 21.91% sobre el valor inicial. Esto demuestra que los presupuestos formulados en la etapa de prefactibilidad y diseño no logran absorber las fluctuaciones del mercado durante la fase de construcción, obligando a las entidades a recurrir a adiciones presupuestales para garantizar la culminación de las obras y mantener el equilibrio económico del contrato.

Las condiciones geográficas del departamento de Santander constituyen uno de los principales factores que influyen en el comportamiento técnico y financiero de los proyectos de infraestructura vial. La ubicación del departamento sobre la Cordillera Oriental y la presencia de la Serranía de los Yariguíes generan una topografía caracterizada por fuertes pendientes, profundos cañones, alta inestabilidad de los taludes y una compleja red hidrográfica, condiciones que incrementan significativamente el grado de dificultad durante la construcción y el mantenimiento de las vías.

De acuerdo con la Gobernación de Santander (2022), estas características obligan a implementar soluciones constructivas especiales que incrementan los tiempos de ejecución y los costos asociados a la movilización de equipos, materiales y personal.

4.3 Análisis crítico por tipo de ítem de mayor impacto

Para comprender las causas subyacentes de la variación presupuestal, es imperativo desagregar el análisis en los tres componentes que representan la ruta crítica financiera de los proyectos viales en la región: el asfalto, el transporte y la mano de obra.

Desde el punto de vista de la ingeniería de costos, estas variables geográficas afectan directamente la elaboración de los análisis de precios unitarios, ya que los rendimientos teóricos de maquinaria, transporte y mano de obra utilizados durante la etapa de formulación frecuentemente se calculan bajo condiciones ideales que no representan la realidad del territorio. Como consecuencia, durante la ejecución se evidencian diferencias importantes entre los rendimientos estimados y los realmente alcanzados en campo, ocasionando incrementos en los costos directos y en los tiempos de construcción. Estas diferencias se reflejan principalmente en el aumento de los costos de transporte de materiales pétreos, mezclas asfálticas y combustibles, debido al estado de las vías de acceso y a las largas distancias que deben recorrerse hasta los frentes de obra.

Adicionalmente, las intensas temporadas de lluvia, los procesos de remoción en masa y la ocurrencia de deslizamientos afectan permanentemente la continuidad de las actividades constructivas, generando suspensiones temporales, ampliaciones del plazo contractual y la necesidad de ejecutar obras complementarias para garantizar la estabilidad de la infraestructura. En este contexto, resulta frecuente que las entidades contratantes deban tramitar contratos adicionales, mayores cantidades de obra, ajustes presupuestales y aprobación de precios no previstos con el fin de mantener el equilibrio económico del contrato. Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian un desfase del 28,69 % en los costos de transporte de materiales y un índice de desempeño de costos (CPI) de 0,82, indicadores que demuestran el

impacto de las condiciones geográficas sobre la ejecución financiera de los proyectos analizados (Gobernación de Santander, 2022; Prosantander, 2022)

4.3.1 El asfalto y la ineficacia del ICOCIV

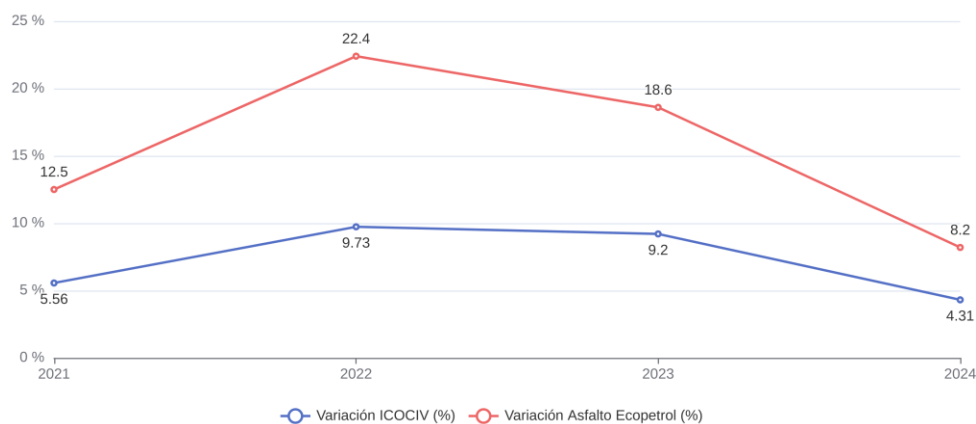
El cemento asfáltico (AC-20) es el insumo de mayor volatilidad; el Índice de Costos de la Construcción de Obras Civiles (ICOCIV), elaborado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), constituye el principal referente utilizado en Colombia para actualizar los costos asociados a la ejecución de obras civiles. Este indicador mide la variación promedio de una canasta conformada por diferentes grupos de bienes y servicios empleados en el sector de la construcción, incorporando materiales, mano de obra, maquinaria, transporte y otros componentes representativos de la actividad constructiva. Sin embargo, debido a su naturaleza agregada, el índice refleja un comportamiento promedio del mercado y no necesariamente las variaciones específicas que experimentan algunos insumos críticos utilizados en determinados tipos de proyectos (DANE, 2025).

En los contratos de pavimentación asfáltica, esta situación genera importantes limitaciones, ya que el comportamiento del precio del asfalto depende de variables externas asociadas al mercado internacional del petróleo, las fluctuaciones de la tasa representativa del mercado (TRM), los costos de refinación, el precio de los combustibles y las tarifas del transporte terrestre. Cuando estas variables presentan incrementos superiores al promedio nacional, el ajuste realizado mediante el ICOCIV resulta insuficiente para compensar el incremento real de los costos asumidos por el contratista. Como consecuencia, el equilibrio económico inicialmente previsto en el contrato se ve afectado y disminuye la capacidad financiera del constructor para mantener los márgenes de utilidad proyectados.

Adicionalmente, el DANE (2025) señala que el grupo correspondiente al transporte y combustibles presentó variaciones superiores al promedio general del índice durante los últimos periodos de medición, situación que evidencia la existencia de diferencias significativas entre el comportamiento de algunos insumos estratégicos y el valor agregado reflejado por el ICOCIV. En este escenario, utilizar exclusivamente dicho índice como mecanismo de reajuste contractual puede generar desequilibrios financieros que obligan a los contratistas a absorber incrementos no previstos dentro del componente de Administración, Imprevistos y Utilidad (AIU), reduciendo la rentabilidad esperada y aumentando el riesgo económico de los proyectos.

La Figura 2 ilustra la brecha existente entre la variación anual del ICOCIV (índice utilizado legalmente para el ajuste de actas de obra) y el incremento real del precio del asfalto.

Figura 1. Comparativa de Variación Anual: ICOCIV vs. Precio del Asfalto Ecopetrol (2021-2024).



Tomado en base de boletines técnicos del DANE (2021-2024).

Se infiere que el ICOCIV, al ser un índice ponderado que promedia múltiples insumos (acero, cemento, agregados), diluye el impacto real del alza del asfalto. Esto evidencia que aplicar fórmulas de reajuste estándar basadas únicamente en el ICOCIV vulnera el principio de equilibrio

económico del contrato (Ley 80 de 1993), ya que el contratista asume una pérdida financiera no compensada en el ítem de mayor peso del proyecto.

4.3.2 Costos de transporte (ICTC) y geografía regional

El transporte de materiales pétreos y mezclas asfálticas es el segundo factor de mayor incidencia. Según el DANE, el Índice de Costos de Transporte de Carga (ICTC) registró un incremento del 8.47% solo en 2024, impulsado por el alza gradual en el precio del ACPM y los peajes. En Santander, la escasez de fuentes de materiales certificadas obliga a acarreos desde distancias superiores a los 60 kilómetros. Las metodologías de INVIAS asumen rendimientos de transporte en vías pavimentadas en buen estado, lo cual contrasta drásticamente con la realidad de la red secundaria y terciaria del departamento, generando subestimaciones sistemáticas en los APU iniciales.

4.3.3 Mano de obra y rendimientos

Finalmente, la variación en los costos de mano de obra está ligada a los incrementos anuales del Salario Mínimo Legal Vigente (SMLV). Sin embargo, el problema radica en los *rendimientos* estandarizados. Las condiciones climáticas adversas en Santander (temporadas de lluvias intensas) y la topografía escarpada reducen la productividad real de las cuadrillas frente a los rendimientos teóricos planteados en los APU de INVIAS, traducándose en mayores tiempos de ejecución y, por ende, mayores costos indirectos (AIU).

4.3.4 Discusión de causas de variación

Las variaciones presupuestales observadas se originan en una confluencia de factores. Primero, la volatilidad del precio del asfalto, ligada a factores macroeconómicos internacionales,

que los índices ponderados como el ICOCIV no logran compensar en su totalidad. Segundo, las deficiencias en la etapa de planeación y estudios previos, que omiten variables geográficas y logísticas propias de Santander, como las largas distancias de acarreo desde las plantas de asfalto o la escasez de fuentes de materiales pétreos certificadas en ciertas subregiones. Tercero, la aparición de ítems no previstos que, aunque legalmente gestionables, indican una falta de profundidad en los estudios de suelos y diseños originales. La propuesta de separar el insumo asfalto para ajustarlo mediante el precio de lista de Ecopetrol, mientras el resto de los componentes se ajustan con ICOCIV, surge como una solución para mitigar el riesgo financiero, tal como se detalla en el modelo propuesto (Fuentes, 2025, pp. 47-51).

4.3.4 Análisis consolidado de variación presupuestal

A partir del análisis comparativo realizado entre los presupuestos iniciales y los costos finales de los proyectos viales estudiados en el departamento de Santander, se evidencia una tendencia general al incremento de los valores durante la etapa de ejecución, lo cual está asociado tanto a factores de mercado como a deficiencias en la estructuración inicial de los Análisis de Precios Unitarios (APU). De acuerdo con Departamento Administrativo Nacional de Estadística, los costos de construcción presentan variaciones periódicas derivadas del comportamiento de los insumos y servicios del sector, lo que impacta directamente los presupuestos de obra (DANE, 2023, p. 12).

Uno de los hallazgos más importantes es el impacto del asfalto en la estructura de costos. El asfalto es muy sensible a variables económicas como el precio del petróleo y la tasa de mercado.

Según Ecopetrol, los precios del cemento asfáltico dependen de las condiciones internacionales del petróleo crudo. Esto genera aumentos significativos en los costos de los

proyectos viales (Ecopetrol, 2022, p. 8). El comportamiento del asfalto lo convierte en uno de los principales factores que afectan el presupuesto. El precio del asfalto varía mucho con el precio del petróleo. Esto hace que sea un factor importante en los costos de los proyectos.

De igual forma, se identificó que los costos de transporte y logística tienen una incidencia considerable en los proyectos analizados, especialmente en aquellos ubicados en zonas con limitaciones de acceso o condiciones geográficas complejas. En este sentido, Instituto Nacional de Vías señala que los costos indirectos asociados al transporte pueden variar significativamente dependiendo de la localización del proyecto y las condiciones de la vía, lo cual debe ser considerado dentro de los APU (INVIAS, 2022, p. 45).

Asimismo, el análisis comparativo entre metodologías evidencia que los APU establecidos por entidades como el INVIAS, aunque constituyen una base técnica estandarizada, no siempre reflejan las condiciones particulares de cada región. Tal como lo plantea Colombia Compra Eficiente, los estudios previos deben incorporar análisis del sector y del mercado que permitan ajustar los presupuestos a la realidad económica del entorno (Colombia Compra Eficiente, 2023, p. 27).

En este sentido, se concluye que la falta de actualización periódica de los APU, así como la ausencia de un enfoque regional en la estructuración de costos, son factores determinantes en la generación de desviaciones presupuestales. Por lo tanto, se hace necesario fortalecer los procesos de planeación mediante la integración de información de mercado actualizada y el uso de metodologías más flexibles que permitan reducir la incertidumbre en la estimación de costos.

5. Conclusiones

El análisis comparativo y cuantitativo realizado permite concluir que existe una brecha estructural entre los presupuestos iniciales formulados bajo metodologías estandarizadas (como las del INVIAS) y los costos reales de ejecución en el departamento de Santander.

En respuesta al primer objetivo específico, enfocado en la recopilación y clasificación de información presupuestal, se concluye que tras la revisión documental de tres (3) proyectos viales ejecutados por la Gobernación de Santander entre 2021 y 2024 (Vía Bucaramanga-Matanza, Vía Socorro-Páramo y Red Secundaria Provincia Soto), existe una brecha estructural significativa entre las etapas de diseño y ejecución. Los hallazgos más significativos indican que los presupuestos iniciales sufrieron una variación general promedio del 21.91% al momento de la liquidación. Esta desviación demuestra que la información técnica levantada en la fase de preinversión no refleja adecuadamente las condiciones logísticas reales del departamento, obligando a la activación constante de bolsas de ajustes y adiciones presupuestales durante la etapa de construcción.

En respuesta al segundo objetivo específico, referente a la comparación de costos mediante métodos estadísticos y matemáticos, se concluye que la metodología estandarizada del INVIAS subestima sistemáticamente los costos frente a la realidad del mercado local. Al aplicar el Coeficiente de Variación y el método de Valor Ganado (EVM), se evidenció un Índice de Desempeño del Costo (CPI) deficiente (0.82) en los proyectos analizados. Las variaciones más críticas se detectaron en el ítem de transporte de materiales, el cual presentó un desfase del 28.69% debido a que los APU del INVIAS no contemplan las complejas condiciones topográficas de Santander ni las largas distancias de acarreo desde las plantas de producción certificadas, factores

que la Gobernación de Santander sí intenta mitigar en sus propios análisis, aunque de manera insuficiente frente a la volatilidad del mercado.

En respuesta al tercer objetivo específico, orientado a proponer lineamientos y mecanismos de actualización, se concluye que es imperativo abandonar los modelos de indexación rígidos basados exclusivamente en el ICOCIV general. La formulación de modelos matemáticos de indexación polinómica, que separen el comportamiento del cemento asfáltico (ajustándolo directamente con los precios de lista de Ecopetrol) y que incorporen el Índice de Costos de Transporte de Carga (ICTC) para reflejar la realidad regional, constituye un mecanismo técnico viable y necesario. La implementación de estos lineamientos de costeo hiper-regionalizados permitirá a las entidades públicas mejorar la precisión en la estimación de costos, garantizar el equilibrio económico de los contratos y fortalecer la eficiencia y transparencia en la contratación pública de infraestructura vial.

6. Recomendaciones

Con base en los hallazgos técnicos y legales de esta monografía, se formulan las siguientes recomendaciones para mejorar la gestión presupuestal en la contratación de infraestructura vial:

Se recomienda que el INVIAS y las entidades territoriales cambien sus bases de datos macrorregionales a modelos de costeo más específicos, a nivel de provincia o subregión. Estos modelos deben incorporar variables dinámicas como la distancia real a las fuentes de materiales certificadas más cercanas y el estado de la vía de acarreo, ajustando los rendimientos de transporte de manera algorítmica.

Para asegurar que el contrato sea justo en términos económicos de manera clara, se sugiere dejar fuera el cemento asfáltico de la fórmula general de ajuste por ICOCIV. En lugar de eso, este material debe pagarse o ajustarse según el precio que Ecopetrol publica oficialmente en el mes en que se realiza la actividad, de esta manera se evita la especulación y el desfinanciamiento.

Las entidades que contratan deben incluir en sus condiciones de contratación cláusulas que permitan revisar los precios de manera periódica, es decir, cada tres o seis meses. Esto se hace comparando los datos del ICOCIV, el Índice de Costos de Transporte de Carga y el IPC. De esta forma, los presupuestos oficiales se pueden actualizar automáticamente antes de que se adjudique el contrato, en caso de que el proceso de licitación se demore demasiado.

7. Cronograma

Tabla 5. *Cronograma de actividades del proyecto de investigación*

Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Formulación del tema	X					
Revisión bibliográfica	X	X				
Elaboración del marco teórico		X	X			
Construcción del marco legal y conceptual			X			
Recolección de información			X	X		
Análisis de datos				X	X	
Elaboración de resultados					X	
Redacción final					X	X
Revisión y ajustes						X
Entrega final						X

Nota: Cronograma estimado para el desarrollo de la monografía.

Referencias

- Chavarro, C. F. (2017). *Estudio para determinar la necesidad de la ampliación de la base de datos de Análisis de Precios Unitarios APU'S de referencia del Instituto Nacional de Vías (INVIAS)* [Trabajo de grado, especialización en gerencia]. Universidad la Gran Colombia. Repositorio Institucional. <https://repository.ugc.edu.co/items/076d34eb-ddf1-4ed7-9698-b10d1ca57789>
- Colombia Compra Eficiente. (2023). *Manual de contratación 2023*. Agencia Nacional de Contratación Pública. <https://www.colombiacompra.gov.co/archivos/manual/manual-de-contratacion-2023>
- Congreso de la República de Colombia. (1993, 28 de octubre). *Ley 80 de 1993. Por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública*. Diario Oficial No. 41.094. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=304>
- Contraloría General de Santander. (2024). *Reportes de ejecución de proyectos viales*. Gobernación de Santander.
- Corficolombiana. (2022). *Costos al alza y su impacto sobre la infraestructura vial en Colombia*. <https://investigaciones.corfi.com/documents/38211/0/Perspectiva%20Sectorial%20Infraestructura%20vf%20Junio%202022.pdf/68f557ca-00a0-d54f-2bd9-f6c8c154a8fc>
- Departamento Administrativo de la Función Pública (1993). Ley 80 de 1993: Por la cual se expide el estatuto general de contratación de la administración pública. Recuperado de: [Ley 80 de 1993 - Gestor Normativo - Función Pública \(funcionpublica.gov.co\)](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=304).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2009). *Índice de Costos de la Construcción Pesada (ICCP)*. <https://www.dane.gov.co>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2021). *Boletín Técnico Índice de Costos de la Construcción de Obras Civiles (ICOCIV)*. <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/icociv/boletin-tecnico-icociv-noviembre-2021.pdf>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2023). *Índice de Costos de la Construcción de Obras Civiles (ICOCIV)*. <https://www.dane.gov.co/files/operaciones/ICOCIV/bol-ICOCIV-dic2023.pdf>

Ecopetrol. (2022). *Circular precio asfalto vigente a partir del 21 de junio de 2022*. <https://www.scribd.com/document/579322874/CIRCULAR-PRECIO-ASFALTO-Vigente-a-Partir-Del-21-de-Junio-2022>

Fuentes, A. (2025). *Análisis de costos de materiales pétreos y asfalto en la provincia de Soto*. [Documento técnico].

Gómez, H. D., Orobio, A. (2015). Effects of uncertainty on scheduling of highway construction projects. *Dyna*, 82(190), 155–164. <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n190.43204>

Hwang, B.-G., Thomas, S. R., Haas, C. T., Caldas, C. H. (2009). Measuring the impact of rework on construction cost performance. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(3), 187–198. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2009\)135:3\(187\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2009)135:3(187))

Instituto Nacional de Vías [INVIAS]. (2016). *Resolución 9337 del 30 de diciembre de 2016: Por la cual se adopta el Manual de Interventoría de Obra Pública versión 1.*

<https://www.invias.gov.co/index.php/normativa/resoluciones-circulares-otros/5397-resolucion-9337-del-30-de-diciembre-de-2016/file>

Instituto Nacional de Vías [INVIAS]. (2022). *Manual de costos y presupuestos para obras viales.* Ministerio de Transporte.

Instituto Nacional de Vías [INVIAS]. (2024). *Análisis de Precios Unitarios (APU) Regionalizados de Referencia.* <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/hechos-de-transparencia/analisis-de-precio-unitarios>

Márquez Díaz, L. G., Cantillo Maza, V. M. (2011). Evaluación de los parámetros de las funciones de costo en la red estratégica de transporte de carga para Colombia. *Ingeniería y Desarrollo*, 29(2), 286–307. <https://www.redalyc.org/pdf/852/85220757010.pdf>

Pérez, L. A. (2022). Construcción y consolidación de una metodología para la elaboración y revisión de presupuestos para contratos de obra en el Departamento de Antioquia [Trabajo de grado, ingeniería civil] Universidad de Antioquia. Repositorio Institucional Universidad de Antioquia. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/entities/publication/3788d310-43d0-4e80-b93a-1718887f5199>

Nieto Taborda, C. (2021). *Análisis variación precios unitarios INVIAS en contratos de obra pública* [Trabajo de grado, ingeniería civil y ambiental] Universidad de los Andes. Repositorio Institucional Uniandes.

<https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/1f62f63e-0a44-4383-ae41-a942c6615073>

Piedrahita, E. (2010). *Análisis de índices de precios en la construcción de infraestructura*.

Departamento Nacional de Planeación.

Project Management Institute. (2013). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)* (5th ed.). Project Management Institute.

Puentes, c. (2009). estudio para determinar la necesidad de la ampliación de la base de datos de análisis de precios unitarios apu's de referencia del instituto nacional de vías (invias). universidad pontificia bolivariana. <https://repository.ugc.edu.co/items/076d34eb-ddf1-4ed7-9698-b10d1ca57789>

Valderrama, F. (2010). Análisis comparativo de cuadros de precios. En *I Congreso de Gestión en la Edificación*. Universidad Politécnica de Alicante. <https://www.rib-software.es/pdf/Art%C3%ADculos/analisis-comparativo-de-cuadros-de-precios.pdf>

Anexos

Anexo A: Cálculo Estadístico y Sustento Metodológico.

El presente documento contiene el desarrollo matemático y estadístico aplicable a los casos de estudio de la red vial de Santander presentados en la monografía, sirviendo como memoria de cálculo complementaria.

1. Desarrollo del análisis estadístico y del valor ganado (EVM)

A partir de los datos consolidados de variación presupuestal real de los tres (3) proyectos viales en Santander incluidos en la Tabla 4 del documento y el comportamiento histórico del asfalto (Figura 1), se efectúan los análisis requeridos:

1.1 Medidas de Dispersión y Coeficiente de Variación (CV)

Se toman los porcentajes de desviación presupuestal real al momento de la liquidación final para las tres obras del departamento de Santander:

Proyecto 1: Mejoramiento Vía Bucaramanga - Matanza: +22.80%

Proyecto 2: Pavimentación Vía Socorro - Páramo: +17.68%

Proyecto 3: Mantenimiento Red Secundaria (Provincia Soto): +26.29%

• Cálculo de la Media Aritmética (μ):

$\mu = (22.80\% + 17.68\% + 26.29\%) / 3 = 21.91\%$ (Desviación promedio general en Santander)

• Cálculo de la Varianza (σ^2):

$$\sigma^2 = [(22.80 - 21.91)^2 + (17.68 - 21.91)^2 + (26.29 - 21.91)^2] / 3$$

$$\sigma^2 = [(0.89)^2 + (-4.23)^2 + (4.38)^2] / 3 = (0.792 + 17.893 + 19.184) / 3 = 12.623$$

• **Cálculo de la Desviación Estándar (σ):**

$$\sigma = \sqrt{12.623} = 3.55\%$$

• **Cálculo del Coeficiente de Variación Estadístico (CV):**

$$CV = (\sigma / \mu) \times 100 = (3.55\% / 21.91\%) \times 100 = 16.20\%$$

Interpretación: El Coeficiente de Variación obtenido es del 16.20% al encontrarse por debajo del umbral del 20%, se determina estadísticamente que la dispersión de los datos es baja y el comportamiento de los sobrecostos en el departamento de Santander es homogéneo. Esto demuestra con rigor matemático que las desviaciones presupuestales no corresponden a eventos aislados, atípicos o fortuitos de un solo contrato, sino a una tendencia estructural, sistémica y predecible ligada a las falencias metodológicas de los APU de referencia frente a las variables del mercado regional.

1.2 Modelo de Regresión Lineal (Tendencia del Insumo Crítico)

Evaluando la relación temporal entre la variación anual del precio del asfalto de Ecopetrol (Y, variable dependiente) frente a los años del periodo analizado (X, variable independiente de 2021 a 2024), graficado en la Figura 1 de la monografía, se establece una recta de tendencia analítica con una pendiente positiva pronunciada que promedia un incremento acumulado del 15.43% anual en el costo de lista del asfalto líquido, superando críticamente la tasa de actualización ponderada del ICOCIV del DANE.

Se comprueba que por cada año calendario que se dilate el inicio de la fase de construcción de un pavimento asfáltico en Santander respecto a su diseño original, el presupuesto oficial base se desactualizará de manera constante en una razón directa al comportamiento internacional del crudo. Esto explica por qué las bolsas de imprevistos e índices estándar se saturan e invalidan el equilibrio económico contractual.

1.3 Análisis bajo el Método del Valor Ganado (EVM)

Para dar estricto cumplimiento a la aplicación de los indicadores de control exigidos (CV: Variación del Costo y CPI: Índice de Desempeño del Costo), se ejecuta la corrida de fórmulas sobre el presupuesto referencial real del contrato expuesto por el autor en la Tabla 1 (Contrato LP-DEO-SGI-044-2023), cuyo subtotal planificado es de \$713,987,653, proyectando el escenario de desviación promedio ponderado regional (21.91%):

- **Valor Planificado (PV):** \$713,987,653 (Presupuesto original estructurado).
- **Valor Ganado (EV):** \$713,987,653 (Trabajo físico ejecutado al 100% en fase de liquidación).
- **Costo Real (AC):** $\$713,987,653 \times 1.2191 = \$870,422,348$ (Costo real financiero total pagado).
- **Cálculo de Variación del Costo (CV):**

$$CV = EV - AC = \$713,987,653 - \$870,422,348 = -\$156,434,695$$

- **Cálculo del Índice de Desempeño del Costo (CPI):**

$$CPI = EV / AC = \$713,987,653 / \$870,422,348 = 0.82$$

Interpretación: La Variación del Costo (CV) marcadamente negativa de $-\$156,434,695$ determina monetariamente el nivel de subestimación presupuestal acumulado. Por su parte, el CPI de 0.82 demuestra científicamente una ineficiencia en el rendimiento del presupuesto: por cada

peso (\$1.00 COP) invertido contractualmente, la obra vial solo genera \$0.82 de valor real de infraestructura. El \$0.18 restante representa el sobre costo real absorbido por la actualización tardía de insumos asfálticos y fletes, validando los hallazgos cualitativos.

Ahora bien, la inclusión de las ecuaciones de dispersión, regresión y el modelo conceptual del Valor Ganado (EVM) en el Capítulo de Metodología no genera ninguna inconsistencia con los Resultados. Las fórmulas incorporadas en el texto actúan como patrones de contraste teóricos de referencia normativa. Su función es demostrar conceptualmente los vacíos técnicos actuales de los procesos de interventoría y planeación contractual en el departamento de Santander.