

Sistema de cálculo detallado para la estimación de costos unitarios a partir de reajuste de precio para las medidas de mejoramiento de infraestructura vial en el Cantón de Matina conforme a la Metodología iRAP.

ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

CONSTANCIA DE PRESENTACIÓN PÚBLICA DEL TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Sistema de cálculo detallado para la estimación de costos unitarios a partir de reajuste de precio para las medidas de mejoramiento de infraestructura vial en el Cantón de Matina conforme a la Metodología iRAP.

Llevado a cabo por el estudiante:

Solís Cerdas Erick

Carné: 2019162797

Trabajo Final de Graduación presentado públicamente ante el Tribunal Evaluador el lunes 30 de junio de 2025 como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En fe de lo anterior firman los siguientes integrantes del Tribunal evaluador:

TEC | Tecnológico de Costa Rica
Firmado digitalmente por JOSE ANDRES ARAYA OBANDO (FIRMA)
Fecha: 2025.07.03 06:27:09 -06'00'

Dr. Ing. José Andrés Araya Obando
Director de Escuela

ARTURO JOSE GAMBOA SOLIS (FIRMA)
Firmado digitalmente por ARTURO JOSE GAMBOA SOLIS (FIRMA)
Fecha: 2025.07.01 21:28:51 -06'00'

Ing. Arturo Gamboa Solís, MAP
Profesor Guía

MILTON ANTONIO SANDOVAL QUIROS (FIRMA)
Firmado digitalmente por MILTON ANTONIO SANDOVAL QUIROS (FIRMA)
Fecha: 2025.07.01 07:36:31 -06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós, MAE
Profesor Lector

MANUEL ANTONIO ALLAN ZUÑIGA (FIRMA)
Firmado digitalmente por MANUEL ANTONIO ALLAN ZUÑIGA (FIRMA)
Fecha: 2025.07.02 07:25:03 -06'00'

Ing. Manuel Alán Zúñiga, MGP, MBA
Profesor Observador

Resumen

Este proyecto desarrolló un sistema de cálculo para estimar costos unitarios en la implementación de contramedidas de seguridad vial en el cantón de Matina, Costa Rica, bajo la metodología iRAP (International Road Assessment Programme). El objetivo general fue integrar métodos analíticos y sintéticos de reajuste de precios, crear una base de datos actualizable y priorizar intervenciones costo-efectivas que mejoren la infraestructura vial local. Mediante análisis de licitaciones públicas (SICOP), consultas a expertos del sector y recopilación de índices económicos (INEC), se estructuraron costos directos (materiales, mano de obra), indirectos (administración, imprevistos) y reajustes adaptados a fluctuaciones del mercado. Los resultados incluyeron: priorización del 95% de contramedidas viables para Matina, basada en criterios técnicos y financieros municipales, clasificación de costos en rangos (bajo, medio, alto) con márgenes del $\pm 15\%$ sobre valores promedio, y reducción del 15% en costos urbanos versus rurales, derivada de estudios de accesibilidad y oferta local. El sistema mejora la precisión presupuestaria, reduce desviaciones históricas en proyectos y alinea las inversiones con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Se concluye que la integración de iRAP con herramientas locales optimiza la planificación vial, facilita la toma de decisiones informadas promoviendo inversiones sostenibles mediante actualizaciones periódicas y ajustes al contexto socioeconómico.

Palabras clave: Estimación de costos, metodología iRAP, seguridad vial, infraestructura sostenible, reajuste de precios, ODS, gestión municipal.

Abstract

This project developed a cost-calculation system to estimate unit prices for implementing road safety countermeasures in Matina, Costa Rica, following the iRAP (International Road Assessment Programme) methodology. The main objectives were to integrate analytical and synthetic price adjustment methods, build an updatable cost database, and prioritize cost-effective interventions to improve local road infrastructure. Through analysis of public tenders (SICOP), consultations with sector experts, and compilation of economic indices (INEC), direct costs (materials, labor), indirect costs (administration, contingencies), and market-responsive adjustments were structured. Key results included: prioritization of 95% of viable countermeasures for Matina, based on municipal technical and financial criteria; cost classification into ranges (low, medium, high) with $\pm 15\%$ margins from average values; and a 15% reduction in urban costs compared to rural areas, derived from accessibility studies and local supply analysis. The system enhances budgetary accuracy, reduces historical deviations in projects, and aligns investments with the Sustainable Development Goals. It is concluded that integrating iRAP with local tools optimizes road planning, supports informed decision-making, and promotes sustainable investments through periodic updates and socioeconomic context adjustments.

Keywords: Cost estimation, iRAP methodology, road safety, sustainable infrastructure, price adjustment, SDGs, municipal management.

Sistema de cálculo detallado para la estimación de costos unitarios a partir de reajuste de precio para las medidas de mejoramiento de infraestructura vial en el Cantón de Matina conforme a la Metodología iRAP.

ERICK SOLIS CERDAS

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Junio 2025

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Índice de Figuras	6
Índice de Tablas	7
Glosario	8
Resumen Ejecutivo	9
Introducción.....	11
Planteamiento del problema.....	12
Justificación	13
Objetivos de desarrollo sostenible	14
Antecedentes.....	14
Objetivos.....	18
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos	18
Alcance	18
Limitaciones.....	19
Agradecimientos.....	20
Capítulo 1: Marco teórico.....	21
1.1 Metodología iRAP.....	21
1.1.1 Clasificación por estrellas según iRAP.....	21
1.1.2 Planes de inversión	23
1.2 Contramedidas de mejora	23
1.3 Estimación de costos.....	26
1.3.1 Modelos de estimación de costos.....	28
1.3.2 Definición y Elaboración del Presupuesto	29
1.4 Reajuste de precios.....	30
1.4.1 Reajuste de precios por el método sintético.....	30
1.4.2 Reajuste de precios por el método analítico	31
1.4.3 Índices de precios en la construcción.....	32
Capítulo 2: Metodología	33
2.1 Etapa 1: Selección de las contramedidas de iRAP	33
2.2 Etapa 2: Base de datos de los costos unitarios	34
2.3 Etapa 3: Implementación del Reajuste de Precios.	37
Capítulo 3: Resultados y análisis	41
3.1 Etapa 1: Selección de las contramedidas de iRAP	41
3.2 Etapa 2: Base de datos de los costos unitarios	45

3.3 Etapa 3: Implementación del Reajuste de Precios	64
3.3.1 Diseño de un sistema de hojas de cálculo interrelacionadas para la integración, visualización y actualización de tablas de costos unitarios.	89
Conclusiones.....	103
Recomendaciones	104
Referencias bibliográficas	106
Anexos	109

Índice de Figuras

Figura 1. Porcentaje completado de las actividades aplicables al cantón de Matina.	45
Figura 2. Porcentaje de los renglones de pago completos.....	45
Figura 3. Gráfico del Índice de Salarios Mínimos Nominales desde enero 2023 – abril 2025.	85
Figura 4. Gráfico del Índice de Precios de Productos Asfálticos desde enero 2023 – abril 2025.	86
Figura 5. Gráfico del Índice de Precios de Demarcación Vial Horizontal desde enero 2023 – abril 2025.	86
Figura 6. Gráfico del Índice de Precios de Costo de Posesión de Maquinaria desde enero 2023 – abril 2025.	87
Figura 7. Gráfico del Índice de Precios de Cemento Hidráulico desde enero 2023 – abril 2025.	88
Figura 8. Gráfico del Índice de Precios de Lastres desde enero 2023 – abril 2025.....	89
Figura 9. Matriz de ejemplo de las actividades, costos y reajuste de precios de las contramedidas.	90
Figura 10. Resultado de variación de los costos en los materiales.	91
Figura 11. Resultado de variación de los costos en la mano de obra.	92
Figura 12. Resultado de variación de los costos en el equipo y maquinaria.	92
Figura 13. Resultado de variación de los costos considerando todos los factores.	93
Figura 14. Ejemplo de aplicación de la hoja para la estimación de costos unitarios de una contramedida. ..	101
Figura 15. Opción para exportar archivo en formato CSV para utilizar en la plataforma iRAP.	102
Figura 16. Costos de intervenciones en la plataforma de iRAP.	102

Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación por estrellas de cada 100 metros de vía.	22
Tabla 2. Formato de matriz para formato de listas de pago.	35
Tabla 3. Formato de matriz de la estructura de costos para los renglones de pago. Parte 1.	35
Tabla 4. Formato de matriz de la estructura de costos para los renglones de pago. Parte 2.	35
Tabla 5. Formato de matriz para cálculo de costo de contramedida.	36
Tabla 6. Formato de matriz de costos a partir de la sectorización.	37
Tabla 7. Formato para matriz de tabulación de índices de precio de edificaciones e índices de la construcción. Parte 1.	40
Tabla 8. Formato para matriz de tabulación de índices de precio de edificaciones e índices de la construcción. Parte 2.	40
Tabla 9. Matriz con las características necesarias para los renglones de pago.	48
Tabla 10. Matriz con la estructura de costos y el desglose de los precios unitarios para cada uno de los renglones de pago. Parte 1.	51
Tabla 11. Matriz con la estructura de costos y el desglose de los precios unitarios para cada uno de los renglones de pago. Parte 2.	56
Tabla 12. Matriz con las características necesarias para los renglones de pago en el reajuste de precio.	68
Tabla 13. Matriz con la estructura de costos y los precios unitarios reajustados para cada uno de los renglones de pago. Parte 1.	72
Tabla 14. Matriz con la estructura de costos y los precios unitarios reajustados para cada uno de los renglones de pago. Parte 2.	80
Tabla 15. Matriz de los costos en el sector rural.	95
Tabla 16. Matriz de los costos en el sector urbano.	97

Glosario

A continuación, se muestra una lista de palabras utilizadas a lo largo del proyecto con su respectivo acrónimo:

- Banco Interamericano de Desarrollo. (BID).
- Consejo de Seguridad Vial. (COSEVI).
- Escuela Ingeniería en Construcción. (EICO).
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).
- Instituto Tecnológico de Costa Rica. (TEC).
- Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes. (CR-2020).
- Organización Mundial de la Salud. (OMS).
- Producto Interno Bruto. (PIB).
- Programa de Infraestructura Resiliente y Movilidad Sostenible. (PIREMOS).
- Programa Internacional de Evaluación de Carreteras. (iRAP). (Por sus siglas en inglés International Road Assessment Programme)
- Project Management Body of Knowledge. (PMBOK).
- Sistema Integrado de Compras Públicas. (SICOP).
- Valores Separados por Comas. (CSV).
- Puntaje de calificación por estrellas. (SRS).

Resumen Ejecutivo

El presente Trabajo Final de Graduación propone el desarrollo e implementación de un sistema de cálculo detallado para la estimación de costos unitarios en proyectos de mejoramiento de infraestructura vial en el cantón de Matina, Costa Rica. El sistema se apoya en la integración de los métodos analíticos y sintéticos de reajuste de precios, y está diseñado conforme a los lineamientos de la metodología iRAP (International Road Assessment Programme), reconocida internacionalmente por su enfoque técnico y estandarizado en la evaluación y priorización de medidas de seguridad vial. La propuesta busca aportar una solución técnica, económica y socialmente viable a una de las problemáticas más recurrentes en la gestión de obras públicas municipales: la inexactitud en la estimación presupuestaria.

En la actualidad, la Municipalidad de Matina enfrenta una serie de limitaciones operativas y estructurales que afectan negativamente la eficiencia de su gestión en proyectos viales. Entre estas, destaca el cuidado de un sistema actualizado y sistemático para la estimación de costos unitarios, lo cual ha generado desviaciones presupuestarias, sobrecostos, y dificultades para realizar ajustes financieros ante las fluctuaciones del mercado. Esta situación compromete la capacidad del gobierno local para planificar, priorizar e invertir con criterio técnico en obras que mejoren la movilidad, la seguridad vial y el bienestar de sus habitantes.

Además de la problemática presupuestaria, se identifica una escasa incorporación de herramientas internacionales de evaluación de riesgo y seguridad vial en los procesos de diseño y ejecución de infraestructura. La metodología iRAP, propone una clasificación estandarizada por estrellas que permite evaluar el nivel de seguridad de una vía, y sugiere contramedidas específicas para mitigar los factores de riesgo. Sin embargo, dicha metodología no había sido aplicada sistemáticamente en el cantón de Matina, lo que limitaba la capacidad técnica de la Municipalidad para seleccionar intervenciones con el mayor impacto en la reducción de accidentes viales.

La propuesta del sistema desarrollado en este proyecto, combina las fortalezas de iRAP en términos de priorización de seguridad, con una herramienta local de gestión de costos que permite estimaciones realistas, actualizables y adaptables a las condiciones socioeconómicas del cantón. El objetivo general consistió en desarrollar un sistema de cálculo que facilite la estimación de costos unitarios de forma precisa, permitiendo a su vez reajustarlos periódicamente según los índices de precio oficiales, y alineando dichas estimaciones con los estándares de seguridad vial recomendados por iRAP.

El desarrollo del proyecto se estructuró en tres etapas metodológicas. La primera etapa, consistió en la identificación y selección de contramedidas iRAP pertinentes para la red vial del cantón. De un conjunto de 94 intervenciones propuestas por la metodología, se priorizó el 95% de las medidas potencialmente viables,

tomando en cuenta criterios técnicos, financieros y sociales, con el apoyo de expertos del Instituto Tecnológico de Costa Rica y funcionarios de la Municipalidad de Matina.

La segunda etapa, implicó la elaboración de una base de datos con los precios unitarios de los materiales, mano de obra y servicios involucrados en las contramedidas seleccionadas. Esta base se construyó con información recopilada de licitaciones públicas obtenidas del Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP), así como con presupuestos municipales y datos proporcionados por profesionales del sector público y privado. Los precios fueron actualizados con base en los índices del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) y los índices de Salarios Mínimos Nominales del Banco Central de Costa Rica (BCCR), lo que permitió reflejar la realidad económica del mercado de la construcción al momento del estudio.

La tercera etapa, contempló la integración de un sistema de reajuste de precios mediante hojas de cálculo interrelacionadas que combinan los métodos analíticos y sintéticos definidos por el Reglamento para el Reajuste de Precios en los Contratos de Obra Pública (2006). Esta herramienta permite actualizar los precios unitarios automáticamente en función de los cambios en los índices de insumos específicos (cemento, acero, maquinaria, combustibles, etc.), salarios mínimos del sector construcción y el Índice de Precios al Consumidor (IPC). El sistema fue estructurado para ser de fácil uso por funcionarios municipales, y su diseño modular permite futuras ampliaciones o adaptaciones según nuevos requerimientos.

Los resultados obtenidos permiten evidenciar un aporte significativo al fortalecimiento de la gestión municipal. Se clasificaron las contramedidas en tres rangos de costos (bajo, medio, alto) con márgenes de variación del $\pm 15\%$ respecto al valor promedio. Asimismo, se detectó una reducción promedio del 15% en los costos unitarios de ejecución de obras en zonas urbanas frente a las rurales, debido a factores como la cercanía a proveedores, disponibilidad de insumos y menor complejidad logística. Este hallazgo, ofrece a la municipalidad criterios objetivos para sectorizar y priorizar las inversiones según eficiencia económica y beneficio social.

El sistema también permite mitigar las consecuencias de la inflación y la volatilidad de los precios del mercado, ya que su estructura facilita ajustes automáticos en los presupuestos de obras viales conforme a los cambios del entorno económico. Con ello, se reduce significativamente el riesgo de desfinanciamiento o paralización de proyectos, a la vez que se promueve una gestión financiera más proactiva, transparente y alineada con buenas prácticas internacionales.

Este proyecto, contribuye directamente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. Su impacto se extiende más allá del plano técnico y económico, al ofrecer herramientas concretas para mejorar la seguridad vial, salvar vidas, fomentar el desarrollo local y fortalecer las capacidades institucionales de los gobiernos locales.

Entre las principales conclusiones, se destaca que la integración de herramientas internacionales como iRAP con modelos locales de gestión de costos representa una estrategia efectiva para elevar la calidad técnica de la planificación vial. Asimismo, el diseño de un sistema flexible y actualizable responde a las necesidades

prácticas de los gobiernos locales, en particular aquellos con limitaciones presupuestarias o escasa capacitación técnica. Este enfoque adaptativo, facilita la implementación progresiva de estándares internacionales en contextos municipales, lo cual representa un avance sustantivo en materia de gestión pública.

Se recomienda que la Municipalidad de Matina institucionalice el uso del sistema propuesto en sus procesos de planificación presupuestaria y contratación de obras. Asimismo, se sugiere capacitar al personal técnico en el uso del sistema y promover la actualización constante de la base de datos, incorporando datos de nuevas licitaciones, precios de referencia y criterios técnicos.

Finalmente, se concluye que este proyecto ofrece un apoyo tangible a la profesionalización de la gestión de infraestructura vial en gobiernos locales costarricenses. Al unir el enfoque técnico del análisis de costos con la visión preventiva de la seguridad vial, se sientan bases sólidas para una inversión pública más eficiente, equitativa y orientada al desarrollo sostenible.

Introducción

El presente Trabajo Final de Graduación surge como respuesta a una problemática identificada en la Municipalidad de Matina, relacionada con la carencia de un sistema adecuado y actualizado para la estimación de costos unitarios en proyectos de infraestructura vial. Esta situación ha provocado desviaciones presupuestarias, limitaciones en la planificación y ejecución de obras, y dificultades para responder de manera oportuna a las condiciones cambiantes del mercado de la construcción. Ante este panorama, se plantea como objetivo central el desarrollo de un sistema de cálculo detallado que permita realizar estimaciones más precisas, eficientes y adaptables, mediante la integración de metodologías analíticas y sintéticas de reajuste de precios, conforme a lo establecido en el Reglamento para el Reajuste de Precios en los Contratos de Obra Pública de Costa Rica.

Como complemento técnico, el proyecto incorpora la metodología iRAP (International Road Assessment Programme), reconocida internacionalmente por su enfoque estandarizado en la evaluación de riesgos viales. Esta metodología permite identificar, priorizar e implementar contramedidas de seguridad vial, lo que contribuye directamente a la reducción de siniestros de tránsito y al mejoramiento de la seguridad de los usuarios. La combinación de esta metodología con herramientas locales de estimación de costos permite fortalecer la toma de decisiones técnicas y financieras en la inversión pública municipal.

La solución desarrollada consiste en un sistema de hojas de cálculo interrelacionadas que permiten calcular, ajustar y actualizar los precios unitarios de las intervenciones viales, considerando índices oficiales de

reajuste de precios. Su diseño modular facilita el uso por parte del personal técnico municipal y garantiza su actualización periódica conforme a las condiciones del mercado, siendo adaptable a distintos contextos y escalas de proyecto.

El presente documento se organiza en capítulos estructurados de la siguiente manera: primeramente, se exponen el planteamiento del problema, la justificación del proyecto, los objetivos planteados, los antecedentes y el marco teórico. Seguidamente, se detalla la metodología empleada para el desarrollo del sistema, abarcando las etapas de selección de contramedidas, construcción de la base de datos de precios unitarios e implementación del reajuste de precios. Luego, se presenta los resultados obtenidos y su análisis respectivo. Finalmente, se incluyen las conclusiones y recomendaciones derivadas del proceso de investigación.

En conjunto, esta investigación representa un aporte concreto, aplicable y replicable a la gestión pública municipal, al brindar una herramienta tecnológica y metodológica que fortalece la planificación, presupuestación y ejecución de proyectos viales. Con ello, se pretende no solo mejorar la eficiencia y transparencia en el uso de los recursos públicos, sino también contribuir al desarrollo sostenible, la competitividad local y la seguridad vial en el cantón de Matina.

Planteamiento del problema

En la actualidad, la Municipalidad de Matina enfrenta una problemática significativa en la gestión de sus proyectos de infraestructura vial debido a la ausencia de un sistema preciso para la estimación de costos unitarios. Esta carencia, se traduce en una serie de desafíos que afectan directamente la eficiencia y efectividad de las obras de mejoramiento vial. Entre estos desafíos se encuentran la falta de seguridad vial, la asignación ineficiente de recursos y la dificultad para adaptarse a las fluctuaciones del mercado, la economía y el contexto político. La falta de un sistema robusto y actualizado para la estimación de costos unitarios limita la capacidad de la municipalidad para planificar y ejecutar proyectos de manera óptima, lo que a su vez repercute en la calidad y sostenibilidad de las infraestructuras viales.

Además, la Municipalidad de Matina no ha integrado estándares internacionales de seguridad vial, como la metodología iRAP (International Road Assessment Programme), en sus procesos de planificación y ejecución de proyectos. La ausencia de esta integración limita la capacidad de la municipalidad para implementar medidas de seguridad vial de manera efectiva, lo que incrementa el riesgo de accidentes y compromete el bienestar de la comunidad.

La falta de precisión en la estimación de costos unitarios también tiene implicaciones económicas y financieras. Las desviaciones presupuestarias son comunes en proyectos de infraestructura vial debido a la inexactitud en los cálculos iniciales, lo que puede llevar a la interrupción o cancelación de proyectos. Esto no solo afecta la viabilidad financiera de las obras, sino que también genera un impacto negativo en la confianza de la comunidad y en la capacidad de la municipalidad para gestionar proyectos futuros. La implementación de

un sistema detallado y adaptable para la estimación de costos unitarios es esencial para garantizar la estabilidad financiera y la eficiencia en la asignación de recursos.

En este contexto, el desarrollo de un sistema que integre métodos analíticos y sintéticos de reajuste de precios, junto con estándares internacionales de seguridad vial como iRAP, se presenta como una solución viable para abordar estas problemáticas. Este sistema no solo permitirá una estimación más precisa de los costos unitarios, sino que también facilitará la toma de decisiones informadas y la implementación de contramedidas de seguridad vial prioritarias.

Justificación

La implementación de un sistema preciso y confiable para la estimación de costos unitarios en la Municipalidad de Matina reviste una importancia fundamental por diversas razones. En primer lugar, este sistema permitirá una asignación de recursos más eficiente, lo que se reflejará en la optimización de la ejecución de los proyectos de infraestructura vial. La precisión en la estimación de costos es esencial para prevenir desviaciones presupuestarias que, con frecuencia, comprometen la viabilidad de las obras. De acuerdo con Flyvbjerg (2014), los sobrecostos en proyectos de infraestructura pueden oscilar entre el 20% y el 30%, principalmente debido a la falta de exactitud en los cálculos iniciales. Un sistema que incorpora métodos analíticos y sintéticos de reajuste de precios contribuirá a la elaboración de presupuestos más certeros, fortaleciendo así la estabilidad financiera de los proyectos y maximizando la eficiencia en el uso de los recursos.

En segundo lugar, la adopción de estándares internacionales de seguridad vial, como la metodología iRAP (International Road Assessment Programme), resulta esencial para mejorar los niveles de seguridad en la red vial del cantón de Matina. Estudios como los de iRAP (2020), evidencian que la aplicación de esta metodología contribuye significativamente a la reducción de accidentes y la protección de vidas humanas. Su implementación permitirá a la municipalidad identificar y priorizar contramedidas de seguridad vial efectivas y costo-eficientes, disminuyendo la siniestralidad y elevando el bienestar de la población.

Además, este proyecto tendrá un impacto directo en el desarrollo económico local. Una infraestructura vial robusta facilita la movilidad de personas y mercancías, promueve el comercio y mejora el acceso a servicios esenciales, aspectos que generan beneficios tangibles para las comunidades de la región. Según el Banco Mundial (2018), la inversión en infraestructura vial produce un efecto multiplicador en la economía, impulsando la generación de empleo y el crecimiento económico sostenible. Al combinar una estimación de costos más precisa con la adopción de metodologías reconocidas de seguridad vial, la Municipalidad de Matina fortalecerá la planificación y ejecución de sus proyectos, sentando bases sólidas para un desarrollo integral y duradero en el cantón.

Objetivos de desarrollo sostenible

El proyecto se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas en la Agenda 2030, contribuyendo de manera directa a tres de ellos: ODS 3 (Salud y Bienestar), ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico) y ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura). En primer lugar, en el marco del ODS 3, el desarrollo de una herramienta económica para la estimación de costos unitarios en obras viales, basada en la metodología iRAP, prioriza contramedidas que reducen accidentes y salvan vidas. Al promover mejoras en la infraestructura vial, se generan entornos más seguros y saludables, lo que impacta positivamente en el bienestar de las comunidades beneficiarias (Naciones Unidas, 2015).

En segundo lugar, el proyecto se vincula con el ODS 9 al fomentar la construcción de infraestructuras resilientes, sostenibles y de calidad. Mediante el uso de herramientas avanzadas de análisis de costos y reajuste de precios, se optimiza el diseño y la ejecución de proyectos viales, elevando los estándares de gestión y promoviendo la innovación en el sector. Esto permite un impacto positivo en la infraestructura del cantón de Matina, contribuyendo al desarrollo sostenible de la región (Naciones Unidas, 2015).

Finalmente, el proyecto se alinea con el ODS 8, ya que genera oportunidades laborales en el sector de la construcción y potencia el crecimiento económico local. Una infraestructura vial mejorada facilita la movilidad, impulsa el comercio y mejora el acceso a servicios esenciales, lo que beneficia directamente a las comunidades de la región. Además, la precisión en la estimación de costos garantiza la estabilidad financiera de los proyectos, evitando desviaciones presupuestarias y optimizando la asignación de recursos (Naciones Unidas, 2015).

Antecedentes

Este apartado se desarrolló a partir de una revisión exhaustiva de avances, investigaciones y desarrollos más relevantes que se han realizado hasta el momento en el ámbito de la implementación de medidas de mejoramiento de infraestructura vial, la estimación de costos unitarios y los métodos de reajuste de precios. Esta revisión permitió identificar las tendencias actuales, las metodologías más efectivas y las brechas existentes en el conocimiento, proporcionando una base sólida para el diseño y la implementación del sistema propuesto. Se presenta un análisis detallado de dichos avances, con el fin de contextualizar el proyecto.

La metodología iRAP es reconocida por tener un enfoque minucioso en la detección y en el análisis de riesgos, dando paso a la determinación de contramedidas precisas y eficientes. Este marco analítico favorece la integración de los planes de inversión, ya que identifica las zonas vulnerables y permite una asignación de recursos de manera estratégica para reducir los riesgos y el impacto económico. La combinación de identificar los riesgos mediante la metodología con estrategias de inversión consolida una gestión proactiva y sostenible en proyectos de gran impacto como lo son los proyectos viales.

La metodología Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (por sus siglas en inglés iRAP) fue creada para evaluar y mejorar la seguridad de las carreteras a nivel mundial. Según iRAP (2022), a través

de un enfoque basado en datos, se analizan las carreteras existentes y propone medidas para reducir los riesgos de accidentes, logrando reducir el número de víctimas de accidentes en un 50% mediante intervenciones puntuales en la infraestructura. En México, se llevó a cabo un proyecto donde se implementó la metodología iRAP y el software ViDA-iRAP en un segmento de autopista. De acuerdo con Hurtado (2015), las recomendaciones de contramedidas generadas por el sistema ViDA-iRAP para cada tramo de 100 metros de la carretera ofrecen una base sólida para cuantificar y elaborar el presupuesto del proyecto, permitiendo un alto nivel de detalle en la mejora de la seguridad vial. La integración de iRAP en los procesos de estimación de costos permite no solo garantizar la seguridad de los usuarios de la vía, sino también optimizar la inversión en infraestructura vial.

García et al., (2021) aplicaron el modelo iRAP (International Road Assessment Programme) en carreteras de dos carriles en Ecuador, demostrando su utilidad para evaluar la seguridad vial y proponer contramedidas efectivas. El estudio se centró en dos tramos de carreteras, analizando un total de 25 km, donde se recolectó información mediante el uso del equipo Video VBOX Lite. Los autores destacaron que, a pesar de la complejidad del modelo debido al alto número de variables involucradas, su aplicación en carreteras de dos carriles es factible y proporciona información valiosa para la toma de decisiones en materia de seguridad vial.

Entre los hallazgos más relevantes, se identificaron dos variables no claramente descritas en la documentación oficial del iRAP, lo que sugiere la necesidad de mejorar la claridad y precisión del modelo. A pesar de estas limitaciones, el estudio logró determinar el puntaje de calificación por estrellas (SRS) para los tramos analizados, encontrando que la mayoría de ellos obtuvieron una calificación de una estrella. Sin embargo, con la aplicación de contramedidas seleccionadas, se logró mejorar la calificación hasta dos estrellas, lo que evidencia el potencial del modelo para optimizar la seguridad vial (García et al, 2021).

Al realizar la determinación de las áreas críticas que requieren intervención, la metodología permite priorizar las contramedidas a aplicar, y esto a su vez, requiere de inversiones específicas para su implementación. Es aquí donde la estimación de costos se convierte en una herramienta esencial, ya que permite la cuantificación del gasto necesario para llevar a cabo cada una de las acciones correctivas ajustando los planes de inversión de acuerdo con las limitaciones presupuestarias y las condiciones del mercado. De esta manera, no solo se garantiza una asignación óptima de recursos, sino que se asegura la viabilidad del proyecto haciendo una inversión en seguridad y en la mitigación de riesgos.

En el contexto de la estimación de costos en las etapas iniciales de un proyecto, Roads Cost Estimation (2023) señala que es uno de los problemas cruciales para la sostenibilidad del proyecto, ya que los costos son un componente integral de cualquier contrato de construcción. Además de que la estimación de costos en proyectos de infraestructura vial ha sido históricamente una tarea compleja debido a las múltiples variables involucradas, tales como el costo de materiales, mano de obra, equipo y las variaciones en el mercado. Las metodologías tradicionales de estimación de costos en el sector de la construcción han evolucionado desde enfoques empíricos hasta métodos más sofisticados que incluyen análisis detallados de insumos y procedimientos de construcción. Los sistemas para la obtención de costos unitarios se han convertido en una

herramienta fundamental para asegurar que los presupuestos reflejen de manera precisa los recursos necesarios para completar una obra.

Monteverde et al., (2016) hace referencia al manual para la estimación y seguimiento del costo final de un programa de infraestructura, como una herramienta fundamental en la gestión de proyectos de infraestructura a gran escala, ya que proporciona un enfoque analítico detallado para descomponer los proyectos en partidas o actividades específicas. Esto permite identificar de manera precisa tanto los costos directos como los indirectos, lo que a su vez mejora la exactitud de las estimaciones de los recursos necesarios para cada etapa del proyecto.

Uno de los aspectos más destacados del manual, es la recomendación de utilizar información histórica de proyectos previos para calibrar las proyecciones de costos. Este uso de datos empíricos ayuda a reducir el sesgo en las estimaciones y a generar presupuestos más confiables, adaptados a la realidad del mercado y las condiciones particulares de cada proyecto (Monteverde et al., 2016).

Además, el documento incorpora técnicas analíticas avanzadas, como la simulación de Monte Carlo, que permiten modelar la variabilidad inherente a los costos debido a factores externos (por ejemplo, fluctuaciones en el precio de insumos, cambios en la mano de obra o en la economía en general). Este enfoque estocástico no sólo aporta un valor único de costo, sino que ofrece un rango probable, lo cual es esencial para la toma de decisiones en entornos con alta incertidumbre (Monteverde et al., 2016).

Según Solano (2010), el documento *Análisis y revisión de costos de renglones de pago en obras de infraestructura vial* constituye una referencia fundamental para comprender la estructura presupuestaria de los proyectos viales. En este estudio, el presupuesto se desglosa de manera detallada en distintos renglones de pago, lo que permite identificar con precisión cada partida o artículo como el movimiento de tierras, las obras de arte, la señalización y otros elementos clave y asignarles un costo unitario específico. Este enfoque meticuloso no solo facilita la detección de ineficiencias o desviaciones en la planificación y ejecución de las obras, sino que también resulta esencial para garantizar el control y la transparencia en la gestión financiera de estos proyectos.

También, el estudio destaca la importancia de cuantificar de manera exacta los costos asociados a cada partida, considerando variables fundamentales como la mano de obra, los insumos y el uso de maquinaria. Esta metodología permite, asimismo, comparar presupuestos de proyectos similares y llevar un seguimiento riguroso de las variaciones de costos a lo largo del tiempo. La capacidad para monitorear de forma continua estos costos contribuye a tomar decisiones oportunas que pueden minimizar el riesgo de sobrecostos y optimizar el uso de los recursos, tanto públicos como privados (Solano, 2010).

La investigación de Córdoba (2021) se enfocó en desarrollar un sistema de estimación de costos para la Unidad de Obras Civiles y Servicios Municipales de la Municipalidad de Pococí, con el fin de facilitar el proceso de presupuestación de proyectos. El sistema se basa en el uso de Microsoft Excel y permite calcular los costos de mano de obra, materiales, herramientas y equipo de manera sencilla y rápida.

El sistema fue desarrollado y validado en un proyecto piloto, y se demostró que es capaz de estimar los costos de manera precisa y eficiente. Además, el sistema es fácil de usar y puede ser utilizado por personas sin conocimientos avanzados en Excel. La implementación de este sistema ha contribuido a mejorar la gestión de los proyectos de la Unidad, lo que se ha traducido en ahorros de tiempo y dinero. Se recomienda la implementación de este sistema en otras unidades municipales para mejorar la eficiencia y precisión en la estimación de costos (Córdoba, 2021).

La estimación de costos determina la asignación precisa de recursos en la implementación de contramedidas; Sin embargo, actualizar estos cálculos de forma mensual o anual puede generar un desequilibrio considerable, afectando la estabilidad financiera del proyecto. Este alto costo recurrente subraya la necesidad de establecer un mecanismo de reajuste de precio, que actúe como respuesta estratégica para compensar las variaciones del mercado y la inflación. De esta forma, el reajuste se convierte en un recurso fundamental para asegurar que el presupuesto se mantenga actualizado y acorde a la realidad económica, garantizando la viabilidad y sostenibilidad del proyecto.

El proyecto de investigación elaborado por González (2017), se enfocó en crear una metodología para calcular reajustes de precios en contratos de construcción, respondiendo a la necesidad de una constructora de tener una herramienta eficiente para este proceso complejo. El resultado principal, fue una herramienta práctica en una hoja de cálculo que permite calcular reajustes de precios de forma precisa, considerando factores como índices de precios del Instituto Nacional de Estadística y Censos, salarios mínimos del Ministerio de Trabajo y costos de materias primas. La metodología vincula los reajustes con los avances de obra y los costos totales, facilitando la gestión de costos. La herramienta fue probada en un proyecto piloto para verificar su utilidad y optimizar su funcionamiento.

En la investigación realizada por Arauz Badilla (2023) se identificó la falta de un procedimiento formal y de capacitación específica en reajustes de precios, lo que impidió que estos se gestionaran durante más de una década, a pesar de que se contaba con la documentación necesaria. Para solucionar esta deficiencia, se desarrolló un procedimiento basado en la normativa costarricense, utilizando una hoja de cálculo en Microsoft Excel que integró índices oficiales de precios, como el Índice de Precios al Consumidor, para calcular con precisión los montos de reajuste en cada avance de

La aplicación piloto de la propuesta en el proyecto “Construcción y Equipamiento EBAIS El Roble” demostró su efectividad, permitiendo recuperar montos que, de otro modo, se habrían asumido como pérdida. Gracias a la implementación del procedimiento y la herramienta desarrollada, no solo se optimizó la gestión de información, sino que también se aseguró la correcta aplicación de la normativa vigente, contribuyendo significativamente a la gestión de costos en el sector construcción y garantizando el equilibrio económico en los contratos de obra.

El estudio de Carmona & Hidalgo (2024) desarrolló un sistema de cálculo para estimar costos unitarios en la mejora de infraestructura vial, siguiendo la metodología iRAP. El proyecto buscó optimizar la toma de

decisiones y la asignación de recursos para reducir accidentes en el Municipio de Matina. Además de que incluyó una revisión documental, entrevistas con expertos y el análisis de bases de datos del SICOP. Se identifican 58 actividades clave, logrando obtener costos unitarios en el 83% de ellas. Además, se priorizaron contramedidas viables, destacando mejoras en señalización, pavimentación y seguridad peatonal.

El sistema desarrollado, basado en hojas electrónicas interrelacionadas, permitió actualizar costos conforme a los índices del INEC y facilitó la integración en iRAP. Su implementación mejoró la planificación y sostenibilidad de inversiones viales, contribuyendo a la reducción de accidentes en la región (Carmona & Hidalgo 2024).

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un sistema de cálculo detallado para la estimación de costos unitarios utilizando métodos analíticos y sintéticos de reajuste de precios en la implementación de medidas de mejoramiento de infraestructura vial en el cantón de Matina, conforme a la metodología iRAP.

Objetivos específicos

- Identificar las contramedidas de seguridad vial conforme la metodología iRAP, a través de la selección de aquellas que mejor se adaptan a las condiciones y necesidades específicas de la infraestructura vial del cantón.
- Establecer una base de datos detallada con los precios unitarios de las actividades y elementos que integran las contramedidas seleccionadas, a partir de un análisis exhaustivo de diferentes fuentes de información.
- Implementar un sistema de reajuste de precios basado en métodos analíticos y sintéticos, adaptado a las fluctuaciones de los costos de los insumos y mano de obra a lo largo del tiempo.

Alcance

El alcance de este proyecto comprendió la identificación de contramedidas de seguridad vial para el cantón de Matina, utilizando la metodología iRAP (International Road Assessment Programme). Estas contramedidas se seleccionaron en función de su adaptabilidad a las condiciones y necesidades específicas de la infraestructura vial local, priorizando intervenciones que fueran viables técnica y económicamente para la municipalidad. El enfoque estuvo centrado en medidas que mejoraran la seguridad tanto de peatones como de conductores, considerando las características particulares de la red vial del cantón.

Además, se desarrolló una base de datos que incluyó precios unitarios de costos directos, indirectos, utilidad e imprevistos, necesarios para la elaboración de presupuestos detallados de las contramedidas

seleccionadas. Esta base de datos se construyó a partir de fuentes de información como la base de datos de licitaciones del SICOP, y se organizó mediante una categorización de costos (bajo, medio y alto) y una sectorización geográfica (rural y urbano), alineándose con la metodología iRAP.

Por último, se diseñó un sistema de reajuste de precios mediante una hoja de cálculo electrónica, que integra métodos analíticos y sintéticos para ajustar los costos unitarios según las variaciones del mercado en el contexto económico y político. Este sistema permite una actualización constante de los costos, asegurando que los presupuestos sean precisos y reflejen las condiciones del mercado al momento de su implementación. De esta manera, se garantiza que las contramedidas propuestas sean financieramente sostenibles y adaptables a los cambios en el entorno económico.

Limitaciones

En el desarrollo del proyecto se identificaron varias limitaciones que pudieron afectar la ejecución y los resultados de este. Una de las principales limitaciones fue la identificación de contramedidas, la cual estuvo sujeta a restricciones presupuestarias y técnicas conforme a las necesidades de la municipalidad. Para mitigar este impacto, se propuso la creación de una lista de priorización que permitió seleccionar aquellas contramedidas que la municipalidad pudo implementar dentro de sus capacidades financieras y técnicas.

Otra limitación significativa fue, la dependencia de la base de datos de la disponibilidad de fuentes de información confiables y actualizadas, así como la obtención de precios referenciales necesarios para la realización de los cálculos matemáticos del método analítico. Para abordar estos desafíos, se utilizaron datos del Sistema de Información de Contratación Pública (SICOP), y presupuestos brindados por la Municipalidad de Matina, los cuales permitieron obtener datos cruzados que garantizaron la veracidad y actualidad de la información recopilada. Adicionalmente, se realizaron consultas exhaustivas en los sectores público y privado con el objetivo de obtener costos referenciales precisos de las actividades involucradas en el proyecto, mitigando así el riesgo asociado a la falta de información confiable y actualizada.

Además, tres contramedidas de intervención no han podido ser completadas por diversas razones técnicas y administrativas. Estas contramedidas no realizadas son: la implementación de la banda de alerta sobre acotamiento/berma (ID 77), la provisión de un sendero peatonal informal de más de 1 metro en el lado del copiloto (ID 164) y la provisión de un sendero peatonal informal de más de 1 metro en el lado del piloto (ID 178), ya que tras revisar múltiples licitaciones públicas no se encontraron renglones de pago utilizado por CONAVI ni actividades equivalentes.

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme la fuerza, la salud y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa tan significativa en mi vida. Su presencia ha sido un sustento constante en cada desafío superado.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, quienes han sido el pilar más sólido y constante en mi vida. Su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y su confianza absoluta en mí han sido la base sobre la que construir cada uno de mis logros. Desde pequeño, me enseñaron con su ejemplo el verdadero valor del esfuerzo, la responsabilidad, la honestidad y, sobre todo, la importancia de no rendirse ante las adversidades. Esta meta no es solo mía, también es de ustedes. Gracias por darme las alas para soñar y las raíces para mantenerme firme.

Extiendo un agradecimiento muy especial a mi profesor guía, Ing. Arturo Gamboa Solís, y al Ing. Irving Pizarro, por su valiosa orientación, por compartir conmigo sus conocimientos y por la disposición que mostré en todo momento para acompañarme durante el desarrollo de este proyecto. Su guía fue clave para enriquecer el contenido técnico y metodológico del trabajo, y me permitió adquirir una visión más clara, crítica y profesional sobre el papel de la ingeniería en la realidad nacional. Agradezco sinceramente el tiempo que dedicaron a revisar avances, aclarar dudas y ofrecer observaciones constructivas que me impulsaron a mejorar en cada etapa del proceso.

A los docentes y al personal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, gracias por brindarme una formación académica de excelencia, por inspirarme a crecer como profesional y por sembrar en mí el compromiso de aplicar el conocimiento al servicio de la sociedad.

Mi más profundo agradecimiento también es para mi amiga y novia, Daniela Fallas, quien fue mi mayor apoyo personal a lo largo de todo este proceso. Su compañía constante, sus palabras de aliento y su fe incondicional en mis capacidades fueron esenciales para mantenerme firme incluso en los momentos más retadores. Con amor, paciencia y comprensión, supo acompañarme en el estrés, escucharme cuando lo necesitaba y recordarme el propósito de este esfuerzo. Su apoyo emocional fue una luz en medio del cansancio y la presión, y su presencia, una fuente constante de motivación. Este logro también es suyo, porque gracias a ella tuve la fuerza para seguir adelante. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba de mí mismo.

A mis compañeros y amigos, en especial a Andrea Amigo, Andrés Barrenechea y Josué Pizarro, gracias por acompañarme en los momentos de mayor desafío. Su compañía, colaboración y palabras de aliento hicieron de este camino una experiencia más llevadera y enriquecedora. Compartir esta etapa con ustedes ha sido invaluable.

Este trabajo no representa solo el cierre de una etapa académica, sino también el inicio de una nueva etapa profesional, la cual asumo con entusiasmo y con el compromiso firme de poner en práctica lo aprendido al servicio de mi país.

Capítulo 1: Marco teórico

El marco teórico que sustenta este trabajo se construye a partir de una revisión detallada de los conceptos, metodologías y herramientas fundamentales que permiten comprender y justificar el desarrollo del sistema propuesto. Se abordan temas clave como la metodología iRAP, enfocada en la evaluación y priorización de riesgos viales; las contramedidas de mejora aplicables a la infraestructura; los modelos y técnicas para la estimación de costos unitarios; y los métodos analítico y sintético para el reajuste de precios en obras públicas. Cada uno de estos componentes proporciona los fundamentos técnicos y conceptuales necesarios para el diseño de una herramienta robusta, adaptada a las condiciones locales del cantón de Matina y alineada con estándares internacionales de seguridad vial y gestión presupuestaria.

1.1 Metodología iRAP

Conforme al Manual de Inspección de iRAP (2022), iRAP es una organización sin fines de lucro dedicada a salvar vidas mediante la eliminación de vías de alto riesgo en todo el mundo, utilizando un enfoque robusto y basado en la evidencia para prevenir muertes y sufrimientos innecesarios. Además, iRAP trabaja en colaboración con gobiernos, autoridades viales, clubes de movilidad, bancos de desarrollo y organizaciones de investigación para inspeccionar vías de alto riesgo, desarrollar clasificaciones por estrellas, planes de inversión para vías más seguras y mapas de riesgo. Asimismo, proporciona capacitación, tecnología y apoyo para crear y mantener capacidades a nivel nacional, regional y local, ofreciendo un seguimiento de los resultados en materia de seguridad vial, de modo que los organismos de financiación puedan evaluar los beneficios de sus inversiones.

1.1.1 Clasificación por estrellas según iRAP

Según Salinas (2024), la clasificación por estrellas se basa en información recopilada durante la inspección de carreteras, ofreciendo una medida clara y objetiva del nivel de seguridad "integrado" en la vía para los ocupantes de vehículos, motociclistas, ciclistas y peatones. En otras palabras, evalúa el nivel de seguridad para cada tipo de usuario.

La metodología de iRAP clasifica las carreteras en una escala de 1 a 5 estrellas, basándose en el nivel de seguridad que proporcionan. Las vías más seguras (4 y 5 estrellas) incorporan características de seguridad vial adecuadas para las velocidades de tránsito predominantes, en contraste, las vías de mayor riesgo se clasifican con una estrella. Esto refleja que las carreteras mejor evaluadas (4 y 5 estrellas) cuentan con elementos de seguridad vial apropiados para la velocidad de operación, mientras que las menos seguras (1 y

2 estrellas) presentan deficiencias en su infraestructura, con elementos de seguridad inadecuados o insuficientes para dicha velocidad. (Manual del Plan de Inversión y Clasificación por Estrellas de iRAP, 2023).

De acuerdo con las directrices establecidas en este manual, se define el cálculo de una Puntuación de Clasificación por Estrellas (SRS) para segmentos de 100 metros de carretera, lo que resulta en que una misma vía pueda presentar distintas calificaciones.

La SRS refleja el riesgo relativo de muerte o lesiones graves para un usuario individual de la vía y se determina mediante la siguiente fórmula:

$$SRS = Puntuación\ del\ tipo\ de\ accidente * Factores\ de\ riesgo * (Probabilidad, Gravedad, Velocidad\ operacional, Influencia\ del\ flujo\ externo) \quad (1)$$

Para determinar la categorización de cada tramo de 100 metros de la vía, el manual establece grupos de clasificación por estrellas. En estos grupos, se organizan y distribuyen las puntuaciones obtenidas.

En la siguiente tabla se encuentra la clasificación:

Tabla 1

Clasificación por estrellas de cada 100 metros de vía.

Clasificación por Estrellas	Puntuación de la Clasificación por Estrellas				
	Ocupantes de vehículos y motociclistas	Ciclistas	Peatones		
			Total	A lo largo	Cruzando
5	0 a < 2.5	0 a < 5	0 a < 5	0 a < 0.2	0 a < 4.8
4	2.5 a < 5	5 a < 10	5 a < 15	0.2 a < 1	4.8 a < 14
3	5 a < 12.5	10 a < 30	15 a < 40	1 a < 7.5	14 a < 32.5
2	12.5 a < 22.5	30 a < 60	40 a < 90	7,5 a < 15	32.5 a < 75
1	22.5 +	60 +	90 +	15 +	75 +

Fuente: International Road Assessment Programme. (2023). Manual del Plan de Inversión y Calificación por Estrellas del iRAP. Versión 1.4.

El sistema de clasificación por estrellas es un componente clave dentro de la metodología, ya que ofrece una evaluación clara y accesible sobre el grado de seguridad de una carretera. Esta herramienta no solo sirve para detectar los segmentos con mayores niveles de riesgo, sino que también permite priorizar las inversiones en infraestructura con el objetivo de disminuir los accidentes y proteger vidas. (Manual del Plan de Inversión y Clasificación por Estrellas de iRAP, 2023).

1.1.2 Planes de inversión

El Manual del Plan de Inversión y Clasificación por Estrellas de iRAP (2023), menciona que los planes de inversión consisten en una serie de medidas de seguridad (también conocidas como tratamientos) priorizadas, diseñadas para mejorar de manera costo-efectiva la calificación por estrellas y disminuir los riesgos asociados a la infraestructura vial. Mediante el modelo iRAP, es posible evaluar más de 90 alternativas de mejora para las carreteras, con el fin de proponer inversiones viables y económicas que incrementen la seguridad vial y, en consecuencia, salven vidas. Estos planes se fundamentan en un análisis económico que compara el costo de implementar cada medida con la reducción esperada en los costos derivados de accidentes. Además, incluyen detalles técnicos y de planificación, como datos sobre las características de las vías, sugerencias de tratamientos de seguridad y evaluaciones económicas para cada segmento de 100 metros dentro de una red vial.

1.2 Contramedidas de mejora

Las contramedidas o acciones de mejora consisten en intervenciones de tipo físico, operativo o educativo, cuyo objetivo es reducir la probabilidad de accidentes y mejorar la seguridad vial. Estas medidas incluyen modificaciones en la infraestructura, la implementación de sistemas de señalización más efectivos, el ajuste de los límites de velocidad y la mejora de la iluminación, entre otras. El propósito principal de estas intervenciones es mitigar los riesgos identificados en los estudios de seguridad vial, asegurando la protección de todos los usuarios de la vía, como peatones, ciclistas y conductores (Banco Interamericano de Desarrollo, 2016).

Los datos de las 94 actividades de mejora según la metodología iRAP, se muestran en el cuadro 1:

Cuadro 1. Contramedidas de mejora según iRAP

ID	Nombre	Unidad de costo
1	Mejorar demarcación (Señalamiento horizontal y vertical)	Por km de carril
2	Ciclovía (en vía existente)	Por km
3	Ciclovía (fuera de la vía)	Por km
4	Carril para motocicletas (únicamente logos sobre la vía)	Por km
5	Carril para motocicletas (construir en vía existente)	Por km
6	Carril para motocicletas (segregado/exclusivo)	Por km
7	Realineamiento horizontal	Por km de carril
8	Mejorar señalamiento/ demarcación de curva	Por km de calzada
9	Ampliar/Ensanchar carril (hasta 0.5 m)	Por km de carril
10	Ampliar/Ensanchar carril (>0.5 m)	Por km de carril
11	Carril de giro a la izquierda en intersección 3 ramas sin semáforo	Intersección
12	Carril de giro a la izquierda en intersección de 4 ramas sin semáforo	Intersección

ID	Nombre	Unidad de costo
13	Señalamiento horizontal y vertical en intersección	Intersección
14	Carril de giro izquierdo en intersección de 3 ramas con semáforo	Intersección
15	Carril de giro izquierdo en intersección de 4 ramas con semáforo	Intersección
16	Semaforizar intersección de 3 ramas	Intersección
17	Semaforizar intersección de 4 ramas	Intersección
18	Paso a desnivel en intersección	Intersección
19	Mejoramiento de cruce ferroviario	Unitario
20	Rotonda / Glorieta	Intersección
21	Achurado central (Raya separadora de sentidos de circulación doble y rayas diagonales)	Por km
22	Bandas de alerta centrales / postes flexibles centrales	Por km
23	Carril de giro central a lo largo de toda la vía	Por km
24	Barrera mediana central (sin duplicación de calzada) /Barrera central en vías de más de un carril por sentido	Por km
25	Ampliación/Duplicación de calzada con barrera central	Por km de calzada
26	Ampliación/Duplicación de calzada con una mediana o faja separadora central de hasta 1m de ancho	Por km de calzada
27	Ampliación/Duplicación de calzada con una mediana o faja separadora de 1 a 5m de ancho.	Por km de calzada
28	Ampliación/Duplicación de calzada con una mediana o faja separadora de 5 a 10m de ancho.	Por km de calzada
29	Ampliación/Duplicación de calzada con una mediana o faja separadora de 10 a 20m de ancho.	Por km de calzada
30	Ampliación/Duplicación de calzada con una mediana o faja separadora mayor a 20 de ancho	Por km de calzada
31	Vía lateral o auxiliar / Camino de servicio	Por km
32	Habilitación de tercer carril, más barrera	Por km
33	Implementar un Sólo sentido/Eliminar un sentido del tránsito	Por km de calzada
34	Mejorar infraestructuras existentes para peatones	Unitario
35	Isla de refugio	Unitario
36	Cruce peatonal sin semáforo	Unitario
37	Cruce peatonal con semáforo	Unitario
38	Cruce peatonal - paso a desnivel	Unitario
40	Rehabilitación del pavimento	Por km de carril
41	Eliminación de peligros (árboles, poles, estructuras)- lado del copiloto	Por km lineal

ID	Nombre	Unidad de costo
42	Eliminación de peligros (árboles, postes, estructuras) - lado del conductor	Por km lineal
43	Mejoramiento de taludes y terraplenes laterales - lado del copiloto	Por km lineal
44	Mejoramiento de taludes y terraplenes laterales - lado del conductor	Por km lineal
45	Colocación de barrera de seguridad lateral - lado del copiloto	Por km lineal
46	Colocación de barrera de seguridad lateral - lado del conductor	Por km lineal
47	Pavimentación de acotamiento/berma de lado del copiloto hasta 1m.	Por km lineal
48	Pavimentación de acotamiento/berma de lado del copiloto mayor a 1m.	Por km lineal
52	Restringir / combinar los puntos de acceso directo	Por km
54	Acera/Banquina peatonal de lado del pasajero (adyacente al camino)	Por km lineal
55	Acera/Banquina peatonal de lado del pasajero (separada del camino > 3m)	Por km lineal
56	Revisiones de la administración de la velocidad	Por km de calzada
57	Elementos de aquietamiento del tránsito/Infraestructura para disminuir velocidad	Por km de calzada
59	Realineación vertical (mayor)	Por km de carril
60	Carril de adelantamiento	Por km lineal
61	Mejoramiento de cruce de la mediana	Intersección
62	Eliminar peligros laterales (ciclovías)	Por km
63	Mejoramiento de taludes y terraplenes (ciclovías)	Por km
64	Barreras laterales (ciclovías)	Por km
65	Eliminar peligros laterales en carriles exclusivos de motocicletas lado del copiloto	Por km
66	Mejoramiento de taludes en carriles exclusivos de motocicletas lado del copiloto	Por km
67	Barreras de seguridad laterales en carriles exclusivos de motocicletas lado del copiloto	Por km
68	Revisión de la gestión de velocidad para carriles exclusivos de motocicletas	Por km de calzada
69	Barreras central para carriles de exclusivos de motocicletas	Por km
71	Mejorar fricción en la superficie de rodamiento (vía pavimentada)	Por km de carril
72	Mejorar fricción de la superficie de rodamiento (vía sin pavimentar)	Por km de calzada
73	Pavimentar Superficie de la vía	Por km de carril
74	Alumbrado en tramo carretero	Por km de carril
75	Alumbrado en la intersección	Intersección
76	Alumbrado en cruce peatonal	Unitario
77	Banda de alerta sobre acotamiento/berma	Por km de calzada
78	Mejoras en el estacionamiento	Por km de calzada

ID	Nombre	Unidad de costo
79	Distancia de visión (remoción de obstrucciones)	Por km lineal
80	Cerca para contener peatones/Valla peatonal	Por km de calzada
81	Infraestructura para peatones a desnivel en la vía secundaria	Intersección
152	Cruce peatonal con semaforizado en la vía secundaria	Intersección
153	Cruce peatonal sin semáforo en la vía secundaria	Intersección
163	Acera/Banquina peatonal del lado del copiloto (con barrera)	Por km lineal
164	Provisión de sendero peatonal informal >1m del lado del copiloto	Por km lineal
171	Pavimentación de acotamiento/berma del lado del conductor hasta 1m	Por km lineal
172	Pavimentación de acotamiento/berma del lado de conductor mayor a 1m	Por km lineal
173	Acera/Banquina peatonal del lado del piloto (adyacente a la vía)	Por km lineal
174	Acera/Banquina peatonal del lado del piloto (separada del camino >3m)	Por km lineal
177	Acera/Banquina peatonal del lado del piloto (con barrera)	Por km lineal
178	Provisión de sendero peatonal informal >1m del lado del piloto	Por km lineal
182	Realineamiento (mejoramiento de la distancia de visibilidad)	Por km de carril
186	Implementación de barrera central en vías de un carril por sentido	Por km
187	Eliminar peligros laterales en carriles exclusivos de motocicletas lado del conductor	Por km
188	Mejoramiento de taludes en carriles exclusivos de motocicletas lado del conductor	Por km
189	Barreras de seguridad laterales en carriles exclusivos de motocicletas lado del conductor	Por km
190	Raya ancha separadora de sentidos de circulación doble	Por km lineal
191	Advertencia de zona escolar - señales y marcas en el pavimento	Por km de carril
192	Advertencia de zona escolar - semáforo intermitente en zona escolar	Unitario
193	Advertencia de zona escolar - supervisor o vigilante de cruce escolar	Unitario
194	Cruce peatonal elevado de la superficie de rodado (plataforma peatonal) sin semáforo	Unitario

1.3 Estimación de costos

De acuerdo con Kerzner (2017), la estimación de costos es una predicción de los costos probables de un proyecto, basada en la información disponible en un momento dado. Incluye la evaluación de los recursos necesarios y su valoración económica, así como la consideración de incertidumbres y riesgos asociados.

La identificación y análisis de los elementos de entrada en la estimación de costos es un paso crítico para garantizar la precisión de los cálculos. Esto incluye la recopilación de datos históricos, la definición de los recursos necesarios (como materiales, mano de obra y equipos), y la consideración de factores externos como la inflación, riesgos y condiciones del mercado. Un análisis detallado de estos elementos permite desarrollar estimaciones más confiables y realistas (Kerzner, 2017, p. 569).

Los datos de entrada para la estimación de costos incluyen información detallada como especificaciones del proyecto, planos, cronogramas, listas de materiales, costos unitarios de mano de obra y equipos, tarifas de proveedores, y datos históricos de proyectos similares. Además, factores como la ubicación del proyecto, condiciones del mercado y regulaciones locales también deben ser considerados para garantizar una estimación precisa y completa (Chitkara, 2014, p. 312).

Sumado a los elementos de entrada y salida, se debe considerar las técnicas y las herramientas empleadas, las cuales se pueden encontrar en el PMI (2017) siendo estas de suma importancia para la estimación de costos en la gestión de proyectos, y que se detallan en la Guía de PMBOK (Project Management Body of Knowledge). Dichas técnicas se detallan a continuación:

- Juicio experto: Juicio proporcionado basado en la experiencia en un área de aplicación, área de conocimiento, disciplina, industria, etc., según corresponda a la actividad que se está realizando. Dicha experiencia puede ser proporcionada por cualquier grupo o persona con educación, conocimiento, habilidad, experiencia o entrenamiento especializado.
- Estimación análoga: es una técnica para estimar la duración o el costo de una actividad o un proyecto utilizando datos históricos de una actividad o proyecto similar. La estimación análoga utiliza parámetros de un proyecto previo y similar, como duración, presupuesto, tamaño, peso y complejidad, como base para estimar el mismo parámetro o medida para un proyecto futuro.
- Estimación paramétrica: es una técnica de estimación en la que se utiliza un algoritmo para calcular el costo o la duración basándose en datos históricos y parámetros del proyecto. La estimación paramétrica emplea una relación estadística entre datos históricos y otras variables (por ejemplo, metros cuadrados en construcción) para calcular una estimación de los parámetros de la actividad, como el costo, el presupuesto y la duración.
- Estimación ascendente: es un método para estimar la duración o el costo de un proyecto mediante la agregación de las estimaciones de los componentes de nivel inferior de la EDT (Estructura de Desglose del Trabajo). Cuando la duración de una actividad no puede estimarse con un grado razonable de confianza, el trabajo dentro de la actividad se descompone en mayor detalle.

Además de las metodologías ya mencionadas, existen otras técnicas útiles para la elaboración de presupuestos, como la estimación de tres puntos, el análisis de datos, la implementación de sistemas de información para la gestión de proyectos y la toma de decisiones basada en evidencia. La aplicación de estas herramientas permite obtener resultados tangibles, los cuales se reflejan en diversos datos de salida. Entre

estos, destacan las estimaciones de costos, que ofrecen una visión detallada de los recursos financieros necesarios para la ejecución del proyecto. Asimismo, se establece una base de estimaciones robusta, que funciona como soporte para validar y fundamentar los cálculos realizados. Por otra parte, se enriquecen los registros de lecciones aprendidas, integrando experiencias y conocimientos obtenidos durante el proceso, lo que facilita la optimización de estimaciones futuras. Finalmente, se actualiza el registro de riesgos, identificando y documentando posibles escenarios que podrían impactar en los costos del proyecto, lo que contribuye a una gestión más proactiva y eficiente (Project Management Institute, 2017).

1.3.1 Modelos de estimación de costos

De acuerdo con Ashworth (2010), los modelos para la estimación de costos son herramientas estructuradas diseñadas para anticipar los gastos de un proyecto a través de metodologías y técnicas específicas. Estos modelos pueden fundamentarse en registros históricos, variables clave del proyecto o un análisis detallado de sus elementos. Su propósito es ofrecer una estimación precisa de los recursos financieros requeridos, tomando en cuenta aspectos como la complejidad del proyecto, la disponibilidad de materiales, los costos de la mano de obra y los posibles.

1.3.1.1 Estimación por precios unitarios

Este enfoque determina el costo de cada actividad al multiplicar la cantidad de trabajo requerida por el precio unitario de los insumos, como mano de obra, materiales y equipos. Esta metodología se distingue por su precisión y transparencia, ya que permite desglosar cada partida y analizar los costos de manera detallada. Debido a su nivel de detalle, este método es ampliamente empleado en las fases de licitación y ejecución del proyecto (Peurifoy et al. 2010).

1.3.1.2 Estimación por índices de costos

Según Humphreys (2005), este enfoque se basa en el uso de índices de costos, como el Índice de Precios al Consumidor (IPC) o indicadores específicos de la industria de la construcción, con el fin de actualizar costos históricos considerando la inflación y las fluctuaciones del mercado. Esta metodología es útil para la actualización de presupuestos en proyectos previos; sin embargo, no contempla avances tecnológicos ni particularidades de cada obra.

1.3.1.3 Estimación por costo de actividades

Según Alkhuadhan y Naimi (2023), este modelo puede considerarse el más realista, ya que permite asignar de manera precisa los costos generales a las actividades específicas que los requieren. En el ámbito de la construcción, su aplicación resulta particularmente beneficiosa si se categorizan detalladamente todas las actividades y procesos necesarios para cada unidad de obra, analizando los factores que inciden en sus costos. Contar con esta información de forma anticipada posibilita a las empresas constructoras gestionar de manera

más eficiente sus inversiones, controlar los gastos y llevar a cabo análisis costo-beneficio en las distintas etapas del proyecto.

1.3.2 Definición y elaboración del presupuesto

Tal como lo indica Kerzner (2017), la determinación del presupuesto implica la agregación de los costos estimados de las actividades individuales o paquetes de trabajo, para establecer una línea base de costos. Este proceso no solo asegura que los recursos financieros se asignen de manera eficiente, sino que también proporciona un marco para monitorear y controlar los gastos a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Una vez establecida la importancia de la elaboración del presupuesto como herramienta fundamental para la asignación eficiente de recursos y el control de gastos, es crucial profundizar en los conceptos clave que lo componen. Estos elementos no solo permiten una estimación más precisa de los costos, sino que también facilitan la planificación, ejecución y control financiero del proyecto. Entre los conceptos más relevantes se encuentran los costos directos, los costos indirectos, así como otros componentes esenciales que conforman la estructura presupuestaria. A continuación, se explican cada uno de estos conceptos para comprender su rol y su impacto en la gestión integral del presupuesto.

- Presupuesto: el presupuesto es un instrumento de planificación y control que permite a las organizaciones prever y gestionar sus recursos financieros de manera eficiente, con el fin de alcanzar sus metas y objetivos (Horngren, Datar, & Rajan, 2012).
- Costos directos: representa la totalidad de los gastos asociados a materiales, mano de obra (incluyendo las contribuciones sociales), equipos, herramientas y demás elementos necesarios para llevar a cabo un proyecto de construcción (Salazar, 2015).
- Costos indirectos: son aquellos gastos que no pueden asignarse directamente a una partida específica de un proyecto, sino que están relacionados con la ejecución global de la obra. Estos incluyen conceptos como administración, supervisión, servicios generales y otros gastos necesarios para el desarrollo del proyecto, pero que no se vinculan directamente con una actividad en particular (Chávez, 2018).
- Imprevistos: son aquellos gastos no contemplados inicialmente en el presupuesto de un proyecto, que surgen debido a situaciones inesperadas o circunstancias no anticipadas durante su ejecución. Estos pueden incluir cambios en las condiciones del terreno, retrasos en la entrega de materiales, ajustes en el diseño, entre otros factores que generan costos adicionales (Gómez & López, 2020).
- Utilidad: De acuerdo con Ramírez (2018), la utilidad en los presupuestos se refiere al grado en que los recursos financieros asignados logran cumplir con los objetivos propuestos, generando un retorno o beneficio que justifica su inversión. Esto implica no solo la eficiencia en el gasto, sino también la efectividad en la consecución de metas organizacionales.

1.4 Reajuste de precios

El Reglamento para el Reajuste de Precios en los Contratos de Obra Pública de Construcción y Mantenimiento (2006), menciona que el reajuste de precios es la suma que se ajusta al costo de la obra pública, incrementándose o reduciéndose en comparación con el precio original, a través de una fórmula matemática y empleando índices de precios oficiales o cualquier otro método permitido por este Reglamento.

Es fundamental señalar que los reajustes de precios no constituyen una alteración de los contratos, sino un procedimiento que permite al proveedor recibir el pago en términos reales de lo que se acordó originalmente, y de acuerdo con González (2020), la finalidad de los reajustes de precios es reconocer los aumentos en los costos, asegurando que se preserve la utilidad esperada, sin afectar el desarrollo de la relación contractual, la cual podría verse comprometida ante variaciones en los costos del mercado.

1.4.1 Reajuste de precios por el método sintético

Este reglamento establece una serie de fórmulas para realizar los reajustes de precio, las cuales varían según el método que se desee aplicar. Para el caso específico del reajuste de precios en obras de ingeniería civil, se utiliza la siguiente ecuación:

$$RP = ((CD_M + CI_M) * EPA) * \left(\frac{I_{SMN_1}}{I_{SMN_0}} - 1 \right) + \sum_{i=1}^n (CEA * EPA) * \left(\frac{I_{CEA_1}}{I_{CEA_0}} - 1 \right) + (CI_I * EPA) * \left(\frac{IPC_1}{IPC_0} - 1 \right) + \sum_{i=0}^n (CE * RA_i) * EPA \quad (2)$$

En donde:

- RP = Representa el monto total de reajuste de precios periódica.
- EPA = Representa el monto de la estimación periódica del avance.
- CD_M = Representa la ponderación del monto total a precios iniciales de los Costos en Mano de Obra Directa presupuestados.
- CEA = Representa la ponderación del costo total a precios iniciales de los grupos de insumos y servicios especiales.
- CI_M = Representa la ponderación del monto total a precios iniciales de los Costos en Mano de Obra Indirecta presupuestados.
- CI_I = Representa la ponderación del monto total a precios iniciales de los Costos de Insumos Indirectos presupuestados.
- CE = Representa la ponderación del monto total a precios iniciales del costo total de los insumos y servicios específicos.

- I_{SMN_1} = Representa el valor del Índice de Salarios Mínimos Nominales para la actividad de construcción para el mes de facturación.
- I_{SMN_0} = Representa el valor del Índice de Salarios Mínimos Nominales para la actividad de construcción inicial.
- I_{CEA_1} = Representa el valor del índice de precios de los grupos de insumos y servicios especiales respectivo para el mes de facturación.
- I_{CEA_0} = Representa el valor del índice de precios de los grupos de insumos y servicios especiales respectivo inicial.
- IPC_1 = Representa el valor del Índice de Precios al Consumidor para el mes de facturación.
- IPC_0 = Representa el valor del Índice de Precios al Consumidor inicial.
- RA_i = Cambio porcentual del precio que se determinará por método analítico, conforme se establece en el artículo 20 del Reglamento para el reajuste de precios en los contratos de obra pública de construcción y mantenimiento (2006).

1.4.2 Reajuste de precios por el método analítico

El procedimiento de reajuste de precio a partir del método analítico es aplicable a insumos y servicios específicos, los cuales deben ser incorporados por la entidad contratante en la estructura de precios de los documentos de licitación. Asimismo, el contratista está obligado a presentar, tanto en su propuesta como en la solicitud de ajuste, la documentación que acredite al proveedor de cada insumo o servicio especial. El reajuste se efectuará al momento de solicitar el pago o cuando se incorporen dichos insumos o servicios especiales al proyecto. (Reglamento para el Reajuste de Precios en los Contratos de Obra Pública de Construcción y Mantenimiento, 2006)

La ecuación que utiliza este método se presenta a continuación:

$$RA_i = \left(\frac{P_1 - P_0}{P_0} \right) \quad (3)$$

En donde:

- P_1 = Representa el precio de cada unidad de los insumos y servicios específicos (i) empleados o incorporados en el mes en que se ejecuta la obra. La documentación de soporte deberá ser aportada por el contratista y verificada por la Administración.
- P_0 = Representa el precio de cada unidad de los insumos y servicios específicos (i) en la fecha de presentación de ofertas.

Tal como lo establece el Reglamento para el Reajuste de Precios en los Contratos de Obra Pública de Construcción y Mantenimiento (2006), si la administración contratante no puede verificar el monto del reajuste correspondiente a insumos y servicios específicos dentro del plazo fijado para la revisión y pago de los ajustes de precios, deberá abonar al contratista la parte del reajuste calculada mediante índices de precios.

Posteriormente, la administración contratante contará con un plazo máximo adicional de 30 días naturales para verificar el monto del reajuste y realizar el pago correspondiente a los insumos y servicios específicos.

1.4.3 Índices de precios en la construcción

Con base a el Banco Central Europeo (2021), un índice de precios es una herramienta estadística que mide las variaciones en los costos de un conjunto específico de bienes y servicios a lo largo del tiempo. Su función principal es evaluar la inflación, comparar el valor de una moneda en diferentes períodos y ajustar cifras económicas, como salarios o contratos, en función de las fluctuaciones de los precios.

Conforme al Reglamento para el Reajuste de Precios en los Contratos de Obra Pública de Construcción y Mantenimiento (2006), los índices de precios que se emplearán para calcular el reajuste de los grupos de insumos y servicios especiales, incluidos según su nivel de impacto en la estructura de precios del contrato de obras de ingeniería civil, serán los índices de precios proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) en los siguientes casos:

- Índice de Precios de Costo de Edificios.
- Índice de Salarios Mínimos Nominales.
- Índice de Precios de Movimiento de Tierras
- Índice de Precios de Concretos.
- Índice de Precios de Base Lastre.
- Índice de Precios de Estructuras Prefabricadas.
- Índice de Precios de Otras Aceros.
- Índice de Precios de Costo de Posesión de Maquinaria y Equipo.
- Índice de Precios de Repuestos
- Índice de Precios de Llantas.
- Índice de Precios de Combustibles.
- Índice de Precios de Lubricantes.
- Índice de Precios de Asfálticos.
- Índice de Precios de Cemento Pórtland.
- Índice de Precios de Adquisición de Áridos.
- Índice de Precios de Encofrados.
- Índice de Precios de Señalización y Demarcación Vial.

Capítulo 2: Metodología

El marco metodológico presentado se estructura en tres fases, cada una alineada con los objetivos específicos del proyecto. Para ello, se llevó a cabo una investigación documental y una investigación aplicada, garantizando que cada fase correspondiera a un objetivo determinado y se lograra un abordaje.

2.1 Etapa 1: Selección de las contramedidas de iRAP

En el proceso de identificación y selección de contramedidas de seguridad vial conforme a la metodología iRAP, se tomó como punto de partida el conjunto de 94 contramedidas establecidas por dicha metodología. Sin embargo, la selección final de las medidas a implementar en la red vial del cantón de Matina estuvo sujeta a un proceso de selección, basado en criterios de viabilidad técnica y costo-beneficio definidos por la Municipalidad de Matina. Este análisis permitió que, aunque se consideraron todas las contramedidas propuestas por iRAP, algunas fueron descartadas o priorizadas en función de factores específicos del cantón. Estos factores fueron definidos junto a la Municipalidad de Matina y el contexto propio de la zona, a partir de la factibilidad de ejecución dentro de las condiciones de infraestructura existentes, la sostenibilidad financiera para su implementación y mantenimiento, y el impacto proyectado en la reducción de accidentes viales en el contexto local. De esta manera, la selección final de contramedidas no solo respondió a los lineamientos técnicos de iRAP, sino también a las directrices y restricciones establecidas por la administración municipal, garantizando que las soluciones adoptadas fueran efectivas, sostenibles y ajustadas a la realidad operativa y presupuestaria de Matina.

Para asegurar un enfoque técnico sólido y alineado con las necesidades del cantón, se llevaron a cabo consultas con profesionales en el área de estudio actuando estos como los sujetos de información. En este proceso, se contó con la asesoría del ingeniero Irving Pizarro Marchena (Profesor e Investigador del Instituto Tecnológico de Costa Rica), cuya experiencia en la aplicación de la metodología iRAP fue fundamental. Su aporte incluyó orientación sobre la priorización y viabilidad de las contramedidas en el contexto específico de la red vial de Matina. Asimismo, se consultó al ingeniero Jehostin Arceyut Villagra, representante de la Municipalidad de Matina, cuya participación fue clave para analizar los aspectos de implementación, viabilidad técnica y restricciones presupuestarias desde la perspectiva municipal. Su contribución permitió contextualizar las soluciones dentro de las capacidades operativas y financieras de la municipalidad, asegurando que las contramedidas seleccionadas fueran factibles, sostenibles y adaptadas a la realidad local.

Como resultado de este proceso, se obtuvo un listado detallado de contramedidas viables para la infraestructura vial del cantón, basado en un análisis técnico y en las condiciones específicas de la red vial. Este

enfoque integral permitió que las medidas adoptadas, además de cumplir con los estándares internacionales, también respondieran a las necesidades y capacidades locales.

2.2 Etapa 2: Base de datos de los costos unitarios

Para iniciar la base de datos, fue fundamental recopilar información proveniente de fuentes confiables. Para ello, se llevó a cabo una revisión de bases de datos, destacando en particular la plataforma del Sistema de Compras Públicas (SICOP) y la base de datos elaborada en el estudio de Carmona & Hidalgo (2024). Estas bases de datos fueron fuentes esenciales para obtener costos asociados a actividades de mantenimiento y rehabilitación de infraestructura vial, mediante la recopilación directa de precios de tareas e insumos requeridos. El proceso de obtención de datos implicó la identificación de procesos de licitación relacionados con la construcción y mantenimiento vial, registrando los montos ofertados por contratistas o proveedores, junto con las especificaciones de los bienes o servicios ofertados, sus costos y el momento en que se extrajo la información. Cabe destacar que, para la realización de esta fase, se contó con la asesoría del ingeniero Arturo Gamboa Solís (Profesor del Instituto Tecnológico de Costa Rica), cuyo aporte fue fundamental para garantizar la precisión.

Otra fuente de información fundamental fueron los precios unitarios actualizados de intervenciones previas en una carretera de Matina, suministrados por el ingeniero Jehostin Arceyut Villagra, representante de la Municipalidad de Matina. Estos datos fueron de gran utilidad como referencia para la estimación de costos. La actualización y ajuste de los precios unitarios se llevó a cabo considerando los índices de precios publicados mensualmente por el INEC.

Además, el ingeniero Arturo Gamboa Solís facilitó contactos de profesionales que colaboraron proporcionando precios de diversos rubros y actividades específicas. En primer lugar, se contactó al ingeniero Oscar Carranza, profesional del Consejo Nacional de Viabilidad (CONAVI), quien le proporcionó licitaciones del SICOP con información valiosa. Posteriormente, el ingeniero Minor Castro, de la empresa Puente Prefa, ofreció información y orientación sobre precios unitarios relacionados con contramedidas que involucran puentes peatonales, especialidad de dicha empresa. Finalmente, los ingenieros Henry Hernández, de la Escuela de Ingeniería en Construcción, y Diego Rugama, de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito del Ministerio de Obras Públicas y Transporte, contribuyeron significativamente en la obtención de precios de semáforos vehiculares y peatonales. El ingeniero Henry Hernández, además, proporcionó explicaciones detalladas sobre las diferencias entre las fases de semáforos, lo cual fue crucial para la selección de los semáforos adecuados y la mejora en la estimación de los costos unitarios.

Siguiendo la metodología propuesta por Carmona & Hidalgo (2024), se elaboraron tablas en las que se detallan las listas de pago establecidas en el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2020), junto con su respectiva codificación. Estas listas de pago incluyen el nombre de la actividad, la unidad de medida, el precio unitario, la fecha de recolección de los datos y la fecha en la cual fue adjudicada la oferta en la plataforma de SICOP o fecha base, siendo esta última de suma

importancia ya que se requiere luego para realizar el reajuste de precio. Es importante destacar que, aunque se respetó el formato original utilizado por los autores para mantener la coherencia de la información, el contenido fue debidamente actualizado. Gracias a esto, se obtuvo una base de datos renovada que refleja fielmente los cambios y ajustes realizados. En la tabla 2 se encuentra el formato utilizado para las listas de pago, donde la fecha de toma se refiere a la fecha en que se extrajo la oferta de SICOP, y la fecha base hace referencia a la fecha de presentación de oferta.

Tabla 2

Formato de matriz para formato de listas de pago.

Nombre de la actividad	Unidad	Precio Unitario	Fecha de toma	Fecha base
-------------------------------	---------------	------------------------	----------------------	-------------------

Nota: Obtenido de Carmona & Hidalgo (2024).

Para la creación de la nueva base de datos, se toma como base inicial las listas mencionadas, incorporando información actualizada de nuevas fuentes. La distribución de los precios se procesa en la matriz presentada en la Tabla 3 y tabla 4, segmentando cada actividad en las siguientes columnas: costos fijos, repuestos, llantas, combustibles, lubricantes, mano de obra, materiales, subcontratos, imprevistos, insumos administrativos, mano de obra administrativa y utilidad.

Tabla 3

Formato de matriz de la estructura de costos para los renglones de pago. Parte 1

Costos Fijos	Repuestos	Llantas	Combustible	Lubricante	Mano de Obra
---------------------	------------------	----------------	--------------------	-------------------	---------------------

Tabla 4

Formato de matriz de la estructura de costos para los renglones de pago. Parte 2

Materiales	Subcontrato	Imprevistos	Administración (Insumos)	Administración (*M.O.)	Utilidad
-------------------	--------------------	--------------------	---------------------------------	-------------------------------	-----------------

*M.O.: Mano de Obra

Esta subdivisión es necesaria para cumplir con el formato establecido en las listas de pago del Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2020). Además, en el Consejo Nacional de Viabilidad (CONAVI), las ofertas deben entregarse de acuerdo con esta estructura para cada uno de los renglones de pago. También, al realizar el reajuste de precios, es imprescindible contar con esta subdivisión.

La identificación de las contramedidas ejecutadas y los costos de las actividades que se deben aplicar, se muestran en la matriz de la Tabla 5, en donde se detalla el nombre de la contramedida, la descripción, el código de la actividad, el nombre de la actividad, si esta debe ser incluida en el contexto de Matina, la unidad de medida que se requiera, la cantidad (que para todas las actividades es unitario), el costo unitario, el reajuste de precio, el costo total y el costo total reajustado.

Tabla 5

Formato de matriz para cálculo de costo de contramedida.

Contramedidas					ID	#		
Descripción					Unidad de costo	#		
					Cantidad	#		
Código	Actividad	Incluir	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Reajuste de Precio (*M.S–M.A)	Costo Total	Costo Total reajustado

Nota: Obtenido de Carmona & Hidalgo (2024)

*M.S-M.A: método analítico y método sintético.

Para la presentación de las actividades, tareas e insumos necesarios para la ejecución de las contramedidas de mejoramiento basadas en la metodología iRAP, se elaboró un listado detallado de las acciones de mejora propuestas por iRAP, desglosándolas en actividades, tareas e insumos específicos. Tal como se mencionó anteriormente, únicamente se desarrollaron las contramedidas seleccionadas por los funcionarios de la Municipalidad de Matina, las cuales se ajustan a la capacidad financiera y operativa de la unidad ejecutora disponible en la institución. A continuación, se presenta un ejemplo del desglose aplicado:

1. Contramedidas.
 - 1.1. Actividades.
 - 1.1.1. Tareas.
 - 1.1.1.1. Insumos.

Una vez obtenidos los precios totales de las contramedidas y con el fin de mantener la coherencia con la metodología iRAP, en la Tabla 6 se presentan los costos clasificados en tres categorías: bajo, medio y alto, tanto para los sectores rurales como urbanos. Para ello, se establecerán rangos basados en el Procedimiento de Análisis de Razonabilidad de Precios de la Dirección de Costos de Vías y Puentes del Consejo Nacional de Vialidad. Este procedimiento estipula que los rangos se definen aplicando un margen de $\pm 15\%$ en relación con el costo promedio necesario para la ejecución de las contramedidas.

Tabla 6

Formato de matriz de costos a partir de la sectorización para análisis de razonabilidad.

	Sector Rural			Sector Urbano		
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
Contramedidas						

Nota: Obtenido de Carmona & Hidalgo (2024).

Los precios utilizados para completar la Tabla 3, provienen de licitaciones adjudicadas en zonas rurales. Para estimar los precios en zonas urbanas, se calcula un porcentaje de diferencia entre ambas áreas. Este porcentaje se obtuvo mediante una encuesta dirigida a profesores del Tecnológico de Costa Rica, incluyendo expertos en costos de construcción e infraestructura vial, con el objetivo de respaldar la información.

Es fundamental destacar que se mantiene la coherencia con el formato utilizado en el estudio realizado por Carmona & Hidalgo (2024), con el objetivo de garantizar la uniformidad y el orden en los entregables del presente proyecto. Además, se conserva la estructura de la matriz de la tabla 5, ya que esta debe ser cargada posteriormente en la plataforma iRAP. No obstante, la metodología aplicada en este proyecto incorpora nuevos elementos y actualiza la información, ampliando así el alcance y la profundidad del análisis.

Con el propósito de lograr que el sistema de estimación de costos unitarios sea fácil de utilizar y comprender, se ha elaborado una hoja de cálculo de ejemplo para ilustrar su funcionamiento. No obstante, no se incluye el documento completo, ya que se creó con hojas electrónicas interrelacionadas y requiere un formato de salida en CSV. Por este motivo, se optó por presentar el contenido íntegro en la sección de apéndices.

2.3 Etapa 3: Implementación del Reajuste de Precios.

Para iniciar el proceso de reajuste de precios, en esta etapa se desarrolló un sistema utilizando hojas de cálculo interrelacionadas que permiten ajustar automáticamente los costos unitarios de las contramedidas seleccionadas, de acuerdo con los métodos analítico y sintético definidos por el Reglamento para el Reajuste de Precios en los Contratos de Obra Pública de Costa Rica (2006) con la finalidad de obtener el valor presente de las diversas actividades y tener un presupuesto más preciso. Este sistema se diseñó con el objetivo de facilitar su uso por parte de personal técnico municipal, permitiendo su actualización periódica conforme a la variación de los índices oficiales de precios del mercado.

La intención principal de implementar este sistema de reajuste de precios es asegurar que los valores utilizados en la estimación de costos unitarios reflejen con precisión las condiciones económicas actuales y futuras. Dado que los precios base fueron recolectados de diferentes fuentes como licitaciones públicas, presupuestos municipales y consultas a expertos, y corresponden a distintos periodos, era necesario llevar todos esos valores a un valor presente, que permitiera una comparación homogénea y realista para su aplicación en proyectos de infraestructura vial.

La estructura del sistema integra índices específicos como el Índice de Precios al Consumidor (IPC), el Índice de Salarios Mínimos Nominales del sector construcción, y otros índices de insumos proporcionados por el INEC y el Banco Central de Costa Rica. Su diseño modular también permite incorporar nuevos índices o ajustar parámetros según las condiciones del mercado o requisitos particulares de futuros proyectos.

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC): proporciona el Índice de Precios al Consumidor (IPC) y los Índices de Precios de Materiales e Insumos de Construcción, tales como Índice de Precio de Edificios, Índice de Precio de Movimiento de tierras, Índice de Precio de Concretos, Índice de Precio de Base Lastre, Índice de Precio de Estructuras Prefabricadas, Índice de Precio de Otros Aceros, Índice de Precio de Maquinaria, Índice de Precio de Repuestos, Índice de Precio de Llantas, Índice de Precio de Lubricantes, Índice de Precio de Mezcla Asfáltica en Caliente, Índice de Precio de Cemento Portland, Índice de Precio de Áridos, Índice de Precio de Encofrados de Metal, Índice de Precio de Demarcación Vial Horizontal. Estos índices permiten reflejar la variación mensual de los principales insumos empleados en las obras viales, siendo fundamentales para ajustar el componente de materiales en la estructura de costos.

- **Banco Central de Costa Rica (BCCR):** emite el Índice de Salarios Mínimos Nominales (ISMN) para el sector construcción, el cual se utiliza como base para ajustar el componente de mano de obra en los contratos. Su actualización periódica garantiza que los precios reflejen adecuadamente la realidad del mercado laboral costarricense.

De acuerdo con el Reglamento para el Reajuste de Precios en los Contratos de Obra Pública de Construcción y Mantenimiento, Decreto Ejecutivo N.º 33114-MEIC de marzo de 2006, vigente al momento del análisis, los reajustes de precios no pueden realizarse con índices cuya antigüedad supere los cinco años. Esto se debe a que el artículo 11 del reglamento establece que las estructuras de los índices deben revisarse cada cinco años, y el artículo 13 exige que exista una “estrecha relación” entre el índice y los costos reales. Al superar ese período, los índices pierden pertinencia técnica y jurídica, pues dejan de reflejar fielmente la realidad del mercado debido a cambios en los bienes, servicios y patrones de consumo considerados en su base. Por este motivo, se utilizaron índices comprendidos entre enero de 2020 y marzo de 2025, asegurando que todas las licitaciones y presupuestos empleados cumplieron con este criterio de validez normativa.

Como se detalla en la Tabla 2, de cada licitación se obtuvo una fecha base, que corresponde a la fecha de presentación de oferta, identificada mediante el sistema SICOP. A partir de esa fecha se tomó el índice correspondiente como valor inicial. El índice del mes de facturación, que en este caso fue marzo de 2025, se utilizó como valor actualizado, ya que coincide con el ciclo operativo evaluado para el presente estudio.

Con los índices tabulados y definidos, se procedió a calcular los reajustes de precios para cada actividad contemplada en las contramedidas del proyecto. Para ello, se aplicó la fórmula reglamentaria: el precio unitario original fue multiplicado por el factor de reajuste, que se obtiene al dividir el índice del mes de facturación entre el índice base inicial de la oferta. Esto permitió calcular tanto el precio reajustado por unidad como el precio total reajustado por actividad, siguiendo el orden establecido en la Tabla 3.

Con el objetivo de lograr mayor precisión, se emplearon índices específicos por categoría de insumo, lo cual requirió una desagregación más detallada de la estructura de costos de cada actividad antes de aplicar el reajuste. Esta decisión respondió a la necesidad de reflejar con mayor fidelidad las variaciones reales de precios según el tipo de recurso involucrado.

En cuanto a los precios de licitación que fueron cotizados en dólares estadounidenses, como en el caso de los semáforos peatonales y vehiculares, se siguió una metodología específica. Primero, se convirtió el valor en dólares a colones costarricenses utilizando el tipo de cambio oficial vigente a la fecha de adjudicación o, en su defecto, el promedio del mes correspondiente. Este valor convertido se utiliza como base para el reajuste conforme a los índices nacionales.

Finalmente, para ciertas actividades que no contaban con licitaciones recientes, como el caso del renglón CR. 636.02 Instalación de iluminación, se recurrió a datos históricos correspondientes a 2018 y 2019, utilizando como índice base el de diciembre de 2018. Esta medida se adoptó debido a la ausencia de datos más actuales, respetando siempre los principios de razonabilidad técnica y normativa establecidos por el reglamento. Todo el proceso se ejecutó de forma metódica, garantizando la trazabilidad, precisión y adecuación legal de los valores reajustados.

Las Tablas 7 y 8 muestran los formatos utilizados para elaborar las matrices de tabulación de resultados correspondientes al Índice de Precios de Edificaciones y a los Índices de la Construcción.

Tabla 7

Formato para matriz de tabulación de índices de precio de edificaciones e índices de la construcción. Parte 1.

Fecha	Índice de Precio de Edificios	Índice de Salarios Mínimos Nominales	Índice de Precio de Movimiento de tierras	Índice de Precio de Concretos	Índice de Precio de Base Lastre	Índice de Precio de Estructuras Prefabricadas	Índice de Precio de Otros Aceros	Índice de Precio de Maquinaria	Índice de Precio de Repuestos
--------------	--------------------------------------	---	--	--------------------------------------	--	--	---	---------------------------------------	--------------------------------------

Tabla 8

Formato para matriz de tabulación de índices de precio de edificaciones e índices de la construcción. Parte 2.

Fecha	Índice de Precio de Llantas	Índice de Precio de Lubricantes	Índice de Precio de Mezcla Asfáltica en Caliente	Índice de Precio de Cemento Portland	Índice de Precio de Áridos	Índice de Precio de Encofrados de Metal	Índice de Precio de Demarcación Vial Horizontal	Índice de Precio al Consumidor
--------------	------------------------------------	--	---	---	-----------------------------------	--	--	---------------------------------------

Capítulo 3: Resultados y análisis

En este capítulo, se encuentran los resultados y el análisis de los resultados de las distintas etapas planteadas en la metodología.

3.1 Etapa 1: Selección de las contramedidas de iRAP

En el cuadro 2 se encuentra el listado de las contramedidas seleccionadas por la unidad técnica de gestión vial de la Municipalidad de Matina según el proceso de discriminación, basado en criterios de viabilidad técnica y costo-beneficio.

Cuadro 2. Contramedidas de mejora según iRAP seleccionadas por la Municipalidad de Matina.

ID	Nombre	Unidad de costo
1	Mejorar demarcación (Señalamiento horizontal y vertical)	Por km de carril
2	Ciclovía (en vía existente)	Por km
3	Ciclovía (fuera de la vía)	Por km
7	Realineamiento horizontal	Por km de carril
8	Mejorar señalamiento/ demarcación de curva	Por km de calzada
9	Ampliar/Ensanchar carril (hasta 0.5 m)	Por km de carril
10	Ampliar/Ensanchar carril (>0.5 m)	Por km de carril
13	Señalamiento horizontal y vertical en intersección	Intersección
16	Semaforizar intersección de 3 ramas	Intersección
17	Semaforizar intersección de 4 ramas	Intersección
19	Mejoramiento de cruce ferroviario	Unitario
21	Achurado central (Raya separadora de sentidos de circulación doble y rayas diagonales)	Por km
33	Implementar un Sólo sentido/Eliminar un sentido del tránsito	Por km de calzada
34	Mejorar infraestructuras existentes para peatones	Unitario
35	Isla de refugio	Unitario
36	Cruce peatonal sin semáforo	Unitario
38	Cruce peatonal - paso a desnivel	Unitario
40	Rehabilitación del pavimento	Por km de carril
41	Eliminación de peligros (árboles, poles, estructuras)- lado del copiloto	Por km lineal

ID	Nombre	Unidad de costo
42	Eliminación de peligros (árboles, postes, estructuras) - lado del conductor	Por km lineal
43	Mejoramiento de taludes y terraplenes laterales - lado del copiloto	Por km lineal
44	Mejoramiento de taludes y terraplenes laterales - lado del conductor	Por km lineal
45	Colocación de barrera de seguridad lateral - lado del copiloto	Por km lineal
46	Colocación de barrera de seguridad lateral - lado del conductor	Por km lineal
47	Pavimentación de acotamiento/berma de lado del copiloto hasta 1m.	Por km lineal
48	Pavimentación de acotamiento/berma de lado del copiloto mayor a 1m.	Por km lineal
52	Restringir / combinar los puntos de acceso directo	Por km
54	Acera/Banquina peatonal de lado del pasajero (adyacente al camino)	Por km lineal
55	Acera/Banquina peatonal de lado del pasajero (separada del camino > 3m)	Por km lineal
56	Revisiones de la administración de la velocidad	Por km de calzada
57	Elementos de aquietamiento del tránsito/Infraestructura para disminuir velocidad	Por km de calzada
59	Realineación vertical (mayor)	Por km de carril
60	Carril de adelantamiento	Por km lineal
61	Mejoramiento de cruce de la mediana	Intersección
62	Eliminar peligros laterales (ciclovías)	Por km
63	Mejoramiento de taludes y terraplenes (ciclovías)	Por km
64	Barreras laterales (ciclovías)	Por km
71	Mejorar fricción en la superficie de rodamiento (vía pavimentada)	Por km de carril
73	Pavimentar Superficie de la vía	Por km de carril
74	Alumbrado en tramo carretero	Por km de carril
75	Alumbrado en la intersección	Intersección
76	Alumbrado en cruce peatonal	Unitario
77	Banda de alerta sobre acotamiento/berma	Por km de calzada
78	Mejoras en el estacionamiento	Por km de calzada
79	Distancia de visión (remoción de obstrucciones)	Por km lineal
80	Cerca para contener peatones/Valla peatonal	Por km de calzada
152	Cruce peatonal con semaforizado en la vía secundaria	Intersección
163	Acera/Banquina peatonal del lado del copiloto (con barrera)	Por km lineal
164	Provisión de sendero peatonal informal >1m del lado del copiloto	Por km lineal
171	Pavimentación de acotamiento/berma del lado del conductor hasta 1m	Por km lineal
172	Pavimentación de acotamiento/berma del lado de conductor mayor a 1m	Por km lineal

ID	Nombre	Unidad de costo
173	Acera/Banquina peatonal del lado del piloto (adyacente a la vía)	Por km lineal
174	Acera/Banquina peatonal del lado del piloto (separada del camino >3m)	Por km lineal
177	Acera/Banquina peatonal del lado del piloto (con barrera)	Por km lineal
178	Provisión de sendero peatonal informal >1m del lado del piloto	Por km lineal
182	Realineamiento (mejoramiento de la distancia de visibilidad)	Por km de carril
186	Implementación de barrera central en vías de un carril por sentido	Por km
190	Raya ancha separadora de sentidos de circulación doble	Por km lineal
191	Advertencia de zona escolar - señales y marcas en el pavimento	Por km de carril
192	Advertencia de zona escolar - semáforo intermitente en zona escolar	Unitario
194	Cruce peatonal elevado de la superficie de rodado (plataforma peatonal) sin semáforo	Unitario

Una vez seleccionadas las contramedidas, se procede a su desglose en actividades, tareas e insumos. En aquellas actividades de las contramedidas seleccionadas que tienen una correspondencia directa o pueden ser asociadas con un código existente en el Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2020, se indica el código. A continuación, se muestra un ejemplo de desglose, para observarlo a detalle ir al anexo 1.

Ejemplo de desglose:

Mejorar demarcación (Señalamiento horizontal y vertical).

1.1.1. Demarcación vial horizontal.

1.1.1.1. Demarcación de pavimentos.

- 1.1.1.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)
- 1.1.1.1.2. Línea discontinua centro. (CR.634.02)
- 1.1.1.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)
- 1.1.1.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)
- 1.1.1.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)
- 1.1.1.1.6. Demarcación de letrero de Ceda. (CR.634.08)
- 1.1.1.1.7. Demarcación de letrero de Escuela. (CR.634.09)
- 1.1.1.1.8. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)
- 1.1.1.1.9. Capta luz dos caras. (CR.634.15)
- 1.1.1.1.10. Demarcación de pasos peatonal tipo cebra. (CR.634.16)

1.1.2. Señalización vial vertical permanente.

1.1.2.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.

- 1.1.2.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)

1.1.2.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)

Es fundamental destacar que el desglose de actividades propuesto para la implementación de las contramedidas no debe considerarse definitivo, sino como un marco de referencia inicial que permite visualizar de manera estructurada el panorama general. Dicha planificación constituye una base sólida para orientar los procesos de análisis y ejecución, facilitando la identificación de lineamientos prioritarios. No obstante, se contempla la posibilidad de incorporar ajustes o tareas adicionales, en función de los resultados obtenidos, la disponibilidad de recursos o el surgimiento de nuevas variables técnicas o contextuales.

Una vez que se han identificado y clasificado las contramedidas conforme a lo estipulado en la metodología iRAP, de las 60 contramedidas seleccionadas como aplicables al cantón de Matina, se logró elaborar un presupuesto detallado para 57 de ellas. Este proceso consistió en descomponer cada contramedida en actividades específicas y establecer precios unitarios actualizados. En aquellas actividades que tienen correspondencia con el Manual CR-2020, se incluyó el código normativo respectivo para facilitar su trazabilidad y homologación técnica.

Por ejemplo, en el caso de la contramedida “mejorar demarcación (señalamiento horizontal y vertical)”, se procedió de la siguiente manera:

- Identificación de la unidad de medida: Esta contramedida se evalúa por kilómetro de carril demarcado.
- Desglose de actividades: Se descompuso en tareas como limpieza de superficie, aplicación de pintura termoplástica, instalación de señales verticales, y eventual uso de microesferas reflectivas.
- Asignación de códigos CR-2020: Para esta actividad, se identificó el código correspondiente en el Manual CR-2020 (por ejemplo, el ítem 630.1 para pintura termoplástica blanca reflectante aplicada en líneas continuas o segmentadas).
- Obtención de precios unitarios: Se consultaron precios a partir de licitaciones en SICOP, listas de proveedores y presupuestos recientes, los cuales fueron estandarizados y traídos a valor presente mediante el sistema de reajuste de precios.
- Cálculo del costo: Se sumaron los costos directos (materiales, mano de obra y equipo), costos indirectos (administración, imprevistos), utilidad esperada y el porcentaje de reajuste aplicable según el método sintético. Esto permitió generar un precio total por kilómetro de carril con demarcación mejorada.

Es importante resaltar que, como se muestra en la Figura 1, se ha logrado cumplir con un 95% de las contramedidas propuestas, lo cual refleja un avance significativo en la planificación técnica y selección de las medidas de seguridad vial propuestas para el cantón de Matina.

Figura 1

Porcentaje completado de las contramedidas aplicables al cantón de Matina



3.2 Etapa 2: Base de datos de los costos unitarios

Como resultado del proceso de recopilación y análisis de información, se logró conformar una base de datos robusta y contextualizada con los costos unitarios asociados a 53 renglones de pago correspondientes a las contramedidas aplicables al cantón de Matina. Esta base permitió estructurar precios actualizados, técnicamente justificados y adaptados a las condiciones económicas y territoriales de la zona de estudio.

Del total de renglones analizados, 29 fueron obtenidos directamente de dos licitaciones técnicas suministradas por el ingeniero Óscar Carranza, funcionario del Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), identificadas con los números 2022CD-000128-0006000001 y 2022CD-000145-0006000001. Estas licitaciones incluyeron memorias de cálculo detalladas sobre procedimientos constructivos en la provincia de Limón, lo que permitió aprovechar datos específicos de proyectos similares realizados en condiciones geográficas y logísticas comparables a las de Matina. Esta información resultó clave para garantizar la pertinencia territorial y la confiabilidad de los precios obtenidos.

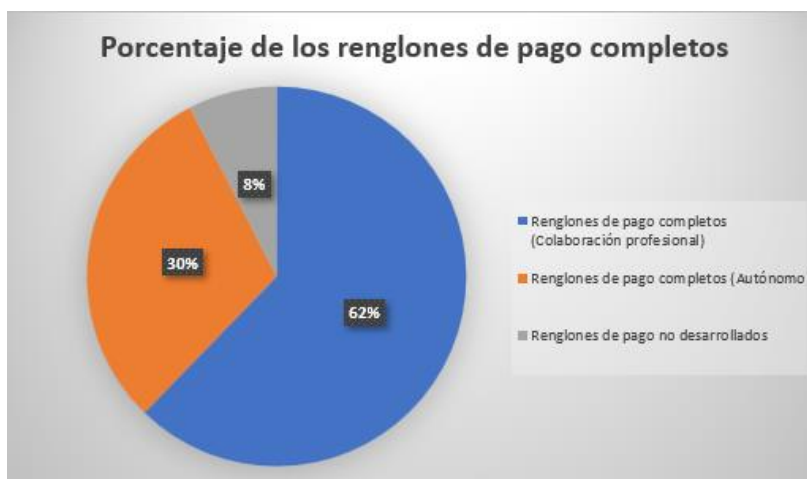
Asimismo, se incorporaron 15 renglones adicionales provenientes de la licitación 2025LY-000002-0006000001, en la que se incluyen diseños y cálculos estructurales de puentes peatonales previstos para la región. Esta documentación técnica complementó de forma significativa el análisis económico de las contramedidas relacionadas con accesos seguros y movilidad no motorizada. Y la licitación 2024LY-000004-0058700001, aportó información actualizada y validada sobre precios unitarios de señalización vertical y semáforos. Esta documentación fue fundamental para establecer valores coherentes con las normativas nacionales de tránsito y fortalecer la precisión de los precios en contramedidas de control vial.

El 38% restante (20 renglones) fue determinado a partir de una metodología interna basada en análisis comparativos, revisión de memorias de cálculo disponibles en plataformas oficiales y validación mediante criterios de vigencia y coherencia económica.

En conjunto, los resultados obtenidos permitieron estructurar una base de datos de costos sólida y alineada con los requerimientos técnicos del proyecto. Esta base no solo respalda la estimación de costos unitarios de las contramedidas, sino que también constituye un insumo estratégico para la planificación y ejecución presupuestaria de futuras intervenciones viales en el cantón de Matina. En la figura 2 se observa un gráfico con el porcentaje de renglones de pago completos.

Figura 2

Porcentaje de los renglones de pago completos



Una vez que se recolectaron los datos de los precios unitarios, se fueron tabulando en una hoja electrónica de acuerdo con el desglose de precio y se registraron diferentes características, las cuales se detallan a continuación:

- **Nombre de la actividad:** corresponde al nombre de la tarea o insumo que se va a realizar y junto al nombre se coloca el código asociado de acuerdo con el CR-2020.
- **Unidad:** es la unidad en la que se va a realizar la medición de la tarea o insumo.
- **Precio Unitario:** es el precio que se obtiene al realizar la sumatoria del desglose de precio que se explicara más adelante. Corresponde al precio final unitario de las actividades.
- **Fecha de toma:** corresponde a la fecha en la que se realizó la búsqueda en la plataforma y se ingresa el desglose de pago, con la finalidad de llevar un registro y orden a la hora de la toma de los datos.
- **Fecha base:** corresponde a la fecha en la que se adjudicó la licitación, y es de suma importancia porque es la fecha por utilizar para realizar el reajuste de precio en la siguiente etapa del proyecto.

- Desglose de precio: corresponde a la subdivisión del precio unitario, y se realiza por dos razones. La primera es que el CONAVI exige esta forma de presentación, y la segunda es que, al momento de realizar el reajuste de precios, se ajusta conforme a índices específicos de actividades.

En las tablas 9, 10 y 11 se presentan los costos unitarios correspondientes a cada una de las actividades identificadas, cumpliendo con las características necesarias y la estructura de costos requerida. Todos los datos fueron obtenidos a partir de licitaciones públicas disponibles en el Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP), seleccionando procesos que fueran comparables en términos del objeto contractual, ubicación geográfica y condiciones de ejecución.

Para la determinación de los costos unitarios, se realizó un análisis comparativo entre al menos tres procesos de contratación para cada actividad. Se seleccionó el valor que se encontraba en el punto intermedio entre los precios reportados, considerando que este representa con mayor precisión un valor de referencia del mercado, sin distorsiones por valores atípicos, y de esta manera se obtienen costos unitarios representativos, coherentes con la realidad del mercado nacional y acordes con las prácticas de contratación pública.

Los datos fueron tabulados utilizando el formato de las tablas 3 y 4, siguiendo la estructura de costos solicitada por CONAVI en los procesos de licitación, lo que asegura la trazabilidad, uniformidad y validez técnica del análisis realizado.

Tabla 9

Matriz con las características necesarias para los renglones de pago.

Nombre de la actividad	Unidad	Precio Unitario	Fecha de toma	Fecha de oferta
(CR.201.01) Limpieza y desmonte.	ha	₡ 4 347 381,59	14/3/2025	ene-2023
(CR.201.03) Remoción de árboles de gran tamaño.	u	₡ 104 830,26	14/3/2025	dic-2022
(CR.203.05) Remoción de estructuras y obstáculos.	glb	₡ 18 087,71	14/3/2025	nov-2022
(CR.204.03) Excavación en la vía.	m ³	₡ 4 416,42	14/3/2025	dic-2022
(CR.212.01) Construcción lineal de explanación.	km	₡ 997 903,21	03/0/2025	sep-2021
(CR.251.01) Escollera.	m ³	₡ 62 206,42	14/3/2025	dic-2022
(CR.262.01) Revestimiento de taludes con concreto hidráulico, 12 cm de espesor	m ²	₡ 50 266,53	17/3/2025	nov-2022
(CR.301.01) Sub-base granular.	m ³	₡ 22 547,46	14/3/2025	nov-2022
(CR.301.02) Base granular.	m ³	₡ 28 128,63	14/3/2025	nov-2022
(CR.405.01) Carpeta de mezcla asfáltica en caliente.	m ³	₡ 262 733,64	14/3/2025	nov-2022
(CR.415.01) Perfilado de capa asfáltica.	m ³	₡ 23 310,81	14/3/2025	nov-2022
(CR.416.03) Preparación, corte, limpieza y sello de grietas.	m	₡ 3 148,41	14/3/2025	nov-2022
(CR.501.01) Carpeta de concreto hidráulico.	m ³	₡ 177 118,50	14/3/2025	nov-2022
(CR.502.01) Bacheo de pavimento de concreto.	m ²	₡ 28 297,02	14/3/2025	nov-2022
(CR.502.02) Sellado de juntas y grietas.	m	₡ 3 886,06	15/3/2025	nov-2022
(CR.502.05) Fresado de la superficie.	m ²	₡ 1 575,00	16/3/2025	nov-2022
(CR.608.01) Revestimiento de canales, cunetas y contracunetas.	m	₡ 17 706,29	14/3/2025	dic-2022
(CR.609.01) Bordillo de concreto hidráulico.	m	₡ 25 785,76	18/3/2025	sep-2022
(CR.609.02) Canales, cunetas y contracunetas	m	₡ 1 786,60	14/3/2025	dic-2022
(CR.615.01) Acera.	m ²	₡ 25 801,59	14/3/2025	dic-2022
(CR.615.03) Sendero.	m ²	₡ -	-	feb-2025
(CR.617.01) Barrera de contención vehicular en metal.	m	₡ 85 550,00	17/3/2025	jun-2023
(CR.618.01) Barrera de concreto, colada en sitio.	m	₡ 121 432,39	17/3/2025	jun-2023

Nombre de la actividad	Unidad	Precio Unitario	Fecha de toma	Fecha de oferta
(CR.633.01) Señales verticales.	u	₡ 114 282,67	17/3/2025	jun-2023
(CR.633.02) Remoción de señales verticales.	u	₡ 27 408,49	18/3/2025	sep-2022
(CR.633.05) Bolardos/postes delineadores abatibles.	u	₡ 31 353,70	28/3/2025	may-2020
(CR.634.01) Línea continua de centro.	km	₡ 429 331,95	17/3/2025	jun-2023
(CR.634.01) Línea continua lateral.	km	₡ 429 331,95	17/3/2025	jun-2023
(CR.634.02) Línea discontinua de centro.	km	₡ 345 446,75	17/3/2025	jun-2023
(CR.634.04) Demarcación de cordón de caño.	km	₡ 429 331,95	17/3/2025	jun-2023
(CR.634.05) Demarcación de flechas direccionales.	u	₡ 27 405,00	17/3/2025	jun-2023
(CR.634.06) Demarcación de flechas direccionales para letrero de Solo.	u	₡ 24 677,55	17/3/2025	jun-2023
(CR.634.07) Demarcación de letrero de Alto.	u	₡ 24 664,50	17/3/2025	jun-2023
(CR.634.08) Demarcación de letrero de Ceda.	u	₡ 30 602,26	17/3/2025	jun-2023
(CR.634.09) Demarcación de letrero de Escuela.	u	₡ 37 009,80	17/3/2025	jun-2023
(CR.634.10) Demarcación de letrero de Velocidad máxima.	u	₡ 30 602,26	17/3/2025	jun-2023
(CR.634.11) Demarcación de letrero de cruce de ferrocarril.	u	₡ 63 945,00	17/3/2025	jun-2023
(CR.634.12) Demarcación de letrero de Solo.	u	₡ 24 677,85	18/3/2025	jun-2023
(CR.634.15) Capta luz dos caras.	u	₡ 3 043,76	14/3/2025	jun-2023
(CR.634.16) Demarcación de pasos peatonales tipo cebra.	m ²	₡ 10 570,50	18/3/2025	jun-2023
(CR.634.17) Demarcación de reductores de velocidad.	m ²	₡ 9 000,00	28/3/2025	oct-2021
(CR.634.18) Demarcación de línea de paro.	m ²	₡ 9 000,00	28/3/2025	oct-2021
(CR.634.20) Demarcación de isla de canalización.	m ²	₡ 10 570,50	18/3/2025	jun-2023
(CR.636.02) Instalación de iluminación.	un	₡ 24 012 703,37	15/4/2025	dic-2018
(CR.636.04) Sistemas de cruce de ferrocarril.	glb	₡ -	-	feb-2025
Adhesivo especial para bandas reflectantes	m ²	₡ -	-	feb-2025
Bandas transversales de alerta	km	₡ -	-	feb-2025
Puente peatonal	u	₡ 400 458 389,99	28/3/2025	feb-2025
Reductores de velocidad tipo lomo.	u	₡ 36 229,50	28/3/2025	may-2020

Nombre de la actividad	Unidad	Precio Unitario	Fecha de toma	Fecha de oferta
Reductores de velocidad tipo tachuelones.	u	€ 8 419,09	28/3/2025	may-2020
Semáforos peatonales.	u	€ 17 218 560,00	25/3/2025	oct-2024
Semáforos vehiculares (2 fases)	u	€ 10 547 200,00	25/3/2025	oct-2024
Semáforos vehiculares (4 fases)	u	€ 22 016 000,00	25/3/2025	oct-2024

Tabla 10

Matriz con la estructura de costos y el desglose de los precios unitarios para cada uno de los renglones de pago. Parte 1.

Nombre de la actividad	Costos Fijos	Repuestos	Llantas	Combustibles	Lubricantes	Mano de Obra
(CR.201.01) Limpieza y desmonte.	₡ 496 436,58	₡ 530 978,60	₡ 71 637,27	₡ 636 963,90	₡ 56 971,26	₡ 681 169,17
(CR.201.03) Remoción de árboles de gran tamaño.	₡ 5 487,97	₡ 5 869,82	₡ 791,93	₡ 7 041,46	₡ 629,80	₡ 67 203,70
(CR.203.05) Remoción de estructuras y obstáculos.	₡ 2 459,45	₡ 2 630,57	₡ 354,91	₡ 3 155,65	₡ 282,25	₡ 4 070,20
(CR.204.03) Excavación en la vía.	₡ 634,65	₡ 678,82	₡ 91,58	₡ 814,31	₡ 72,83	₡ 800,91
(CR.212.01) Construcción lineal de explanación.	₡ 341 707,36	₡ 29 803,98	₡ 50 231,52	₡ 201 744,29	₡ 26 033,55	₡ 162 190,00
(CR.251.01) Escollera.	₡ 4 510,16	₡ 4 823,97	₡ 650,83	₡ 5 786,86	₡ 517,59	₡ 10 426,28
(CR.262.01) Revestimiento de taludes con concreto hidráulico, 12 cm de espesor	₡ 2 698,91	₡ 2 886,70	₡ 389,46	₡ 3 462,89	₡ 309,73	₡ 7 448,06
(CR.301.01) Subbase granular.	₡ 2 268,12	₡ 2 425,93	₡ 327,30	₡ 2 910,16	₡ 260,29	₡ 2 004,93
(CR.301.02) Base granular.	₡ 2 899,31	₡ 3 101,04	₡ 418,38	₡ 3 720,02	₡ 332,73	₡ 4 220,94
(CR.405.01) Carpeta de mezcla asfáltica en caliente.	₡ 8 443,89	₡ 9 031,41	₡ 1 218,48	₡ 10 834,11	₡ 969,02	₡ 10 316,41
(CR.415.01) Perfilado de capa asfáltica.	₡ 4 054,82	₡ 4 336,96	₡ 585,12	₡ 5 202,63	₡ 465,33	₡ 4 080,80

Nombre de la actividad	Costos Fijos	Repuestos	Llantas	Combustibles	Lubricantes	Mano de Obra
(CR.416.03) Preparación, corte, limpieza y sello de grietas.	₡ 208,35	₡ 222,84	₡ 30,07	₡ 267,32	₡ 23,91	₡ 206,11
(CR.501.01) Carpeta de concreto hidráulico.	₡ 2 086,69	₡ 2 231,89	₡ 301,12	₡ 2 677,38	₡ 239,47	₡ 6 588,47
(CR.502.01) Bacheo de pavimento de concreto.	₡ 1 218,93	₡ 1 303,74	₡ 175,90	₡ 1 563,97	₡ 139,88	₡ 3 106,30
(CR.502.02) Sellado de juntas y grietas.	₡ 290,75	₡ 310,98	₡ 41,96	₡ 373,06	₡ 33,37	₡ 381,30
(CR.502.05) Fresado de la superficie.	₡ 287,94	₡ 307,98	₡ 41,55	₡ 369,45	₡ 33,04	₡ 189,11
(CR.608.01) Revestimiento de canales, cunetas y contracunetas.	₡ 600,46	₡ 642,24	₡ 86,65	₡ 770,44	₡ 68,91	₡ 3 409,41
(CR.609.01) Bordillo de concreto hidráulico.	₡ 324,97	₡ 347,59	₡ 46,89	₡ 416,97	₡ 37,29	₡ 3 412,63
(CR.609.02) Canales, cunetas y contracunetas	₡ 240,94	₡ 257,70	₡ 34,77	₡ 309,14	₡ 27,65	₡ 384,86
(CR.615.01) Acera.	₡ 1 434,20	₡ 1 533,99	₡ 206,96	₡ 1 840,18	₡ 164,59	₡ 4 501,52
(CR.615.03) Sendero.	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
(CR.617.01) Barrera de contención vehicular en metal.	₡ 6 402,00	₡ 291,00	₡ 291,00	₡ 2 425,00	₡ 291,00	₡ 18 900,00
(CR.618.01) Barrera de concreto, colada en sitio.	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 23 551,05

Nombre de la actividad	Costos Fijos	Repuestos	Llantas	Combustibles	Lubricantes	Mano de Obra
(CR.633.01) Señales verticales.	₡ 7 360,00	₡ 560,00	₡ 560,00	₡ 560,00	₡ 560,00	₡ 14 400,00
(CR.633.02) Remoción de señales verticales.	₡ 2 936,08	₡ 3 140,37	₡ 423,68	₡ 3 767,20	₡ 336,95	₡ 9 572,43
(CR.633.05) Bolardos/postes delineadores abatibles.	₡ 1 661,75	₡ 250,83	₡ 188,12	₡ 1 034,67	₡ 156,77	₡ 3 762,44
(CR.634.01) Línea continua de centro.	₡ 14 475,56	₡ 2 895,11	₡ 4 704,56	₡ 10 856,67	₡ 3 257,00	₡ 52 638,40
(CR.634.01) Línea continua lateral.	₡ 14 475,56	₡ 2 895,11	₡ 4 704,56	₡ 10 856,67	₡ 3 257,00	₡ 52 638,40
(CR.634.02) Línea discontinua de centro.	₡ 11 647,24	₡ 2 329,45	₡ 3 785,35	₡ 8 735,43	₡ 2 620,63	₡ 42 353,60
(CR.634.04) Demarcación de cordón de caño.	₡ 14 475,56	₡ 2 895,11	₡ 4 704,56	₡ 10 856,67	₡ 3 257,00	₡ 52 638,40
(CR.634.05) Demarcación de flechas direccionales.	₡ 924,00	₡ 184,80	₡ 300,30	₡ 693,00	₡ 207,90	₡ 3 360,00
(CR.634.06) Demarcación de flechas direccionales para letrero de Solo.	₡ 832,04	₡ 166,41	₡ 270,41	₡ 624,03	₡ 187,21	₡ 3 025,60
(CR.634.07) Demarcación de letrero de Alto.	₡ 831,60	₡ 166,32	₡ 270,27	₡ 623,70	₡ 187,11	₡ 3 024,00
(CR.634.08) Demarcación de letrero de Ceda.	₡ 1 031,80	₡ 206,36	₡ 335,34	₡ 773,85	₡ 232,16	₡ 3 752,00

Nombre de la actividad	Costos Fijos	Repuestos	Llantas	Combustibles	Lubricantes	Mano de Obra
(CR.634.09) Demarcación de letrero de Escuela.	₡ 1 247,84	₡ 249,57	₡ 405,55	₡ 935,88	₡ 280,76	₡ 4 537,60
(CR.634.10) Demarcación de letrero de Velocidad máxima.	₡ 1 031,80	₡ 206,36	₡ 335,34	₡ 773,85	₡ 232,16	₡ 3 752,00
(CR.634.11) Demarcación de letrero de cruce de ferrocarril.	₡ 2 156,00	₡ 431,20	₡ 700,70	₡ 1 617,00	₡ 485,10	₡ 7 840,00
(CR.634.12) Demarcación de letrero de Solo.	₡ 832,04	₡ 166,41	₡ 270,41	₡ 624,03	₡ 187,21	₡ 3 025,60
(CR.634.15) Capta luz dos caras.	₡ 23,16	₡ 4,09	₡ 2,27	₡ 14,53	₡ 1,36	₡ 266,98
(CR.634.16) Demarcación de pasos peatonales tipo cebra.	₡ 356,40	₡ 71,28	₡ 115,83	₡ 267,30	₡ 80,19	₡ 1 296,00
(CR.634.17) Demarcación de reductores de velocidad.	₡ 882,00	₡ 90,00	₡ 90,00	₡ 135,00	₡ 90,00	₡ 1 890,00
(CR.634.18) Demarcación de línea de paro.	₡ 882,00	₡ 90,00	₡ 90,00	₡ 135,00	₡ 90,00	₡ 1 890,00
(CR.634.20) Demarcación de isla de canalización.	₡ 356,40	₡ 71,28	₡ 115,83	₡ 267,30	₡ 80,19	₡ 1 296,00
(CR.636.02) Instalación de iluminación.	₡ 93 649,54	₡ 31 216,51	₡ 2 401,27	₡ 38 420,33	₡ 9 605,08	₡ 3 544 275,02
(CR.636.04) Sistemas de cruce de ferrocarril.	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -

Nombre de la actividad	Costos Fijos	Repuestos	Llantas	Combustibles	Lubricantes	Mano de Obra
Adhesivo especial para bandas reflectantes	Ø -	Ø -	Ø -	Ø -	Ø -	Ø -
Bandas transversales de alerta	Ø -	Ø -	Ø -	Ø -	Ø -	Ø -
Puente peatonal	Ø 20 227 984,61	Ø 15 024 832,52	Ø 526 161,46	Ø 4 267 754,00	Ø 1 520 021,97	Ø 109 735 098,71
Reductores de velocidad tipo lomo.	Ø 1 920,16	Ø 289,84	Ø 217,38	Ø 1 195,57	Ø 181,15	Ø 4 347,54
Reductores de velocidad tipo tachuelones.	Ø 446,21	Ø 67,35	Ø 50,51	Ø 277,83	Ø 42,10	Ø 1 010,29
Semáforos peatonales.	Ø 3 443 712,00	Ø -	Ø -	Ø -	Ø -	Ø 5 854 310,40
Semáforos vehiculares (2 fases)	Ø 2 109 440,00	Ø -	Ø -	Ø -	Ø -	Ø 3 586 048,00
Semáforos vehiculares (4 fases)	Ø 4 403 200,00	Ø -	Ø -	Ø -	Ø -	Ø 7 485 440,00

Tabla 11

Matriz con la estructura de costos y el desglose de los precios unitarios para cada uno de los renglones de pago. Parte 2.

Nombre de la actividad	Materiales	Subcontratos	Imprevistos	Administración (Insumos)	Administración (M.O.)	Utilidad
(CR.201.01) Limpieza y desmonte.	₡ 512 820,51	₡ 59 739,55	₡ 91 401,51	₡ 307 535,60	₡ 506 511,13	₡ 395 216,51
(CR.201.03) Remoción de árboles de gran tamaño.	₡ -	₡ -	₡ 1 740,49	₡ 4 088,51	₡ 7 944,66	₡ 4 031,92
(CR.203.05) Remoción de estructuras y obstáculos.	₡ 1 400,00	₡ -	₡ 287,06	₡ 674,32	₡ 1 310,32	₡ 1 462,98
(CR.204.03) Excavación en la vía.	₡ 405,00	₡ -	₡ 69,96	₡ 164,35	₡ 319,35	₡ 364,66
(CR.212.01) Construcción lineal de explanación.	₡ 51,41	₡ -	₡ 24 352,86	₡ 41 805,75	₡ 29 264,02	₡ 90 718,47
(CR.251.01) Escollera.	₡ 22 205,93	₡ -	₡ 978,43	₡ 2 298,40	₡ 4 466,17	₡ 5 541,80

Nombre de la actividad	Materiales	Subcontratos	Imprevistos	Administración (Insumos)	Administración (M.O.)	Utilidad
(CR.262.01) Revestimiento de taludes con concreto hidráulico, 12 cm de espesor	₡ 17 341,13	₡ 690,74	₡ 1 056,83	₡ 3 555,87	₡ 5 856,53	₡ 4 569,68
(CR.301.01) Subbase granular.	₡ 7 965,48	₡ -	₡ 181,62	₡ 800,15	₡ 1 541,76	₡ 1 861,72
(CR.301.02) Base granular.	₡ 7 965,48	₡ -	₡ 226,58	₡ 998,21	₡ 1 923,39	₡ 2 322,55
(CR.405.01) Carpeta de mezcla asfáltica en caliente.	₡ 139 704,40	₡ 3 610,35	₡ 5 523,84	₡ 18 585,89	₡ 30 610,96	₡ 23 884,88
(CR.415.01) Perfilado de capa asfáltica.	₡ 51,43	₡ -	₡ 187,77	₡ 827,24	₡ 1 593,96	₡ 1 924,75
(CR.416.03) Preparación, corte, limpieza y sello de grietas.	₡ 1 577,48	₡ -	₡ 25,36	₡ 111,73	₡ 215,28	₡ 259,96
(CR.501.01) Carpeta de concreto hidráulico.	₡ 128 545,74	₡ -	₡ 1 426,71	₡ 6 285,48	₡ 12 111,09	₡ 14 624,46

Nombre de la actividad	Materiales	Subcontratos	Imprevistos	Administración (Insumos)	Administración (M.O.)	Utilidad
(CR.502.01) Bacheo de pavimento de concreto.	₡ 15 284,81	₡ -	₡ 227,94	₡ 1 004,19	₡ 1 934,91	₡ 2 336,45
(CR.502.02) Sellado de juntas y grietas.	₡ 1 698,84	₡ -	₡ 31,30	₡ 137,91	₡ 265,72	₡ 320,87
(CR.502.05) Fresado de la superficie.	₡ 39,60	₡ -	₡ 12,69	₡ 55,89	₡ 107,70	₡ 130,05
(CR.608.01) Revestimiento de canales, cunetas y contracunetas.	₡ 8 472,25	₡ -	₡ 281,01	₡ 660,10	₡ 1 282,69	₡ 1 432,13
(CR.609.01) Bordillo de concreto hidráulico.	₡ 14 401,45	₡ -	₡ 569,63	₡ 1 519,02	₡ 2 278,54	₡ 2 430,78
(CR.609.02) Canales, cunetas y contracunetas	₡ 150,00	₡ -	₡ 28,10	₡ 66,01	₡ 128,27	₡ 159,16
(CR.615.01) Acera.	₡ 10 609,97	₡ -	₡ 405,83	₡ 953,31	₡ 1 852,45	₡ 2 298,59
(CR.615.03) Sendero.	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -

Nombre de la actividad	Materiales	Subcontratos	Imprevistos	Administración (Insumos)	Administración (M.O.)	Utilidad
(CR.617.01) Barrera de contención vehicular en metal.	₡ 38 556,75	₡ -	₡ 1 711,00	₡ 2 566,50	₡ 5 560,75	₡ 8 555,00
(CR.618.01) Barrera de concreto, colada en sitio.	₡ 61 453,89	₡ -	₡ 6 069,35	₡ 13 168,34	₡ 5 046,52	₡ 12 143,24
(CR.633.01) Señales verticales.	₡ 56 000,00	₡ -	₡ 5 712,00	₡ 14 056,77	₡ 3 085,63	₡ 11 428,27
(CR.633.02) Remoción de señales verticales.	₡ 6,00	₡ -	₡ 605,48	₡ 1 614,62	₡ 2 421,93	₡ 2 583,75
(CR.633.05) Bolardos/postes delimitadores abatibles.	₡ -	₡ -	₡ 1 567,69	₡ 19 439,29	₡ -	₡ 3 292,14
(CR.634.01) Línea continua de centro.	₡ 240 162,70	₡ -	₡ 3 289,90	₡ 46 058,60	₡ 34 543,95	₡ 16 449,50
(CR.634.01) Línea continua lateral.	₡ 240 162,70	₡ -	₡ 3 289,90	₡ 46 058,60	₡ 34 543,95	₡ 16 449,50

Nombre de la actividad	Materiales	Subcontratos	Imprevistos	Administración (Insumos)	Administración (M.O.)	Utilidad
(CR.634.02) Línea discontinua de centro.	₡ 193 238,30	₡ -	₡ 2 647,30	₡ 37 059,40	₡ 27 794,55	₡ 13 235,50
(CR.634.04) Demarcación de cordón de caño.	₡ 240 162,70	₡ -	₡ 3 289,90	₡ 46 058,60	₡ 34 543,95	₡ 16 449,50
(CR.634.05) Demarcación de flechas direccionales.	₡ 15 330,00	₡ -	₡ 210,00	₡ 2 940,00	₡ 2 205,00	₡ 1 050,00
(CR.634.06) Demarcación de flechas direccionales para letrero de Solo.	₡ 13 804,30	₡ -	₡ 189,10	₡ 2 647,40	₡ 1 985,55	₡ 945,50
(CR.634.07) Demarcación de letrero de Alto.	₡ 13 797,00	₡ -	₡ 189,00	₡ 2 646,00	₡ 1 984,50	₡ 945,00
(CR.634.08) Demarcación de letrero de Ceda.	₡ 17 118,50	₡ -	₡ 234,50	₡ 3 283,00	₡ 2 462,25	₡ 1 172,50
(CR.634.09) Demarcación de letrero de Escuela.	₡ 20 702,80	₡ -	₡ 283,60	₡ 3 970,40	₡ 2 977,80	₡ 1 418,00

Nombre de la actividad	Materiales	Subcontratos	Imprevistos	Administración (Insumos)	Administración (M.O.)	Utilidad
(CR.634.10) Demarcación de letrero de Velocidad máxima.	₡ 17 118,50	₡ -	₡ 234,50	₡ 3 283,00	₡ 2 462,25	₡ 1 172,50
(CR.634.11) Demarcación de letrero de cruce de ferrocarril.	₡ 35 770,00	₡ -	₡ 490,00	₡ 6 860,00	₡ 5 145,00	₡ 2 450,00
(CR.634.12) Demarcación de letrero de Solo.	₡ 13 804,60	₡ -	₡ 189,10	₡ 2 647,40	₡ 1 985,55	₡ 945,50
(CR.634.15) Capta luz dos caras.	₡ 2 020,00	₡ -	₡ 23,32	₡ 326,53	₡ 244,90	₡ 116,62
(CR.634.16) Demarcación de pasos peatonales tipo cebrá.	₡ 5 913,00	₡ -	₡ 81,00	₡ 1 134,00	₡ 850,50	₡ 405,00
(CR.634.17) Demarcación de reductores de velocidad.	₡ 3 960,00	₡ -	₡ 360,00	₡ 360,00	₡ 360,00	₡ 783,00

Nombre de la actividad	Materiales	Subcontratos	Imprevistos	Administración (Insumos)	Administración (M.O.)	Utilidad
(CR.634.18) Demarcación de línea de paro.	₡ 3 960,00	₡ -	₡ 360,00	₡ 360,00	₡ 360,00	₡ 783,00
(CR.634.20) Demarcación de isla de canalización.	₡ 5 913,00	₡ -	₡ 81,00	₡ 1 134,00	₡ 850,50	₡ 405,00
(CR.636.02) Instalación de iluminación.	₡ 15 898 810,90	₡ -	₡ 588 311,23	₡ 607 521,40	₡ 1 824 965,46	₡ 1 373 526,63
(CR.636.04) Sistemas de cruce de ferrocarril.	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Adhesivo especial para bandas reflectantes	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Bandas transversales de alerta	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Puente peatonal	₡ 145 690 683,80	₡ -	₡ 35 672 894,50	₡ 24 976 353,11	₡ 10 704 151,33	₡ 32 112 453,98
Reductores de velocidad tipo lomo.	₡ -	₡ -	₡ 1 811,48	₡ 22 462,29	₡ -	₡ 3 804,10

Nombre de la actividad	Materiales	Subcontratos	Imprevistos	Administración (Insumos)	Administración (M.O.)	Utilidad
Reductores de velocidad tipo tachuelones.	₪ -	₪ -	₪ 420,95	₪ 5 219,84	₪ -	₪ 884,00
Semáforos peatonales.	₪ -	₪ -	₪ 172 185,60	₪ 5 165 568,00	₪ 516 556,80	₪ 2 066 227,20
Semáforos vehiculares (2 fases)	₪ -	₪ -	₪ 105 472,00	₪ 3 164 160,00	₪ 316 416,00	₪ 1 265 664,00
Semáforos vehiculares (4 fases)	₪ -	₪ -	₪ 220 160,00	₪ 6 604 800,00	₪ 660 480,00	₪ 2 641 920,00

Es pertinente señalar que la información que se muestra en las Tablas 9, 10 y 11 proviene de diversas licitaciones públicas adjudicadas mediante el Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP), lo cual garantiza la validez, actualidad y confiabilidad de los datos empleados en la elaboración de los precios unitarios. El análisis de los renglones incluidos en dichas tablas permite identificar una amplia variedad de actividades vinculadas a diferentes tipologías de intervención en infraestructura vial, lo que enriquece y amplía el alcance del sistema propuesto.

Entre las actividades recopiladas se encuentran aquellas asociadas a la construcción de obra nueva, como la instalación de semáforos peatonales, alumbrado público y aceras; también se incluyen intervenciones de rehabilitación y mejora de infraestructura existente, tales como trabajos de demarcación y colocación de señalización vertical; así como actividades orientadas a la conservación vial, como limpieza, colocación de escolleras y mantenimiento de dispositivos de seguridad vial.

Esta diversidad de orígenes evidencia que el sistema de estimación de costos diseñado posee un carácter integral y versátil, permitiendo su aplicación tanto en proyectos de expansión de la infraestructura como en iniciativas de mantenimiento o mejora vial. Asimismo, contribuye a consolidar la representatividad técnica del modelo, al incorporar precios unitarios obtenidos a partir de proyectos reales ejecutados en contextos similares al del cantón de Matina.

Cabe señalar que, con el fin de garantizar la trazabilidad y la transparencia de los datos utilizados, en la Tabla 12 se incorpora el número de licitación correspondiente a cada uno de los renglones de pago analizados, lo cual permite verificar la fuente original de la información y brinda un respaldo documental a todo el proceso de recopilación, validación y análisis técnico desarrollado.

3.3 Etapa 3: Implementación del Reajuste de Precios

El proceso de reajuste de precios se inicia aplicando el formato especificado en la Tabla 3, con el objetivo de realizar los ajustes de forma individual para cada actividad contemplada dentro de las contramedidas propuestas. Este procedimiento permitió aplicar los índices de precios específicos requeridos en cada caso, garantizando así la precisión y trazabilidad de los cálculos, aspectos fundamentales para mantener la transparencia en los ajustes contractuales.

Previamente, en la etapa correspondiente a la obtención de las ofertas mediante el sistema SICOP, se destacó la importancia de documentar con exactitud la fecha de adjudicación de cada contrato. Esta fecha constituye un insumo crítico, ya que permite determinar correctamente el índice de fecha de inicio que debe emplearse como base en la fórmula contractual de reajuste de precios. Para efectos de este proyecto, se definió como mes de referencia de facturación de marzo de 2025, por coincidir con el ciclo operativo del proyecto en evaluación.

En cuanto a la ejecución técnica del reajuste, cada una de las tareas realizadas fue analizada conforme al desglose de la estructura de precios establecidos en las etapas anteriores. El cálculo se realizó mediante la fórmula reglamentaria, que consiste en multiplicar el precio unitario original, determinado y validado previamente, por el factor resultante de dividir el índice del mes de facturación entre el índice base correspondiente. Este meticuloso procedimiento permitió garantizar que cada componente del proyecto recibiera un ajuste económico preciso, según su naturaleza y momento de ejecución.

Para aplicar los reajustes con mayor representatividad, se emplearon índices de precios correspondientes a cada categoría de insumo, lo cual implicó realizar una estructura de precios detallada y ajustada a los valores reales del mercado. Este enfoque permitió alcanzar un alto grado de confiabilidad en los resultados. Los índices considerados abarcaron el período comprendido entre enero de 2018 y abril de 2025, permitiendo observar las variaciones ocurridas en ese lapso mediante gráficos que ilustran las fluctuaciones de precios y que se presentan posteriormente.

El primer paso en el proceso consistió en realizar una búsqueda exhaustiva de los índices requeridos en las bases de datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) y del Banco Central de Costa Rica (BCCR), organizándolos cronológicamente para su análisis. Cabe señalar que, al inicio del proyecto en enero de 2025, se encontraba vigente el Reglamento para el Reajuste de Precios en los Contratos de Obra Pública de Construcción y Mantenimiento, establecido mediante el Decreto Ejecutivo N.º 33114- MEIC de marzo de 2006, el cual fue utilizado como base normativa.

Sin embargo, el 3 de abril de 2025 se publicó en el Diario Oficial La Gaceta el nuevo Decreto Ejecutivo N.º 44937- MEIC- H- MOPT- MP, que aprueba el Reglamento para el Reajuste de Precios en los Contratos de Obra Pública y la Revisión de Bienes y Servicios, derogando el anterior. No obstante, según el Transitorio III del nuevo reglamento, este no aplica a los procedimientos en curso cuya ejecución se dé antes de su entrada en vigor, prevista para agosto de 2025. Por ello, y considerando que gran parte del análisis ya se encontraba avanzado al momento de la publicación del nuevo reglamento, se optó por mantener el uso del reglamento de 2006, garantizando la coherencia metodológica y legal del proyecto.

La nueva normativa incorpora una mayor variedad de índices clasificados por insumo y servicio; Sin embargo, estos no fueron utilizados, dado que el estudio se rige por la normativa anterior. En mayo de 2025, el INEC publicó el documento titulado “Enlace de los Índices de Precios de la Construcción base febrero 2012 a la base febrero 2025”, cuyo objetivo fue armonizar las series históricas. No obstante, debido a los cambios metodológicos y redefinición de varios índices a partir de febrero de 2025, algunas series, como movimiento de tierra, concreto, base de lastre, estructuras prefabricadas y ciertos aceros, no pueden integrarse directamente en la tabulación histórica. Para estos casos, se realizó un ejercicio de comparación con índices análogos del reglamento de 2006, seleccionando aquellos que mejor reproducen las variaciones de precios, con el fin de mantener la coherencia técnica del análisis. A continuación, se muestra un enlistado de los índices de precio de la construcción base 2025:

- Índice de Precios de Edificios.
- Índice de Precios de Costo de Posesión de Maquinaria.
- Índice de Precios de Costo de Posesión de Equipo.
- Índice de Precios de Repuestos.
- Índice de precios de Llantas.
- Índice de Precios de Combustibles.
- Índice de Precios de Lubricantes.
- Índice de Precios de Productos Asfálticos.
- Índice de Precios de Mezcla Asfáltica en Caliente.
- Índice de Precios de Cemento Hidráulico.
- Índice de Precios de Concreto Hidráulico.
- Índice de precios de áridos.
- Índice de Precios de Encofrados de Madera.
- Índice de Precios de Encofrados de Metal.
- Índice de Precios de Acero de Refuerzo.
- Índice de Precios de Acero Estructural.
- Índice de Precios de Productos Metálicos Elaborados.
- Índice de Precios de Señalización Vial Vertical.
- Índice de Precios de Demarcación Vial Horizontal.

El resto de los índices de la construcción mantuvieron su fórmula y alcance, por lo que fue posible tabularlos mes a mes sin comparación adicional. De esta forma, se garantiza que todas las actividades analizadas se ajusten conforme a la metodología vigente y a las series oficiales del INEC.

Según la normativa aplicada, los reajustes de precios no pueden realizarse con índices cuya antigüedad supere los cinco años. Por tal motivo, se utilizaron únicamente índices comprendidos entre enero de 2020 y marzo de 2025. Esta condición asegura que todos los presupuestos y licitaciones analizadas se encontrarán dentro del plazo reglamentario. Se presenta una excepción en el renglón “(CR. 636.02) Instalación de iluminación”, para el cual no se localizaron licitaciones recientes. En este caso, se recurrió a registros de los años 2018 y 2019, utilizando como base el índice correspondiente a diciembre de 2018, justificado por la falta de datos actualizados y con el fin de preservar la consistencia técnica del análisis.

Como se detalla en la Tabla 2, de las licitaciones se obtiene la fecha base de adjudicación, que se utiliza para identificar el índice inicial. El índice del mes de facturación marzo de 2025 corresponde al valor de referencia para ajustar los precios. Con los índices ya tabulados, se procedió a calcular los reajustes para cada actividad, siguiendo el orden estipulado en la Tabla 3. Este cálculo consistió en multiplicar la razón entre el índice del mes de facturación y el índice inicial por el precio unitario determinado en la etapa de costos unitarios, obteniendo así el precio reajustado por columna y el precio total de cada actividad.

En cuanto al reajuste aplicado a los semáforos peatonales y vehiculares, se utilizó una metodología específica, dado que los precios de licitación estaban en dólares estadounidenses. Para convertir estos precios a colones costarricenses, se empleó el tipo de cambio vigente a la fecha de adjudicación o, en su defecto, el tipo de cambio promedio del mes correspondiente. Este valor se multiplicó por el precio unitario en dólares, obteniendo así el valor en moneda local para proceder con el reajuste de manera coherente.

En conjunto, la implementación de este proceso sistemático, técnico y normativamente fundamentado garantiza que los reajustes de precios reflejen fielmente las variaciones en los índices económicos y se ajusten a las condiciones contractuales y legales aplicables en el momento de ejecución del proyecto.

Para ilustrar con mayor claridad el procedimiento utilizado para el reajuste de precios, se presenta como ejemplo el renglón de pago denominado "(CR.212.01) Construcción lineal de explanación", y específicamente se explicará el cálculo correspondiente al primer elemento de la estructura de precios: Costos Fijos.

En primer lugar, se parte del precio unitario base extraído de la licitación seleccionada, considerando la fecha de oferta asociada. A partir de esta información, se realiza la descomposición del precio unitario en los doce elementos que integran la estructura de precio. Para este ejemplo, se utilizará como fecha de reajuste el mes de abril de 2025. Dado que los Costos Fijos se ajustan utilizando el índice de maquinaria, se procede a consultar los valores correspondientes a dicha categoría en la plataforma del INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) para ambas fechas: la de la oferta y la del reajuste.

Ejemplo de Costos Fijos

- Costo original de la actividad (septiembre 2021): ₡341 707,36
- Índice de maquinaria en septiembre 2021: 96,60
- Índice de maquinaria en abril 2025: 99,78

El cálculo del precio reajustado se realiza aplicando la fórmula:

$$\text{Precio reajustado} = \text{₡ } 341\,707,36 \cdot \frac{99,78}{96,60}$$

$$\text{Precio reajustado} = \text{₡ } 352\,956,12$$

Este resultado refleja el nuevo valor actualizado del componente de Costos Fijos para la fecha de abril de 2025, aplicando correctamente el procedimiento establecido en el Reglamento para el Reajuste de Precios en los Contratos de Obra Pública. Este mismo procedimiento fue aplicado de manera uniforme a todas las actividades y renglones de pago analizados en el estudio.

A continuación, en la tabla 12 se encuentran las características necesarias para los renglones de pago y en las tablas 13 y 14 se observa la estructura de costos y los precios unitarios reajustados para cada uno de los renglones de pago correspondientes.

Tabla 12

Matriz con las características necesarias para los renglones de pago.

Nombre de la actividad	Unidad	Costo unitario reajustado	Fecha base	Fecha de reajuste	Número de licitación.
(CR.201.01) Limpieza y desmonte.	ha	₡ 4 186 974,76	ene-2023	abr-2025	2022LN-000004-0006000001
(CR.201.03) Remoción de árboles de gran tamaño.	u	₡ 110 055,58	dic-2022	abr-2025	2022CD-000149-0006000001
(CR.203.05) Remoción de estructuras y obstáculos.	glb	₡ 17 447,24	nov-2022	abr-2025	2022CD-000128-0006000001
(CR.204.03) Excavación en la vía.	m ³	₡ 4 132,32	dic-2022	abr-2025	2022CD-000149-0006000001
(CR.212.01) Construcción lineal de explanación.	km	₡ 1 030 914,62	sep-2021	abr-2025	2021LN-000002-0006000001
(CR.251.01) Escollera.	m ³	₡ 57 364,80	dic-2022	abr-2025	2022CD-000149-0006000001
(CR.262.01) Revestimiento de taludes con concreto hidráulico, 12 cm de espesor	m ²	₡ 47 190,06	nov-2022	abr-2025	2022CD-000128-0006000001
(CR.301.01) Subbase granular.	m ³	₡ 22 131,31	nov-2022	abr-2025	2022CD-000128-0006000001
(CR.301.02) Base granular.	m ³	₡ 27 645,24	nov-2022	abr-2025	2022CD-000128-0006000001
(CR.405.01) Carpeta de mezcla asfáltica en caliente.	m ³	₡ 228 661,39	nov-2022	abr-2025	2022CD-000128-0006000001
(CR.415.01) Perfilado de capa asfáltica.	m ³	₡ 21 620,65	nov-2022	abr-2025	2022CD-000128-0006000001
(CR.416.03) Preparación, corte, limpieza y sello de grietas.	m	₡ 2 803,62	nov-2022	abr-2025	2022CD-000128-0006000001
(CR.501.01) Carpeta de concreto hidráulico.	m ³	₡ 155 771,84	nov-2022	abr-2025	2022CD-000128-0006000001
(CR.502.01) Bacheo de pavimento de concreto.	m ²	₡ 25 522,15	nov-2022	abr-2025	2022CD-000128-0006000001
(CR.502.02) Sellado de juntas y grietas.	m	₡ 3 985,10	nov-2022	abr-2025	2022CD-000128-0006000001
(CR.502.05) Fresado de la superficie.	m ²	₡ 1 448,33	nov-2022	abr-2025	2022CD-000128-0006000001

Nombre de la actividad	Unidad	Costo unitario reajustado	Fecha base	Fecha de reajuste	Número de licitación.
(CR.608.01) Revestimiento de canales, cunetas y contracunetas.	m	₡ 16 414,52	dic-2022	abr-2025	2022CD-000149-0006000001
(CR.609.01) Bordillo de concreto hidráulico.	m	₡ 23 717,98	sep-2022	abr-2025	2022CD-000086-0006000001
(CR.609.02) Canales, cunetas y contracunetas	m	₡ 1 675,15	dic-2022	abr-2025	2022CD-000149-0006000001
(CR.615.01) Acera.	m ²	₡ 23 831,51	dic-2022	abr-2025	2022CD-000149-0006000001
(CR.615.03) Sendero.	m ²	₡ -	-	-	-
(CR.617.01) Barrera de contención vehicular en metal.	m	₡ 74 282,88	jun-2023	abr-2025	2022CD-000145-0006000001
(CR.618.01) Barrera de concreto, colada en sitio.	m	₡ 112 139,88	jun-2023	abr-2025	2022CD-000145-0006000001
(CR.633.01) Señales verticales.	u	₡ 111 118,47	jun-2023	abr-2025	2022CD-000145-0006000001
(CR.633.02) Remoción de señales verticales.	u	₡ 26 796,80	sep-2022	abr-2025	2022CD-000086-0006000001
(CR.633.05) Bolardos/postes delineadores abatibles.	u	₡ 34 832,21	may-2020	abr-2025	2020LN-000001-0006000001
(CR.634.01) Línea continua de centro.	km	₡ 417 003,49	jun-2023	abr-2025	2022CD-000145-0006000001
(CR.634.01) Línea continua lateral.	km	₡ 417 003,49	jun-2023	abr-2025	2022CD-000145-0006000001
(CR.634.02) Línea discontinua de centro.	km	₡ 335 527,09	jun-2023	abr-2025	2022CD-000145-0006000001
(CR.634.04) Demarcación de cordón de caño.	km	₡ 417 003,49	jun-2023	abr-2025	2022CD-000145-0006000001
(CR.634.05) Demarcación de flechas direccionales.	u	₡ 26 618,05	jun-2023	abr-2025	2022CD-000145-0006000001
(CR.634.06) Demarcación de flechas direccionales para letrero de Solo.	u	₡ 23 968,92	jun-2023	abr-2025	2022CD-000145-0006000001
(CR.634.07) Demarcación de letrero de Alto.	u	₡ 23 956,25	jun-2023	abr-2025	2022CD-000145-0006000001

Nombre de la actividad	Unidad	Costo unitario reajustado	Fecha base	Fecha de reajuste	Número de licitación.
(CR.634.08) Demarcación de letrero de Ceda.	u	₡ 29 723,50	jun-2023	abr-2025	2022CD-000145-0006000001
(CR.634.09) Demarcación de letrero de Escuela.	u	₡ 35 947,05	jun-2023	abr-2025	2022CD-000145-0006000001
(CR.634.10) Demarcación de letrero de Velocidad máxima.	u	₡ 29 723,50	jun-2023	abr-2025	2022CD-000145-0006000001
(CR.634.11) Demarcación de letrero de cruce de ferrocarril.	u	₡ 62 108,79	jun-2023	abr-2025	2022CD-000145-0006000001
(CR.634.12) Demarcación de letrero de Solo.	u	₡ 23 969,20	jun-2023	abr-2025	2022CD-000145-0006000001
(CR.634.15) Capta luz dos caras.	u	₡ 2 941,63	jun-2023	abr-2025	2022CD-000145-0006000001
(CR.634.16) Demarcación de pasos peatonales tipo cebra.	m ²	₡ 10 266,96	jun-2023	abr-2025	2022CD-000145-0006000001
(CR.634.17) Demarcación de reductores de velocidad.	m ²	₡ 9 288,07	oct-2021	abr-2025	2021CD-000040-0028202161
(CR.634.18) Demarcación de línea de paro.	m ²	₡ 9 288,07	oct-2021	abr-2025	2021CD-000040-0028202161
(CR.634.20) Demarcación de isla de canalización.	m ²	₡ 10 266,96	jun-2023	abr-2025	2022CD-000145-0006000001
(CR.636.02) Instalación de iluminación.	un	₡ 23 925 246,37	dic-2018	abr-2025	2017LN-000008-0006000001
(CR.636.04) Sistemas de cruce de ferrocarril.	glb	₡ -	-	-	-
Adhesivo especial para bandas reflectantes	m ²	₡ -	-	-	-
Bandas transversales de alerta	km	₡ -	-	-	-
Puente peatonal	u	₡ 374 400 515,59	feb-2025	abr-2025	2025LY-000002-0006000001
Reductores de velocidad tipo lomo.	u	₡ 40 248,95	may-2020	abr-2025	2020LN-000001-0006000001
Reductores de velocidad tipo tachuelones.	u	₡ 9 353,14	may-2020	abr-2025	2020LN-000001-0006000001
Semáforos peatonales.	u	₡ 17 343 610,38	oct-2024	abr-2025	2024LY-000004-0058700001

Nombre de la actividad	Unidad	Costo unitario reajustado	Fecha base	Fecha de reajuste	Número de licitación.
Semáforos vehiculares (2 fases)	u	₡ 10 623 799,40	oct-2024	abr-2025	2024LY-000004-0058700001
Semáforos vehiculares (4 fases)	u	₡ 22 175 891,95	oct-2024	abr-2025	2024LY-000004-0058700001

Tabla 13

Matriz con la estructura de costos y los precios unitarios reajustados para cada uno de los renglones de pago. Parte 1.

Nombre de la actividad	Costos Fijos reajustados	Repuestos reajustados	Llantas reajustadas	Combustible reajustado	Lubricante reajustado	Mano de Obra reajustada
(CR.201.01) Limpieza y desmonte.	₡ 466 104,77	₡ 521 638,31	₡ 69 042,27	₡ 459 639,99	₡ 48 284,23	₡ 1 774 130,74
(CR.201.03) Remoción de árboles de gran tamaño.	₡ 4 926,68	₡ 5 555,01	₡ 723,13	₡ 4 835,78	₡ 523,40	₡ 83 688,63
(CR.203.05) Remoción de estructuras y obstáculos.	₡ 2 245,15	₡ 2 503,83	₡ 318,67	₡ 2 175,54	₡ 237,26	₡ 7 551,10
(CR.204.03) Excavación en la vía.	₡ 569,74	₡ 642,41	₡ 83,62	₡ 559,23	₡ 60,53	₡ 1 247,57
(CR.212.01) Construcción lineal de explanación.	₡ 352 965,56	₡ 30 688,58	₡ 44 642,58	₡ 197 025,53	₡ 24 622,74	₡ 220 582,30
(CR.251.01) Escollera.	₡ 4 048,88	₡ 4 565,25	₡ 594,29	₡ 3 974,18	₡ 430,15	₡ 16 584,91

Nombre de la actividad	Costos Fijos reajustados	Repuestos reajustados	Llantas reajustadas	Combustible reajustado	Lubricante reajustado	Mano de Obra reajustada
(CR.262.01) Revestimiento de taludes con concreto hidráulico, 12 cm de espesor	₡ 2 463,75	₡ 2 747,62	₡ 349,69	₡ 2 387,35	₡ 260,35	₡ 14 816,60
(CR.301.01) Sub-base granular.	₡ 2 070,49	₡ 2 309,05	₡ 293,88	₡ 2 006,29	₡ 218,80	₡ 3 949,76
(CR.301.02) Base granular.	₡ 2 646,69	₡ 2 951,64	₡ 375,66	₡ 2 564,62	₡ 279,69	₡ 6 842,61
(CR.405.01) Carpetas de mezcla asfáltica en caliente.	₡ 7 708,15	₡ 8 596,30	₡ 1 094,06	₡ 7 469,14	₡ 814,54	₡ 45 578,58
(CR.415.01) Perfilado de capa asfáltica.	₡ 3 701,51	₡ 4 128,01	₡ 525,37	₡ 3 586,74	₡ 391,15	₡ 6 319,67
(CR.416.03) Preparación, corte, limpieza y sello de grietas.	₡ 190,20	₡ 212,10	₡ 27,00	₡ 184,29	₡ 20,10	₡ 469,28
(CR.501.01) Carpetas de concreto hidráulico.	₡ 1 904,87	₡ 2 124,36	₡ 270,37	₡ 1 845,81	₡ 201,29	₡ 20 824,68

Nombre de la actividad	Costos Fijos reajustados	Repuestos reajustados	Llantas reajustadas	Combustible reajustado	Lubricante reajustado	Mano de Obra reajustada
(CR.502.01) Bacheo de pavimento de concreto.	₡ 1 112,72	₡ 1 240,93	₡ 157,94	₡ 1 078,22	₡ 117,58	₡ 5 614,12
(CR.502.02) Sellado de juntas y grietas.	₡ 265,42	₡ 296,00	₡ 37,68	₡ 257,19	₡ 28,05	₡ 2 612,46
(CR.502.05) Fresado de la superficie.	₡ 262,85	₡ 293,14	₡ 37,31	₡ 254,70	₡ 27,77	₡ 374,64
(CR.608.01) Revestimiento de canales, cunetas y contracunetas.	₡ 539,05	₡ 607,80	₡ 79,12	₡ 529,11	₡ 57,27	₡ 5 225,34
(CR.609.01) Bordillo de concreto hidráulico.	₡ 292,66	₡ 319,97	₡ 39,50	₡ 274,27	₡ 31,38	₡ 6 337,95
(CR.609.02) Canales, cunetas y contracunetas	₡ 216,30	₡ 243,88	₡ 31,75	₡ 212,30	₡ 22,98	₡ 571,44
(CR.615.01) Acera.	₡ 1 287,51	₡ 1 451,72	₡ 188,98	₡ 1 263,76	₡ 136,78	₡ 7 076,07

Nombre de la actividad	Costos Fijos reajustados	Repuestos reajustados	Llantas reajustadas	Combustible reajustado	Lubricante reajustado	Mano de Obra reajustada
(CR.615.03) Sendero.	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
(CR.617.01) Barrera de contención vehicular en metal.	₡ 6 007,75	₡ 289,50	₡ 298,06	₡ 2 350,99	₡ 250,71	₡ 25 519,88
(CR.618.01) Barrera de concreto, colada en sitio.	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 29 835,82
(CR.633.01) Señales verticales.	₡ 6 906,75	₡ 557,12	₡ 573,58	₡ 542,91	₡ 482,46	₡ 18 242,74
(CR.633.02) Remoción de señales verticales.	₡ 2 644,14	₡ 2 890,86	₡ 356,89	₡ 2 477,93	₡ 283,55	₡ 13 364,15
(CR.633.05) Bolardos/postes delineadores abatibles.	₡ 1 896,65	₡ 292,83	₡ 173,96	₡ 1 506,71	₡ 156,71	₡ 4 351,99
(CR.634.01) Línea continua de centro.	₡ 13 584,11	₡ 2 880,23	₡ 4 818,63	₡ 10 525,34	₡ 2 806,04	₡ 90 957,26

Nombre de la actividad	Costos Fijos reajustados	Repuestos reajustados	Llantas reajustadas	Combustible reajustado	Lubricante reajustado	Mano de Obra reajustada
(CR.634.01) Línea continua lateral.	₡ 13 584,11	₡ 2 880,23	₡ 4 818,63	₡ 10 525,34	₡ 2 806,04	₡ 90 957,26
(CR.634.02) Línea discontinua de centro.	₡ 10 929,97	₡ 2 317,47	₡ 3 877,13	₡ 8 468,84	₡ 2 257,78	₡ 73 185,49
(CR.634.04) Demarcación de cordón de caño.	₡ 13 584,11	₡ 2 880,23	₡ 4 818,63	₡ 10 525,34	₡ 2 806,04	₡ 90 957,26
(CR.634.05) Demarcación de flechas direccionales.	₡ 867,10	₡ 183,85	₡ 307,58	₡ 671,85	₡ 179,11	₡ 5 805,96
(CR.634.06) Demarcación de flechas direccionales para letrero de Solo.	₡ 780,80	₡ 165,55	₡ 276,97	₡ 604,99	₡ 161,29	₡ 5 228,13
(CR.634.07) Demarcación de letrero de Alto.	₡ 780,39	₡ 165,46	₡ 276,82	₡ 604,67	₡ 161,20	₡ 5 225,36
(CR.634.08) Demarcación de letrero de Ceda.	₡ 968,26	₡ 205,30	₡ 343,47	₡ 750,23	₡ 200,02	₡ 6 483,32

Nombre de la actividad	Costos Fijos reajustados	Repuestos reajustados	Llantas reajustadas	Combustible reajustado	Lubricante reajustado	Mano de Obra reajustada
(CR.634.09) Demarcación de letrero de Escuela.	₡ 1 170,99	₡ 248,29	₡ 415,38	₡ 907,32	₡ 241,89	₡ 7 840,81
(CR.634.10) Demarcación de letrero de Velocidad máxima.	₡ 968,26	₡ 205,30	₡ 343,47	₡ 750,23	₡ 200,02	₡ 6 483,32
(CR.634.11) Demarcación de letrero de cruce de ferrocarril.	₡ 2 023,23	₡ 428,98	₡ 717,69	₡ 1 567,65	₡ 417,93	₡ 13 547,24
(CR.634.12) Demarcación de letrero de Solo.	₡ 780,80	₡ 165,55	₡ 276,97	₡ 604,99	₡ 161,29	₡ 5 228,13
(CR.634.15) Capta luz dos caras.	₡ 21,73	₡ 4,07	₡ 2,33	₡ 14,09	₡ 1,17	₡ 534,04
(CR.634.16) Demarcación de pasos peatonales tipo cebra.	₡ 334,45	₡ 70,91	₡ 118,64	₡ 259,14	₡ 69,09	₡ 2 239,44

Nombre de la actividad	Costos Fijos reajustados	Repuestos reajustados	Llantas reajustadas	Combustible reajustado	Lubricante reajustado	Mano de Obra reajustada
(CR.634.17) Demarcación de reductores de velocidad.	₡ 898,12	₡ 89,31	₡ 75,25	₡ 129,71	₡ 84,77	₡ 2 592,32
(CR.634.18) Demarcación de línea de paro.	₡ 898,12	₡ 89,31	₡ 75,25	₡ 129,71	₡ 84,77	₡ 2 592,32
(CR.634.20) Demarcación de isla de canalización.	₡ 334,45	₡ 70,91	₡ 118,64	₡ 259,14	₡ 69,09	₡ 2 239,44
(CR.636.02) Instalación de iluminación.	₡ 99 178,98	₡ 35 933,49	₡ 2 289,95	₡ 37 726,99	₡ 10 097,64	₡ 6 556 646,00
(CR.636.04) Sistemas de cruce de ferrocarril.	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Adhesivo especial para bandas reflectantes	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Bandas transversales de alerta	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -

Nombre de la actividad	Costos Fijos reajustados	Repuestos reajustados	Llantas reajustadas	Combustible reajustado	Lubricante reajustado	Mano de Obra reajustada
Puente peatonal	₡ 20 183 280,76	₡ 15 029 490,22	₡ 525 630,04	₡ 4 325 496,71	₡ 1 519 581,16	₡ 120 439 250,04
Reductores de velocidad tipo lomo.	₡ 2 191,60	₡ 338,37	₡ 201,01	₡ 1 741,02	₡ 181,08	₡ 5 028,76
Reductores de velocidad tipo tachuelones.	₡ 509,29	₡ 78,63	₡ 46,71	₡ 404,58	₡ 42,08	₡ 1 168,59
Semáforos peatonales.	₡ 3 370 874,09	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 6 520 825,09
Semáforos vehiculares (2 fases)	₡ 2 064 823,26	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 3 994 320,45
Semáforos vehiculares (4 fases)	₡ 4 310 067,98	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 8 337 659,20

Tabla 14

Matriz con la estructura de costos y los precios unitarios reajustados para cada uno de los renglones de pago (Parte 2).

Nombre de la actividad	Materiales reajustados	Subcontratos	Insumos reajustados	Suma de Imprevistos y Utilidad
(CR.201.01) Limpieza y desmonte.	₡ 512 820,51	₡ 58 802,86	₡ 302 713,57	₡ 486 618,02
(CR.201.03) Remoción de árboles de gran tamaño.	₡ -	₡ -	₡ 4 030,54	₡ 5 772,41
(CR.203.05) Remoción de estructuras y obstáculos.	₡ 1 400,00	₡ -	₡ 665,66	₡ 1 750,04
(CR.204.03) Excavación en la vía.	₡ 372,57	₡ -	₡ 162,02	₡ 434,62
(CR.212.01) Construcción lineal de explanación.	₡ 53,56	₡ -	₡ 45 262,44	₡ 115 071,33
(CR.251.01) Escollera.	₡ 18 381,11	₡ -	₡ 2 265,81	₡ 6 520,23
(CR.262.01) Revestimiento de taludes con concreto hidráulico, 12 cm de espesor	₡ 14 346,14	₡ 681,86	₡ 3 510,18	₡ 5 626,51
(CR.301.01) Sub-base granular.	₡ 8 449,83	₡ -	₡ 789,87	₡ 2 043,34
(CR.301.02) Base granular.	₡ 8 449,83	₡ -	₡ 985,38	₡ 2 549,13
(CR.405.01) Carpeta de mezcla asfáltica en caliente.	₡ 106 080,86	₡ 3 563,96	₡ 18 347,07	₡ 29 408,72

Nombre de la actividad	Materiales reajustados	Subcontratos	Insumos reajustados	Suma de Imprevistos y Utilidad
(CR.415.01) Perfilado de capa asfáltica.	₡ 39,05	₡ -	₡ 816,61	₡ 2 112,52
(CR.416.03) Preparación, corte, limpieza y sello de grietas.	₡ 1 305,03	₡ -	₡ 110,29	₡ 285,32
(CR.501.01) Carpeta de concreto hidráulico.	₡ 106 344,56	₡ -	₡ 6 204,72	₡ 16 051,17
(CR.502.01) Bacheo de pavimento de concreto.	₡ 12 644,96	₡ -	₡ 991,29	₡ 2 564,39
(CR.502.02) Sellado de juntas y grietas.	₡ 1 698,84	₡ -	₡ 136,14	₡ 352,17
(CR.502.05) Fresado de la superficie.	₡ -	₡ -	₡ 55,17	₡ 142,74
(CR.608.01) Revestimiento de canales, cunetas y contracunetas.	₡ 7 012,96	₡ -	₡ 650,74	₡ 1 713,14
(CR.609.01) Bordillo de concreto hidráulico.	₡ 11 931,58	₡ -	₡ 1 490,26	₡ 3 000,41
(CR.609.02) Canales, cunetas y contracunetas	₡ 124,16	₡ -	₡ 65,07	₡ 187,26
(CR.615.01) Acera.	₡ 8 782,47	₡ -	₡ 939,79	₡ 2 704,42
(CR.615.03) Sendero.	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
(CR.617.01) Barrera de contención vehicular en metal.	₡ 26 730,69	₡ -	₡ 2 569,31	₡ 10 266,00

Nombre de la actividad	Materiales reajustados	Subcontratos	Insumos reajustados	Suma de Imprevistos y Utilidad
(CR.618.01) Barrera de concreto, colada en sitio.	₡ 50 908,74	₡ -	₡ 13 182,74	₡ 18 212,59
(CR.633.01) Señales verticales.	₡ 52 600,50	₡ -	₡ 14 072,14	₡ 17 140,27
(CR.633.02) Remoción de señales verticales.	₡ 6,00	₡ -	₡ 1 584,05	₡ 3 189,23
(CR.633.05) Bolardos/postes delimitadores abatibles.	₡ -	₡ -	₡ 21 593,54	₡ 4 859,82
(CR.634.01) Línea continua de centro.	₡ 225 583,52	₡ -	₡ 46 108,96	₡ 19 739,40
(CR.634.01) Línea continua lateral.	₡ 225 583,52	₡ -	₡ 46 108,96	₡ 19 739,40
(CR.634.02) Línea discontinua de centro.	₡ 181 507,69	₡ -	₡ 37 099,92	₡ 15 882,80
(CR.634.04) Demarcación de cordón de caño.	₡ 225 583,52	₡ -	₡ 46 108,96	₡ 19 739,40
(CR.634.05) Demarcación de flechas direccionales.	₡ 14 399,39	₡ -	₡ 2 943,21	₡ 1 260,00
(CR.634.06) Demarcación de flechas direccionales para letrero de Solo.	₡ 12 966,30	₡ -	₡ 2 650,29	₡ 1 134,60
(CR.634.07) Demarcación de letrero de Alto.	₡ 12 959,45	₡ -	₡ 2 648,89	₡ 1 134,00

Nombre de la actividad	Materiales reajustados	Subcontratos	Insumos reajustados	Suma de Imprevistos y Utilidad
(CR.634.08) Demarcación de letrero de Ceda.	₡ 16 079,31	₡ -	₡ 3 286,59	₡ 1 407,00
(CR.634.09) Demarcación de letrero de Escuela.	₡ 19 446,03	₡ -	₡ 3 974,74	₡ 1 701,60
(CR.634.10) Demarcación de letrero de Velocidad máxima.	₡ 16 079,31	₡ -	₡ 3 286,59	₡ 1 407,00
(CR.634.11) Demarcación de letrero de cruce de ferrocarril.	₡ 33 598,57	₡ -	₡ 6 867,50	₡ 2 940,00
(CR.634.12) Demarcación de letrero de Solo.	₡ 12 966,59	₡ -	₡ 2 650,29	₡ 1 134,60
(CR.634.15) Capta luz dos caras.	₡ 1 897,38	₡ -	₡ 326,89	₡ 139,94
(CR.634.16) Demarcación de pasos peatonales tipo cebra.	₡ 5 554,05	₡ -	₡ 1 135,24	₡ 486,00
(CR.634.17) Demarcación de reductores de velocidad.	₡ 3 887,71	₡ -	₡ 387,89	₡ 1 143,00
(CR.634.18) Demarcación de línea de paro.	₡ 3 887,71	₡ -	₡ 387,89	₡ 1 143,00
(CR.634.20) Demarcación de isla de canalización.	₡ 5 554,05	₡ -	₡ 1 135,24	₡ 486,00

Nombre de la actividad	Materiales reajustados	Subcontratos	Insumos reajustados	Suma de Imprevistos y Utilidad
(CR.636.02) Instalación de iluminación.	₡ 14 537 910,55	₡ -	₡ 683 624,92	₡ 1 961 837,87
(CR.636.04) Sistemas de cruce de ferrocarril.	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Adhesivo especial para bandas reflectantes	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Bandas transversales de alerta	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -
Puente peatonal	₡ 119 821 271,32	₡ -	₡ 24 771 166,86	₡ 67 785 348,48
Reductores de velocidad tipo lomo.	₡ -	₡ -	₡ 24 951,54	₡ 5 615,57
Reductores de velocidad tipo tachuelones.	₡ -	₡ -	₡ 5 798,29	₡ 1 304,96
Semáforos peatonales.	₡ -	₡ -	₡ 5 213 498,40	₡ 2 238 412,80
Semáforos vehiculares (2 fases)	₡ -	₡ -	₡ 3 193 519,68	₡ 1 371 136,00
Semáforos vehiculares (4 fases)	₡ -	₡ -	₡ 6 666 084,78	₡ 2 862 080,00

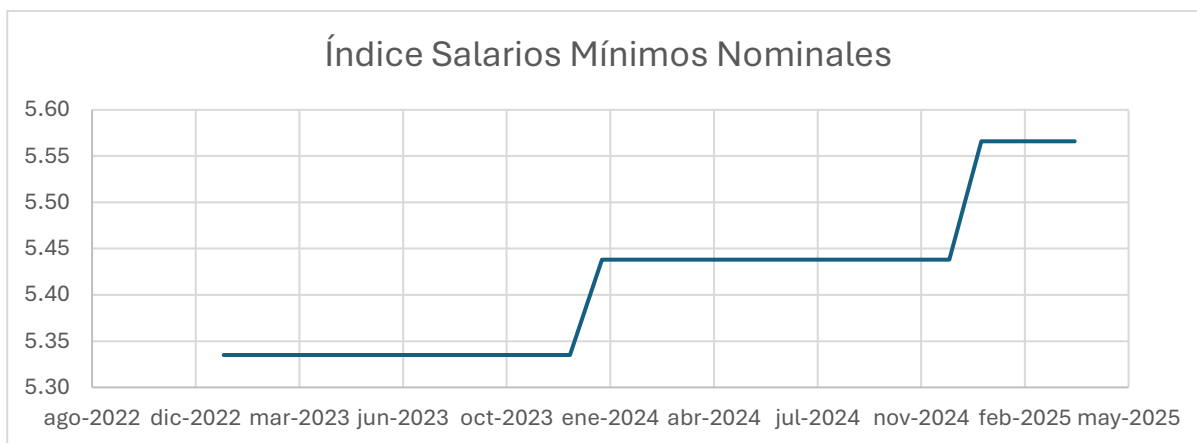
Las Tablas 13 y 14 presentan los precios unitarios reajustados con base en índices oficiales actualizados, reflejando con mayor precisión las condiciones reales del mercado. Esta información, vinculada a las licitaciones citadas en la Tabla 12, garantiza la trazabilidad de los datos y fortalece la validez metodológica del sistema propuesto para la estimación y gestión de costos en obras de infraestructura vial.

Se elaboraron gráficos que muestran la variación de los distintos índices a lo largo del período analizado. No obstante, por razones prácticas, se seleccionaron únicamente los seis índices con mayor incidencia en el proyecto y que han presentado las variaciones más relevantes desde enero de 2023 hasta la fecha límite de reajuste, abril del presente año. Esta acción se realiza con el propósito de observar con mayor detalle los cambios mensuales y llevar a cabo un estudio de mercado que permita determinar, de forma empírica, si los índices seguirán una tendencia definida en los próximos meses. Estos se detallan en las siguientes figuras.

La figura 3 presenta el gráfico correspondiente al índice de salarios mínimos nominales, el cual evidencia una tendencia alcista de carácter escalonado. Estas variaciones se observan principalmente al inicio de cada año, lo que sugiere que responden a decisiones institucionales relacionadas con el reajuste por inflación y las condiciones económicas nacionales. Con base en este comportamiento, es razonable proyectar un aumento progresivo y anual de los salarios mínimos. Este fenómeno incide de manera directa en el incremento de los costos de mano de obra dentro de los proyectos de construcción.

Figura 3

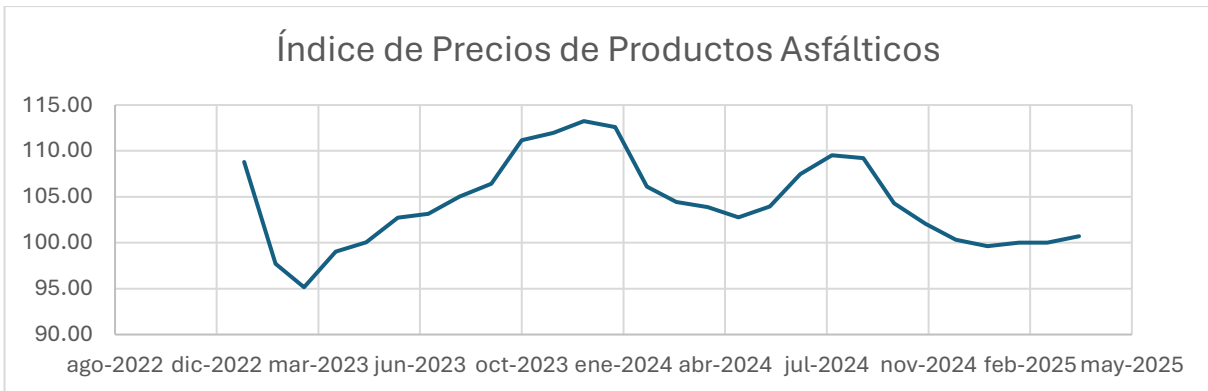
Gráfico del Índice de Salarios Mínimos Nominales desde enero 2023 - abril 2025.



En la Figura 4, se presenta el gráfico del índice de precios de los productos asfálticos, en el cual se aprecia una marcada variación, con picos significativos alrededor de mediados de 2023, seguidos por una disminución hasta mediados del año 2024 donde se presenta un incremento por dos meses y luego se presenta una disminución progresiva. No obstante, a inicios de 2025 se evidencia una leve recuperación en los valores del índice, lo que indica un posible proceso de estabilización. Estas fluctuaciones pueden estar asociadas a factores externos, como el comportamiento del precio internacional del petróleo y las dinámicas de oferta y demanda a nivel nacional. A partir de esta recuperación registrada en 2025, es posible anticipar un período de relativa estabilidad, sin embargo, se deben considerar eventuales oscilaciones en el corto plazo debido a la naturaleza volátil de este tipo de insumos.

Figura 4

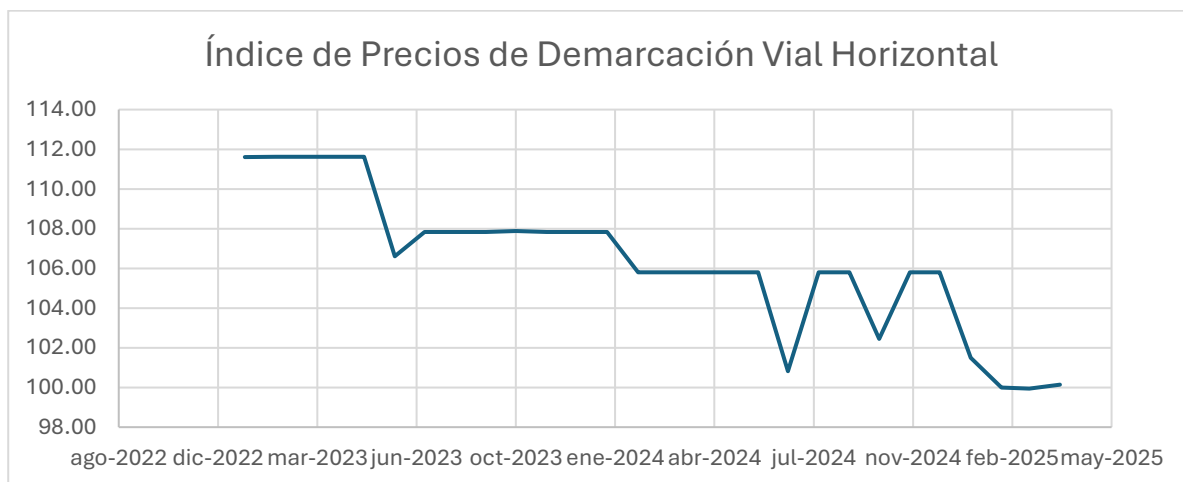
Gráfico del Índice de Precios de Productos Asfálticos desde enero 2023 - abril 2025.



En la Figura 5, se presenta el gráfico del índice de precios de la demarcación vial horizontal, en el cual se evidencia una tendencia claramente descendente a partir de mediados de 2023, intercalada con algunos periodos de relativa estabilidad. Las fluctuaciones observadas a partir de junio de 2024 podrían atribuirse a una mayor eficiencia en los procesos productivos, una disminución en la demanda o una reducción en el costo de los materiales empleados en las labores de demarcación. Hasta la fecha, no se identifican señales claras de una recuperación inmediata, por lo que se proyecta la continuidad de esta tendencia bajista sostenida, con una posible estabilización en el corto plazo.

Figura 5

Gráfico del Índice de Precios de Demarcación Vial Horizontal desde enero 2023 - abril 2025.

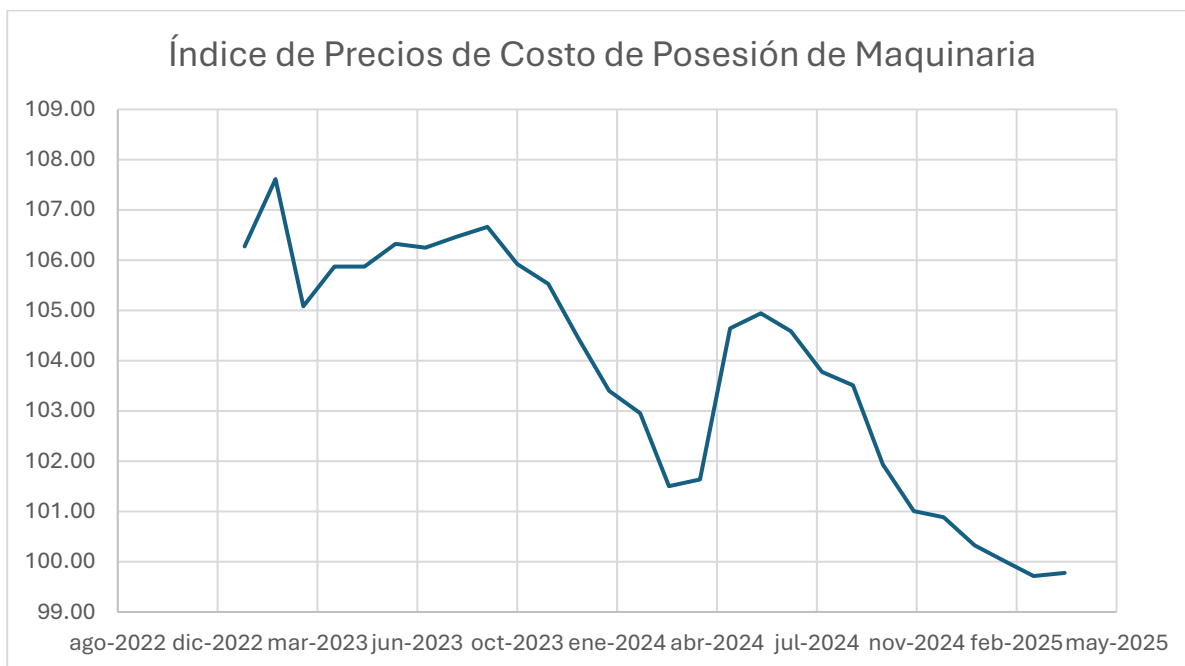


En la Figura 6, se presenta el gráfico del índice de precios relacionados con los costos de posesión de maquinaria, en el cual se observa una tendencia general a la baja desde inicios del año 2023, con algunas fluctuaciones menores a lo largo del período. Esta disminución podría estar asociada a una reducción en las tasas de financiamiento, avances tecnológicos que disminuyen los costos de mantenimiento o procesos de

depreciación acelerada del equipo. De mantener las condiciones actuales del mercado, se proyecta la continuidad de esta tendencia descendente, con una posible estabilización en el corto plazo si dichas condiciones logran consolidarse.

Figura 6

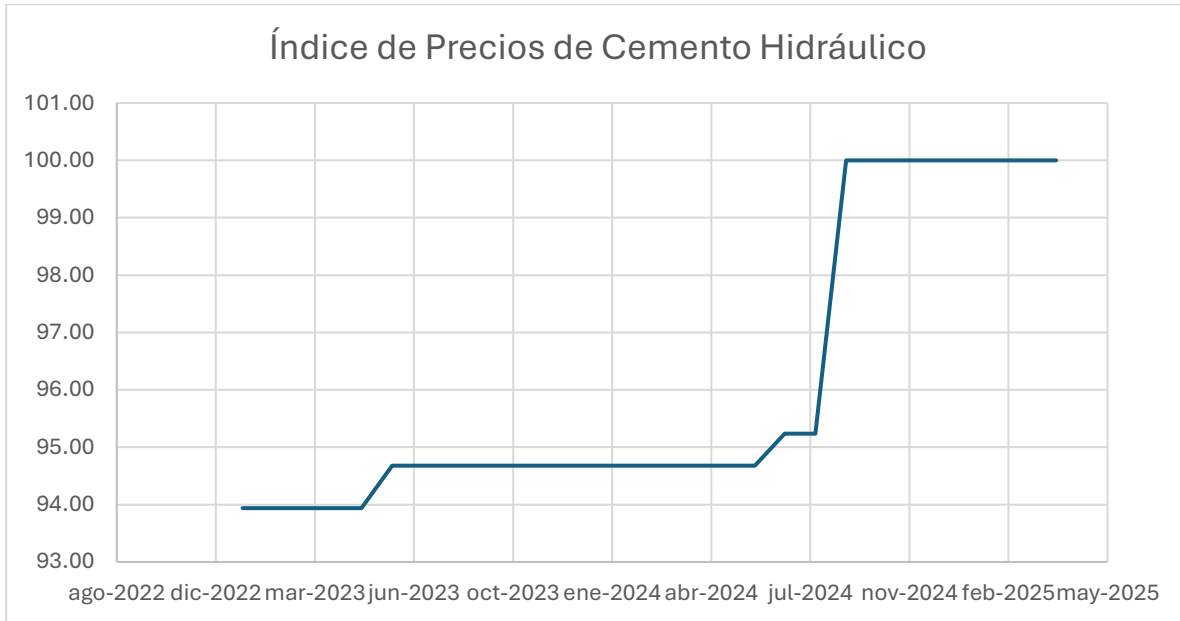
Gráfico del Índice de Precios de Costo de Posesión de Maquinaria desde enero 2023 - abril 2025.



En la Figura 7, se presenta el gráfico del índice de precios del cemento hidráulico, el cual evidencia una tendencia al alza enero desde 2023, con incrementos progresivos a lo largo del tiempo. Sin embargo, a partir de septiembre de 2024 se observa una estabilización en los valores del índice, lo que podría indicar una contención de los factores que vienen impulsando el alza, como el costo de materias primas, energía y transporte. Este cambio en la tendencia sugiere una fase posible de equilibrio en el mercado del cemento. De mantener las condiciones actuales, es razonable proyectar una estabilización en el corto plazo; no obstante, se debe estar atento a posibles variaciones en los costos de producción o en la demanda del sector de construcción que puedan alterar este comportamiento.

Figura 7

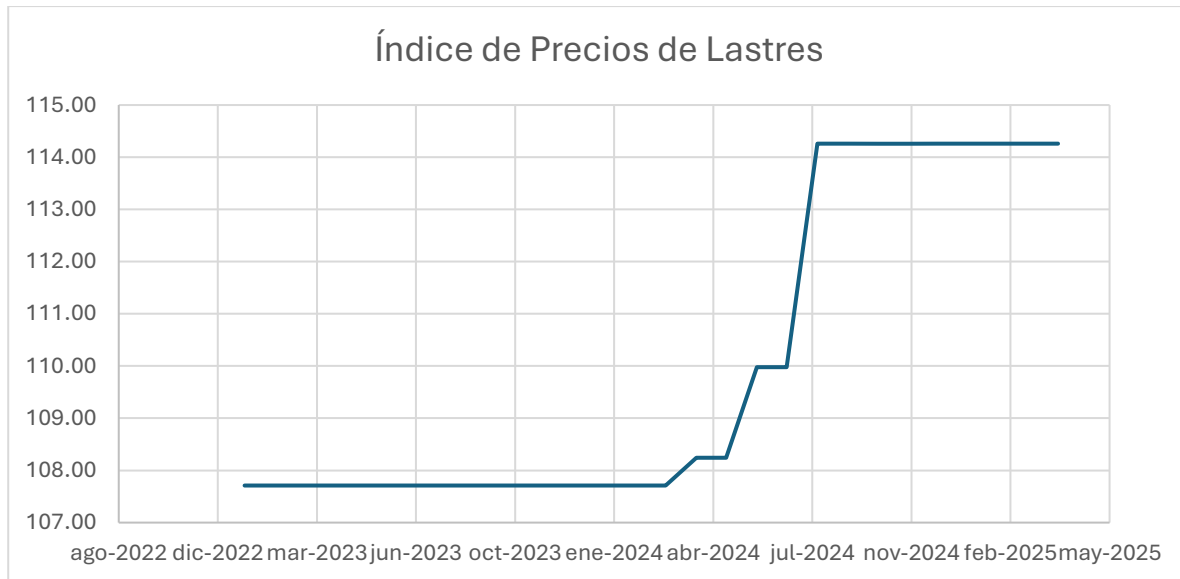
Gráfico del Índice de Precios de Cemento Hidráulico desde enero 2023 - abril 2025.



En la Figura 8, se presenta el gráfico del índice de precios de lastres, en el cual se observa una tendencia al alza a partir de marzo de 2024, seguida de una fase de estabilización que comienza en agosto del mismo año y se mantiene hasta la fecha de corte del análisis. Este comportamiento puede atribuirse a un aumento temporal en la demanda o a variaciones en los costos de extracción y transporte, factores que posteriormente pudieron lograr equilibrado con la oferta disponible en el mercado. De continuar las condiciones actuales, se proyecta que el precio de los Lastres permanecerá estable en el corto plazo, aunque se recomienda realizar un monitoreo constante ante posibles fluctuaciones derivadas de la actividad constructiva o cambios en la logística de abastecimiento.

Figura 8

Gráfico del Índice de Precios de Lastres desde enero 2023 - abril 2025.



3.3.1 Diseño de un sistema de hojas de cálculo interrelacionadas para la integración, visualización y actualización de tablas de costos unitarios.

Se exponen a continuación el sistema de hojas de cálculo diseñado en Microsoft Excel, orientado a la estimación tanto de los costos unitarios como del costo reajustado. Con el propósito de ilustrar su funcionamiento, en la Figura 9 se presenta un modelo representativo. Dado que el sistema fue construido a partir de hojas electrónicas interconectadas, y considerando que está configurado para generar archivos en formato .CSV compatibles con la plataforma iRAP, no se adjunta el documento completo en esta sección. Para consultar la totalidad de las hojas electrónicas y sus resultados finales, remítase al Apéndice 1.

Figura 9

Matriz de ejemplo de las actividades, costos y reajuste de precio de las contramedidas.

Achurado central (Raya separadora de sentidos de circulación doble y rayas diagonales).					ID	21				
Descripción: Las medianas cumplen la función de separar físicamente los flujos de tráfico opuestos y ayudar a detener los vehículos que se desplazan hacia carriles de tráfico opuestos.										
					Unidad de costo:	km				
					Cantidad:	1.00				
Código	Actividad	Incluir	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Reajuste de Precio (MS)	Reajuste de Precio (MA)	Costo Total	Costo Total	
21.1	Demarcación vial horizontal.							€ 1,275,732.17	€ 1,239,084.21	
21.1.1	Demarcación de pavimentos.							€ 1,275,732.17	€ 1,239,084.21	
21.1.1.1	Línea continua de centro. (CR.634.01)	✓	km	1.00	€ 429,331.95	€ 417,003.49	€ -	€ 429,331.95	€ 417,003.49	
21.1.1.2	Línea discontinua de centro. (CR.634.02)	✓	km	1.00	€ 345,446.75	€ 335,527.09	€ -	€ 345,446.75	€ 335,527.09	
21.1.1.3	Línea continua lateral. (CR.634.01)	✓	km	1.00	€ 429,331.95	€ 417,003.49	€ -	€ 429,331.95	€ 417,003.49	
21.1.1.4	Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)	✓	u	1.00	€ 27,405.00	€ 26,618.05	€ -	€ 27,405.00	€ 26,618.05	
21.1.1.5	Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)	✓	u	1.00	€ 30,602.26	€ 29,723.50	€ -	€ 30,602.26	€ 29,723.50	
21.1.1.6	Capta luz dos caras. (CR.634.15)	✓	u	1.00	€ 3,043.76	€ 2,941.63	€ -	€ 3,043.76	€ 2,941.63	
21.1.1.7	Demarcación de isla de canalización. (CR.634.20)	✓	m2	1.00	€ 10,570.50	€ 10,266.96	€ -	€ 10,570.50	€ 10,266.96	
TOTAL								€ 1,275,732.17	€ 1,239,084.21	
COSTO UNITARIO DE CONTRAMEDIDA								€ 1,275,732.17	€ 1,239,084.21	

La Figura 9 presenta un ejemplo de cómo se estructuró la matriz de costos unitarios y reajuste de precios para una contramedida específica, permitiendo visualizar de forma integrada tanto los precios históricos obtenidos como los valores actualizados. A continuación, se explica el significado y la función de cada una de las columnas clave de la matriz:

- **Costo unitario:** Este valor corresponde al precio base histórico que se extrajo directamente de las licitaciones públicas (como las del SICOP) a una fecha determinada. Refleja el valor que tenía la unidad de medida (por ejemplo, metro, unidad, m²) en el momento en que se adjudicó la contratación, por lo general sin aplicar ningún tipo de actualización o ajuste.
- **Reajuste de precio:** Esta columna no representa el monto a sumar o restar al costo base, sino que muestra el costo unitario ya reajustado, es decir, actualizado a una fecha de referencia determinada (en este caso, abril de 2025). El reajuste fue calculado utilizando los índices económicos oficiales aplicables según el tipo de insumo o servicio involucrado (materiales, mano de obra, equipo, etc.), conforme al método sintético o analítico, según correspondiera.
- **Costo total (original):** Esta columna multiplica el costo unitario histórico por la cantidad de unidades requeridas para esa actividad. Es decir, representa el valor total de cada actividad sin reajuste.

- Costo total reajustado: Esta columna multiplica el costo unitario reajustado por la misma cantidad de unidades. Refleja el valor actualizado y real que implicaría ejecutar esa actividad en el periodo de análisis (por ejemplo, abril 2025).

De acuerdo con la Tabla 5, la categorización de los costos como bajo, medio y alto de las contramedidas y actividades y la sectorización como rural y urbano deben realizarse de acuerdo con lo establecido en la metodología de iRAP. En cuanto a la categorización se realiza conforme a los lineamientos establecidos por el Procedimiento de Análisis de Razonabilidad de Precios emitido por la Dirección de Costos de Vías y Puentes del Consejo Nacional de Vialidad, basado en las disposiciones del artículo 106 del Reglamento de la Ley General de Contratación Pública del año 2022. Como se mencionó, este procedimiento define márgenes de aceptación del $\pm 15\%$ respecto a los valores promedio estimados, con el objetivo de asegurar la viabilidad económica de las diversas contramedidas propuestas.

Respecto al proceso de sectorización, se implementó una metodología basada en la aplicación de un formulario dirigido a profesionales especializados en las áreas de costos de construcción e ingeniería vial. Esto se realiza para recopilar información técnica que permitiera estimar un porcentaje de variación representativo entre zonas rurales y urbanas, considerando que los datos utilizados en las licitaciones pertenecen exclusivamente a contextos rurales. Por esta razón, se requería establecer un factor de ajuste para estimaciones aplicables a entornos urbanos. La elaboración y aplicación de dicho formulario se realizó bajo la recomendación del profesor guía el Ingeniero Arturo Gamboa Solís y del cotutor Ingeniero Irving Pizarro Marchena, dado que no se encontraron fuentes bibliográficas, tesis previas ni publicaciones científicas que abordan esta problemática de manera directa. Los gráficos con los resultados de la encuesta se muestran en las figuras 10, 11, 12 y 13.

Figura 10

Resultado de variación de los costos en los materiales.

Variación de los costos en los materiales En su experiencia, ¿cómo varían los costos de los materiales de construcción para obras viales entre zonas rurales y urbanas?

15 respuestas

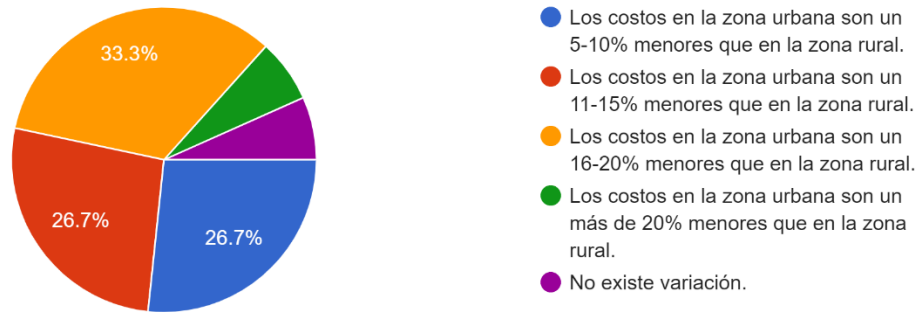


Figura 11

Resultado de variación de los costos en la mano de obra.

Variación de los costos en la mano de obra ¿Cómo considera que cambian los costos de la mano de obra en la zona urbana respecto a la zona rural?

15 respuestas

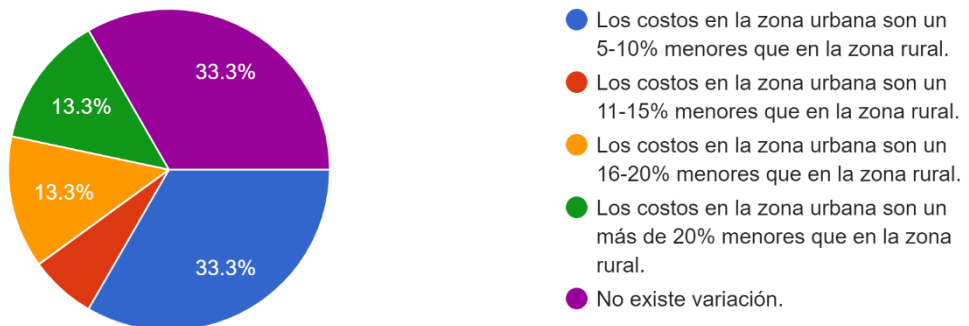


Figura 12

Resultado de variación de los costos en el equipo y maquinaria.

Variación de los costos en el equipo y maquinaria. En el caso de los costos asociados al uso de equipo y maquinaria, ¿qué diferencias nota entre los costos de la zona urbana respecto a la zona rural?

15 respuestas

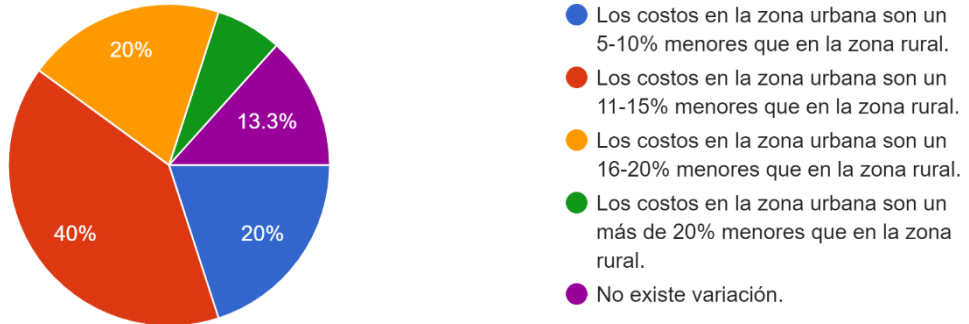
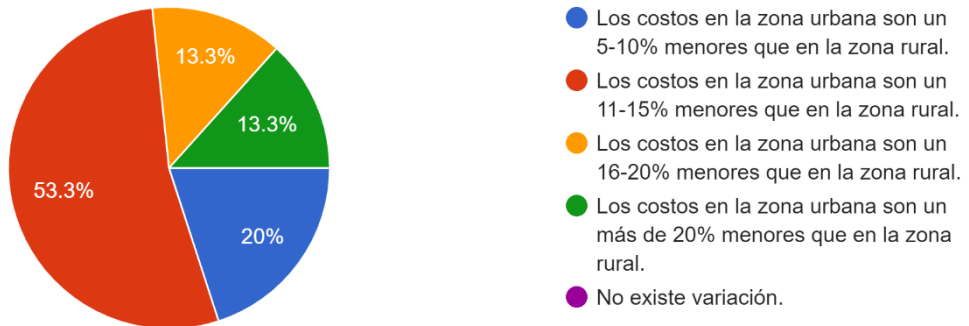


Figura 13

Resultado de variación de los costos considerando todos los factores.

Variación de los costos considerando todos los factores Tomando en cuenta materiales, mano de obra y equipo y maquinaria, ¿cómo cambian los cos...a zona urbana en comparación con la zona rural?

15 respuestas



Luego de realizar un análisis de los cuatro aspectos evaluados, se evidencia una tendencia clara, y esta es que los costos de las zonas urbanas tienden a ser menores que en las zonas rurales, debido a factores como mayor accesibilidad, infraestructuras disponibles y oferta laboral y técnica más amplia.

En promedio, se puede establecer que los costos totales en proyectos viales en zonas urbanas son aproximadamente un 15% menores que en zonas rurales, basado en la categoría con mayor respaldo en la gráfica general. Este porcentaje representa una estimación justificada por la percepción de la mayoría de los encuestados en los diferentes componentes del costo, y se puede utilizar como referencia en análisis comparativos o en estimaciones preliminares para planificación de intervenciones viales en distintos entornos.

Ahora bien, las Tablas 15 y 16 presentan la matriz de costos de mejoramiento correspondientes a los sectores rural y urbano, respectivamente. Estas matrices fueron construidas con base en los precios unitarios reajustados previamente analizados y en la aplicación de la metodología iRAP, manteniendo los nombres de las contramedidas en inglés conforme a los requerimientos de la plataforma, que exige archivos .csv en dicho idioma para su correcta lectura. Cabe destacar que, según los resultados obtenidos a partir de la encuesta aplicada y el análisis realizado, los precios en las zonas urbanas son en promedio un 15% inferiores a los de las zonas rurales. Esta diferencia se encuentra respaldada por la estructura de las tablas y por el análisis gráfico de las Figuras 10 a la 13, donde se evalúa la variación de los costos en materiales, mano de obra, equipo y el total de factores. La comparación entre ambos entornos permite observar con claridad las diferencias en los rangos de costo bajo, medio y alto para cada contramedida, aportando así un criterio técnico sólido para la adaptación de los presupuestos según el contexto territorial.

Tabla 15*Matriz de los costos unitarios en el sector rural.*

ID	Nombre	Costo de mejoramiento Rural-Bajo	Costo de mejoramiento Rural-Medio	Costo de mejoramiento Rural-Alto
1	Improve Delineation	₡ 1 246 632,34	₡ 1 466 626,28	₡ 1 686 620,22
2	Bicycle Lane (on-road)	₡ 1 321 682,41	₡ 1 554 920,48	₡ 1 788 158,56
3	Bicycle Lane (off-road)	₡ 5 988 857,41	₡ 7 045 714,61	₡ 8 102 571,80
7	Horizontal Realignment	₡ 6 003 687,57	₡ 7 063 161,84	₡ 8 122 636,12
8	Improve curve delineation	₡ 1 365 809,77	₡ 1 606 835,03	₡ 1 847 860,28
9	Lane widening (up to 0.5m)	₡ 6 009 382,93	₡ 7 069 862,28	₡ 8 130 341,62
10	Lane widening (>0.5m)	₡ 6 541 258,94	₡ 7 695 598,75	₡ 8 849 938,56
13	Delineation and signing (intersection)	₡ 1 293 157,92	₡ 1 521 362,26	₡ 1 749 566,60
16	Signalise intersection (3-leg)	₡ 43 820 513,70	₡ 51 553 545,53	₡ 59 286 577,36
17	Signalise intersection (4-leg)	₡ 43 820 513,70	₡ 51 553 545,53	₡ 59 286 577,36
19	Rail crossing upgrade	₡ 1 242 772,78	₡ 1 462 085,62	₡ 1 681 398,46
21	Central hatching	₡ 676 143,27	₡ 795 462,67	₡ 914 782,08
33	Implement one way network	₡ 1 207 350,43	₡ 1 420 412,27	₡ 1 633 474,11
34	Upgrade pedestrian facility quality	₡ 4 533 309,32	₡ 5 333 305,08	₡ 6 133 300,84
35	Refuge Island	₡ 5 226 875,73	₡ 6 149 265,57	₡ 7 071 655,40
36	Unsignalised crossing	₡ 4 709 745,45	₡ 5 540 877,00	₡ 6 372 008,55
38	Grade separated pedestrian facility	₡ 318 240 438,25	₡ 374 400 515,59	₡ 430 560 592,93
40	Road surface rehabilitation	₡ 241 435,04	₡ 284 041,22	₡ 326 647,41
41	Clear roadside hazards - passenger side	₡ 108 377,40	₡ 127 502,82	₡ 146 628,24
42	Clear roadside hazards - driver side	₡ 187 094,49	₡ 220 111,17	₡ 253 127,84
43	Sideslope improvement - passenger side	₡ 92 384,10	₡ 108 687,17	₡ 124 990,25
44	Sideslope improvement - driver side	₡ 92 384,10	₡ 108 687,17	₡ 124 990,25
45	Roadside barriers - passenger side	₡ 158 459,35	₡ 186 422,76	₡ 214 386,17
46	Roadside barriers - driver side	₡ 158 459,35	₡ 186 422,76	₡ 214 386,17
47	Shoulder sealing passenger side (<1m)	₡ 6 170 094,04	₡ 7 258 934,17	₡ 8 347 774,29
48	Shoulder sealing passenger side (>1m)	₡ 6 170 094,04	₡ 7 258 934,17	₡ 8 347 774,29
52	Restrict/combine direct access points	₡ 6 242 787,60	₡ 7 344 456,00	₡ 8 446 124,40

ID	Nombre	Costo de mejoramiento Rural-Bajo	Costo de mejoramiento Rural-Medio	Costo de mejoramiento Rural-Alto
54	Footpath provision passenger side (adjacent to road)	₡ 98 103,35	₡ 115 415,70	₡ 132 728,06
55	Footpath provision passenger side (>3m from road)	₡ 98 103,35	₡ 115 415,70	₡ 132 728,06
57	Traffic calming	₡ 169 772,31	₡ 199 732,13	₡ 229 691,95
59	Vertical realignment (major)	₡ 6 003 687,57	₡ 7 063 161,84	₡ 8 122 636,12
60	Overtaking lane	₡ 1 090 122,45	₡ 1 282 497,00	₡ 1 474 871,55
61	Median crossing upgrade	₡ 5 988 857,41	₡ 7 045 714,61	₡ 8 102 571,80
62	Clear roadside hazards (bike lane)	₡ 108 377,40	₡ 127 502,82	₡ 146 628,24
63	Sideslope improvement (bike lane)	₡ 92 384,10	₡ 108 687,17	₡ 124 990,25
64	Roadside barriers (bike lane)	₡ 158 459,35	₡ 186 422,76	₡ 214 386,17
71	Skid Resistance (paved road)	₡ 254 156,30	₡ 299 007,41	₡ 343 858,52
73	Pave road surface	₡ 6 011 634,70	₡ 7 072 511,41	₡ 8 133 388,12
74	Street lighting (mid-block)	₡ 20 336 459,41	₡ 23 925 246,37	₡ 27 514 033,33
75	Street lighting (intersection)	₡ 20 336 459,41	₡ 23 925 246,37	₡ 27 514 033,33
76	Street lighting (ped crossing)	₡ 20 336 459,41	₡ 23 925 246,37	₡ 27 514 033,33
78	Parking improvements	₡ 1 207 350,43	₡ 1 420 412,27	₡ 1 633 474,11
79	Sight distance (obstruction removal)	₡ 108 377,40	₡ 127 502,82	₡ 146 628,24
80	Pedestrian fencing	₡ 158 459,35	₡ 186 422,76	₡ 214 386,17
163	Footpath provision passenger side (with barrier)	₡ 256 562,69	₡ 301 838,46	₡ 347 114,23
171	Shoulder sealing driver side (<1m)	₡ 6 170 094,04	₡ 7 258 934,17	₡ 8 347 774,29
172	Shoulder sealing driver side (>1m)	₡ 5 819 028,41	₡ 6 845 915,78	₡ 7 872 803,14
173	Footpath provision driver side (adjacent to road)	₡ 98 103,35	₡ 115 415,70	₡ 132 728,06
174	Footpath provision driver side (>3m from road)	₡ 98 103,35	₡ 115 415,70	₡ 132 728,06
177	Footpath provision driver side (with barrier)	₡ 98 103,35	₡ 115 415,70	₡ 132 728,06
182	Realignment (sight distance improvement)	₡ 6 003 687,57	₡ 7 063 161,84	₡ 8 122 636,12
186	Central median barrier (1+1)	₡ 158 459,35	₡ 186 422,76	₡ 214 386,17
190	Wide centreline	₡ 711 406,31	₡ 836 948,60	₡ 962 490,89
191	School zone warning - signs and markings	₡ 1 229 262,21	₡ 1 446 190,84	₡ 1 663 119,47

ID	Nombre	Costo de mejoramiento Rural-Bajo	Costo de mejoramiento Rural-Medio	Costo de mejoramiento Rural-Alto
192	School zone warning - flashing beacon	₡ 43 851 068,69	₡ 51 589 492,57	₡ 59 327 916,46
194	Unsignalised raised crossing	₡ 319 439 145,48	₡ 375 810 759,39	₡ 432 182 373,29

Tabla 16

Matriz de los costos en el sector urbano.

ID	Nombre	Costo de mejoramiento Urbano-Bajo	Costo de mejoramiento Urbano-Medio	Costo de mejoramiento Urbano-Alto
1	Improve Delineation	₡ 1 059 637,48	₡ 1 246 632,34	₡ 1 433 627,19
2	Bicycle Lane (on-road)	₡ 1 123 430,05	₡ 1 321 682,41	₡ 1 519 934,77
3	Bicycle Lane (off-road)	₡ 5 090 528,80	₡ 5 988 857,41	₡ 6 887 186,03
7	Horizontal Realignment	₡ 5 103 134,43	₡ 6 003 687,57	₡ 6 904 240,70
8	Improve curve delineation	₡ 1 160 938,31	₡ 1 365 809,77	₡ 1 570 681,24
9	Lane widening (up to 0.5m)	₡ 5 107 975,49	₡ 6 009 382,93	₡ 6 910 790,37
10	Lane widening (>0.5m)	₡ 5 560 070,09	₡ 6 541 258,94	₡ 7 522 447,78
13	Delineation and signing (intersection)	₡ 1 099 184,23	₡ 1 293 157,92	₡ 1 487 131,61
16	Signalise intersection (3-leg)	₡ 37 247 436,64	₡ 43 820 513,70	₡ 50 393 590,75
17	Signalise intersection (4-leg)	₡ 37 247 436,64	₡ 43 820 513,70	₡ 50 393 590,75
19	Rail crossing upgrade	₡ 1 056 356,86	₡ 1 242 772,78	₡ 1 429 188,69
21	Central hatching	₡ 574 721,78	₡ 676 143,27	₡ 777 564,76
33	Implement one way network	₡ 1 026 247,86	₡ 1 207 350,43	₡ 1 388 452,99
34	Upgrade pedestrian facility quality	₡ 3 853 312,92	₡ 4 533 309,32	₡ 5 213 305,72
35	Refuge Island	₡ 4 442 844,37	₡ 5 226 875,73	₡ 6 010 907,09
36	Unsignalised crossing	₡ 4 003 283,63	₡ 4 709 745,45	₡ 5 416 207,27
38	Grade separated pedestrian facility	₡ 270 504 372,52	₡ 318 240 438,25	₡ 365 976 503,99
40	Road surface rehabilitation	₡ 205 219,78	₡ 241 435,04	₡ 277 650,29
41	Clear roadside hazards - passenger side	₡ 92 120,79	₡ 108 377,40	₡ 124 634,01
42	Clear roadside hazards - driver side	₡ 159 030,32	₡ 187 094,49	₡ 215 158,67
43	Sideslope improvement - passenger side	₡ 78 526,48	₡ 92 384,10	₡ 106 241,71

ID	Nombre	Costo de mejoramiento Urbano-Bajo	Costo de mejoramiento Urbano-Medio	Costo de mejoramiento Urbano-Alto
44	Sideslope improvement - driver side	₡ 78 526,48	₡ 92 384,10	₡ 106 241,71
45	Roadside barriers - passenger side	₡ 134 690,44	₡ 158 459,35	₡ 182 228,25
46	Roadside barriers - driver side	₡ 134 690,44	₡ 158 459,35	₡ 182 228,25
47	Shoulder sealing passenger side (<1m)	₡ 5 244 579,94	₡ 6 170 094,04	₡ 7 095 608,15
48	Shoulder sealing passenger side (>1m)	₡ 5 244 579,94	₡ 6 170 094,04	₡ 7 095 608,15
52	Restrict/combine direct access points	₡ 5 306 369,46	₡ 6 242 787,60	₡ 7 179 205,74
54	Footpath provision passenger side (adjacent to road)	₡ 83 387,84	₡ 98 103,35	₡ 112 818,85
55	Footpath provision passenger side (>3m from road)	₡ 83 387,84	₡ 98 103,35	₡ 112 818,85
57	Traffic calming	₡ 144 306,46	₡ 169 772,31	₡ 195 238,15
59	Vertical realignment (major)	₡ 5 103 134,43	₡ 6 003 687,57	₡ 6 904 240,70
60	Overtaking lane	₡ 926 604,08	₡ 1 090 122,45	₡ 1 253 640,82
61	Median crossing upgrade	₡ 5 090 528,80	₡ 5 988 857,41	₡ 6 887 186,03
62	Clear roadside hazards (bike lane)	₡ 92 120,79	₡ 108 377,40	₡ 124 634,01
63	Sideslope improvement (bike lane)	₡ 78 526,48	₡ 92 384,10	₡ 106 241,71
64	Roadside barriers (bike lane)	₡ 134 690,44	₡ 158 459,35	₡ 182 228,25
71	Skid Resistance (paved road)	₡ 216 032,85	₡ 254 156,30	₡ 292 279,74
73	Pave road surface	₡ 5 109 889,49	₡ 6 011 634,70	₡ 6 913 379,90
74	Street lighting (mid-block)	₡ 17 285 990,50	₡ 20 336 459,41	₡ 23 386 928,33
75	Street lighting (intersection)	₡ 17 285 990,50	₡ 20 336 459,41	₡ 23 386 928,33
76	Street lighting (ped crossing)	₡ 17 285 990,50	₡ 20 336 459,41	₡ 23 386 928,33
78	Parking improvements	₡ 1 026 247,86	₡ 1 207 350,43	₡ 1 388 452,99
79	Sight distance (obstruction removal)	₡ 92 120,79	₡ 108 377,40	₡ 124 634,01
80	Pedestrian fencing	₡ 134 690,44	₡ 158 459,35	₡ 182 228,25
163	Footpath provision passenger side (with barrier)	₡ 218 078,29	₡ 256 562,69	₡ 295 047,10
171	Shoulder sealing driver side (<1m)	₡ 5 244 579,94	₡ 6 170 094,04	₡ 7 095 608,15
172	Shoulder sealing driver side (>1m)	₡ 4 946 174,15	₡ 5 819 028,41	₡ 6 691 882,67

ID	Nombre	Costo de mejoramiento Urbano-Bajo	Costo de mejoramiento Urbano-Medio	Costo de mejoramiento Urbano-Alto
173	Footpath provision driver side (adjacent to road)	₡ 83 387,84	₡ 98 103,35	₡ 112 818,85
174	Footpath provision driver side (>3m from road)	₡ 83 387,84	₡ 98 103,35	₡ 112 818,85
177	Footpath provision driver side (with barrier)	₡ 83 387,84	₡ 98 103,35	₡ 112 818,85
182	Realignment (sight distance improvement)	₡ 5 103 134,43	₡ 6 003 687,57	₡ 6 904 240,70
186	Central median barrier (1+1)	₡ 134 690,44	₡ 158 459,35	₡ 182 228,25
190	Wide centreline	₡ 604 695,37	₡ 711 406,31	₡ 818 117,26
191	School zone warning - signs and markings	₡ 1 044 872,88	₡ 1 229 262,21	₡ 1 413 651,55
192	School zone warning - flashing beacon	₡ 37 273 408,39	₡ 43 851 068,69	₡ 50 428 728,99
194	Unsignalised raised crossing	₡ 271 523 273,66	₡ 319 439 145,48	₡ 367 355 017,30

3.3.1.1 Consideraciones para el uso de la herramienta

Antes de iniciar con el uso de la herramienta, es esencial que el operador haya identificado previamente las contramedidas que se requieren implementar, así como una estimación de su magnitud, con base en el diagnóstico efectuado con anterioridad. Además, se deben considerar las cantidades aproximadas de materiales o volumen de obra necesarios para ejecutar dichas contramedidas. No es indispensable contar con datos exactos en esta etapa; basta con proyecciones iniciales que brinden una referencia del plan de inversión necesario para su ejecución.

De igual manera, se recomienda mantener actualizados los distintos índices utilizados, conforme sean publicados en el sitio oficial del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). También, es pertinente revisar los precios asignados a las tareas incluidas en la herramienta, procurando que estén alineados con los costos vigentes observados en procesos de contratación administrativa o en bases de datos de precios que manejen las instituciones responsables.

3.3.1.2 Durante el uso de la herramienta

En esta fase, por cada contramedida previamente identificada, el usuario debe ingresar la cantidad de obra a ejecutar según la unidad de medida correspondiente. Asimismo, en cada pestaña asignada a una contramedida, se deben seleccionar las tareas específicas mediante la columna denominada “Incluir”, utilizando el valor uno (1) para aquellas que se realizarán, y el valor cero (0) para las que no aplican. Visualmente, las tareas incluidas se marcan con un símbolo de verificación (“*check*”) en color verde, mientras que las excluidas se indican con una “x” en rojo.

Con el fin de evitar errores en las fórmulas incorporadas en la herramienta, se recomienda no eliminar ni agregar filas con tareas adicionales. En caso de ser estrictamente necesario, se deberán realizar las verificaciones correspondientes para asegurar la coherencia y el correcto funcionamiento de las fórmulas.

Posteriormente, se introducen las cantidades estimadas de materiales o unidades de obra, de acuerdo con los cálculos preliminares del operador o de la unidad ejecutora. Con esta información, la hoja electrónica procede al cálculo automático del costo unitario de cada contramedida. Dichos resultados se integran en la hoja “Total”, la cual recopila todas las contramedidas definidas, junto con los parámetros establecidos por la metodología iRAP.

Una vez finalizado el proceso, la hoja “Total” debe exportarse en formato CSV para su posterior carga en la plataforma web de iRAP (<https://vida.irap.org/es/home>). Para ello, es indispensable verificar que el sistema operativo esté configurado para utilizar la coma (,) como separador de listas, ya que la plataforma solo reconoce dicho carácter. El uso de un punto y coma (;) generará errores en la carga de datos.

La Figura 14 ilustra un ejemplo práctico del uso de la hoja electrónica, específicamente en el proceso de estimación del costo asociado a una medida de mejora. Por su parte, en la figura 15 se presenta una imagen referencial que permite identificar la ubicación exacta de la opción para exportar el archivo en formato CSV.

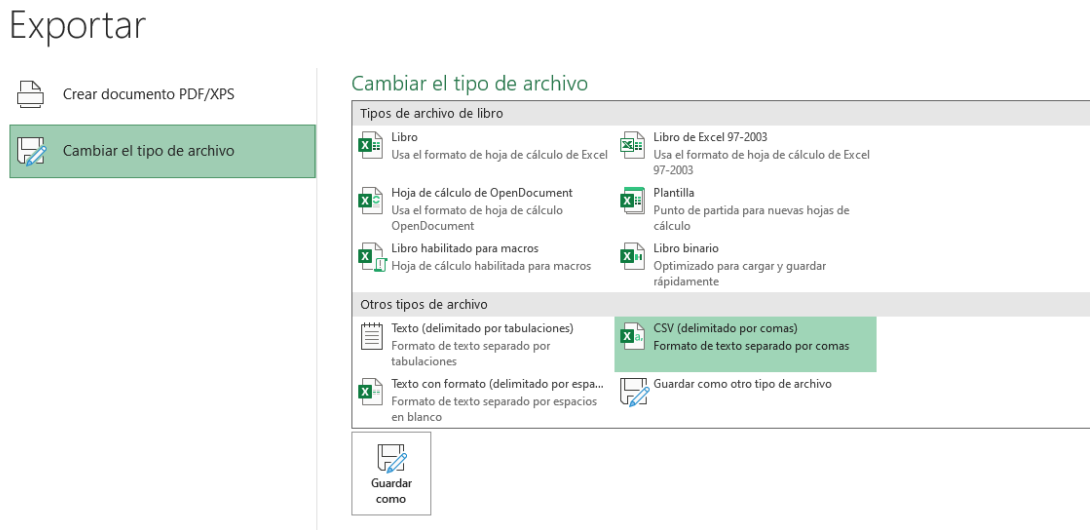
Figura 14

Ejemplo de aplicación de la hoja para la estimación de costos unitarios de una contramedida.

Achurado central (Raya separadora de sentidos de circulación doble y rayas diagonales).					ID	21				
Descripción: Las medianas cumplen la función de separar físicamente los flujos de tráfico opuestos y ayudar a detener los vehículos que se desplazan hacia carriles de tráfico opuestos.										
					Unidad de costo:	km				
					Cantidad:	1.00				
Código	Actividad	Incluir	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Reajuste de Precio (MS)	Reajuste de Precio (MA)	Costo Total	Costo Total	
21.1	Demarcación vial horizontal.							€ 818,995.22	€ 795,462.67	
21.1.1	Demarcación de pavimentos.							€ 818,995.22	€ 795,462.67	
21.1.1.1	Línea continua de centro. (CR.634.01)	✗	km	1.00	€ 429,331.95	€ 417,003.49	€ -	€ -	€ -	
21.1.1.2	Línea discontinua de centro. (CR.634.02)	✓	km	1.00	€ 345,446.75	€ 335,527.09	€ -	€ 345,446.75	€ 335,527.09	
21.1.1.3	Línea continua lateral. (CR.634.01)	✓	km	1.00	€ 429,331.95	€ 417,003.49	€ -	€ 429,331.95	€ 417,003.49	
21.1.1.4	Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)	✗	u	1.00	€ 27,405.00	€ 26,618.05	€ -	€ -	€ -	
21.1.1.5	Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)	✓	u	1.00	€ 30,602.26	€ 29,723.50	€ -	€ 30,602.26	€ 29,723.50	
21.1.1.6	Capta luz dos caras. (CR.634.15)	✓	u	1.00	€ 3,043.76	€ 2,941.63	€ -	€ 3,043.76	€ 2,941.63	
21.1.1.7	Demarcación de isla de canalización. (CR.634.20)	✓	m2	1.00	€ 10,570.50	€ 10,266.96	€ -	€ 10,570.50	€ 10,266.96	
TOTAL								€ 818,995.22	€ 795,462.67	
COSTO UNITARIO DE CONTRAMEDIDA								€ 818,995.22	€ 795,462.67	

Figura 15

Opción para exportar archivo en formato CSV para utilizar en la plataforma de iRAP.



Una vez que se tienen las contramedidas completas y se genera el archivo en formato CSV, se procede a cargar los datos a la plataforma de iRAP, en la figura 16 se logran observar los datos calculados.

Figura 16

Costos de intervenciones en la plataforma de iRAP.

Medida de mejoramiento	Vida útil	Rural / área abierta			Urbana / poblado o villa			Activo	Editar
		Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	All: <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Implementar un Sólo sentido/Eliminar un sentido del tránsito	20	1207350.426	1420412.266	1633474.106	1026247.862	1207350.426	1388452.99	Incluidas	
Mejorar infraestructura existentes para peatones	10	4533309.318	5333305.08	6133300.842	3853312.92	4533309.318	5213305.716	Incluidas	
Isla de refugio	10	5226875.73	6149265.565	7071655.4	4442844.371	5226875.73	6010907.09	Incluidas	
Cruce peatonal sin semáforo	10	4709745.45	5540877	6372008.549	4003283.632	4709745.45	5416207.267	Incluidas	
Cruce peatonal con semáforo	20	0	0	0	0	0	0	Ignoradas	
Cruce peatonal - paso a desnivel	20	318240438.3	374400515.6	430560592.9	270504372.5	318240438.3	365976504	Incluidas	

Toda la sección desarrollada anteriormente se fundamenta en la tesis realizada por Carmona Álvarez e Hidalgo Ramírez (junio del 2024), titulada *Sistema de Cálculo para la estimación de Costos Unitarios para la implementación de medidas de mejoramiento de la Infraestructura Vial conforme a la metodología iRAP*, presentada en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Este trabajo sirve como base estructural y metodológica para la presente investigación, ya que ambos comparten los mismos lineamientos de cálculo y etapas de desarrollo. La presente tesis representa una continuidad y una mejora de la propuesta original, lo que justifica el uso del mismo formato y enfoque metodológico para la ejecución del proyecto.

Conclusiones

Una vez llevadas a cabo las acciones necesarias para abordar cada uno de los objetivos propuestos, se puede establecer las siguientes conclusiones:

- El proyecto logró desarrollar un sistema de cálculo detallado para la estimación de costos unitarios en la implementación de medidas de mejoramiento de infraestructura vial en el cantón de Matina, mediante la integración de los métodos analítico y sintético de reajuste de precios y la adopción de la metodología iRAP. Esta integración permitió alcanzar los objetivos propuestos, aportando una herramienta técnica y funcional para la toma de decisiones municipales con enfoque en seguridad vial y sostenibilidad financiera, ya que permitió un análisis estructurado, preciso y actualizado de los costos asociados a cada contramedida de seguridad vial, con base en datos de mercado locales y criterios técnicos de priorización.
- Se logró identificar y seleccionar un conjunto de contramedidas de seguridad vial propuestas por iRAP, priorizando aquellas que se adaptan técnica y económicamente a las condiciones del cantón. De un total de 94 medidas, se analizaron y clasificaron como viables el 95%, considerando criterios técnicos, sociales y financieros, lo que evidenció un alto grado de aplicabilidad de la metodología iRAP al contexto local.
- Se construyó una base de datos robusta y actualizable con precios unitarios para materiales, mano de obra y equipos requeridos en cada contramedida. Esta base fue alimentada mediante el análisis de licitaciones del SICOP, presupuestos municipales y consultas con expertos. Los precios se actualizaron utilizando los índices oficiales del INEC y el BCCR, y se clasificaron en tres rangos de costos: bajo, medio y alto, con un margen de $\pm 15\%$ respecto al valor promedio. Esta clasificación por rangos permite a los tomadores de decisiones valorar de forma comparativa el costo relativo de cada contramedida, facilitando así su priorización en función del presupuesto disponible y del impacto esperado.⁸
- Se evidenció una diferencia promedio del 15% entre los costos de ejecución en zonas urbanas frente a las rurales, atribuible a factores como la cercanía a proveedores, disponibilidad de insumos y menores exigencias logísticas. Este hallazgo aporta criterios objetivos para sectorizar y priorizar las inversiones municipales según criterios de eficiencia económica y beneficio social.
- Se implementó un sistema de reajuste de precios por medio de hojas de cálculo interrelacionadas, que permiten actualizar automáticamente los costos unitarios conforme a las variaciones en índices de precios e insumos clave. Este sistema incorpora tanto el método sintético como el analítico conforme a la normativa nacional, y fue diseñado para ser fácilmente operado y actualizado por personal técnico

de gobiernos locales. Aunque la herramienta está equipada para utilizar ambos métodos de reajuste de precios, en este proyecto se aplicó únicamente el método sintético para programar y validar el funcionamiento de las hojas electrónicas, debido a la disponibilidad de índices de reajuste requeridos para su aplicación. Sin embargo, el método analítico también puede ser utilizado a través de la herramienta, siempre que se obtengan y registren los precios específicos de los insumos al momento de utilizarla para calcular el reajuste de precios.

Recomendaciones

Con el propósito de asegurar un uso adecuado, eficiente y sostenible de la herramienta desarrollada conforme a los lineamientos de la metodología analizada en este trabajo, se considera fundamental que la unidad ejecutora o la entidad responsable de su implementación ejecute una actualización periódica de la base de datos de precios unitarios. Para ello, se sugiere recurrir a las fuentes de información oficiales citadas en el presente documento, con énfasis en la revisión de los procesos de contratación más recientes disponibles en el Sistema Integrado de Compras Públicas (SICOP), ya que representan una referencia válida del comportamiento actual del mercado de la construcción costarricense.

Con el fin de mejorar la precisión en los ajustes de precios, se considera fundamental que el Departamento de Gestión Vial de la Municipalidad de Matina implemente un proceso sistemático de actualización mensual de los distintos índices utilizados en los cálculos de reajuste. Dichos índices, publicados oficialmente por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), representan un insumo clave para reflejar adecuadamente las variaciones del entorno económico en los presupuestos de obra. Asimismo, resulta estratégico incorporar, durante las fases de revisión, ajuste y validación de precios unitarios, el criterio de profesionales con experiencia en la gestión y administración de proyectos de infraestructura vial. La participación de estos especialistas permitirá detectar posibles distorsiones o sobreestimaciones en los análisis, fortaleciendo así la solidez técnica del modelo propuesto y asegurando una representación más fiel de las condiciones reales del proceso constructivo en el cantón.

En lo que respecta al desarrollo futuro de la herramienta, se recomienda al Programa de Infraestructura Resiliente y Movilidad Segura (PIREMOS) su ampliación y perfeccionamiento. Esto debido a que, en el presente trabajo, únicamente se contemplaron las contramedidas previamente definidas por la Unidad Técnica de Gestión Vial de la Municipalidad de Matina. Con la finalidad de generar una propuesta más integral, sería conveniente ampliar el alcance de la herramienta para abarcar la totalidad de las contramedidas estipuladas en

la metodología iRAP, permitiendo así una aplicación más amplia y adaptable a distintos contextos municipales y regionales.

Asimismo, se recomienda al Instituto Tecnológico de Costa Rica, a través de la Escuela de Ingeniería en Construcción, desarrollar un manual de uso técnico de la herramienta y un plan de capacitación formal dirigido al personal técnico y administrativo de las municipalidades que la implementen. Esta acción permitirá estandarizar los procedimientos de operación, asegurar la correcta interpretación de los datos y resultados generados por la herramienta y fortalecer las capacidades del recurso humano para mantener actualizada y operativa la base de datos de precios unitarios y el sistema de reajuste de precios.

Finalmente, dado el reciente ajuste normativo en materia de reajuste de precios y la publicación de un nuevo reglamento nacional en el mes de abril 2025, se plantea como una recomendación estratégica que la Escuela de Ingeniería en Construcción del Tecnológico de Costa Rica valore el desarrollo de un proyecto complementario. Este nuevo esfuerzo académico podría enfocarse en la ampliación del sistema automatizado para la indexación de precios en el tiempo y la aplicación práctica de los nuevos índices y fórmulas de reajuste establecidas por las autoridades competentes.

Referencias bibliográficas

- Alkhuadhan, A. N. A., & Naimi, S. (2023). A new model for cost estimation construction project using Hybrid importance regression ensemble method. *Acta Logistica (AL)*, 10(2), 191–198.
- Ashworth, A. (2010). *Cost Studies of Buildings*. 5th Edition. Pearson Education Limited.
- Banco Central de Costa Rica. (s.f.). Índice de precios de la construcción: Cuadro 295. <https://gee.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Cuadros/frmVerCatCuadro.aspx?idioma=1&CodCuadro=295>
- Banco Central Europeo. (2021). *¿Qué es un índice de precios?* Recuperado de <https://www.ecb.europa.eu>
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2016). *Manual de Seguridad Vial: Una guía para la gestión de la seguridad en las vías*. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo. Disponible en: <https://publications.iadb.org>
- Banco Mundial. (2018). "The Economic Benefits of Improving Road Safety". World Bank Group.
- Carmona Álvarez, I. & Hidalgo Ramírez, C. (junio del 2024). Sistema de Cálculo para la estimación de Costos Unitarios para la implementación de medidas de mejoramiento de la Infraestructura Vial conforme a la metodología iRAP. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
- Chávez, J. (2018). *Gestión de costos en proyectos de construcción: Enfoque práctico*. Editorial Limusa.
- Chitkara, K. K. (2014). *Construction Project Management: Planning, Scheduling, and Controlling* (2nd ed.). McGraw-Hill Education.
- Córdoba, S. A. (ciembre del 2021). Sistema de desarrollo de presupuestos para la Unidad de Obras Civiles y Servicios Municipales de la Municipalidad de Pococí. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN.
- Flyvbjerg, B. (2014). "What You Should Know About Megaprojects and Why: An Overview". *Project Management Journal*, 45(2), 6-19.

- García-Ramírez, Y., Camacho, J., & Montoya, J. (2021). Uso del modelo iRAP para evaluar la seguridad vial en carreteras de dos carriles en Ecuador. *Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones*, 4(1), 7–23. <https://doi.org/10.22206/cyap.2021.v4i1.pp7-23>
- Gobierno de la República (2006). Reglamento para el reajuste de precios en los contratos de obra pública de construcción y mantenimiento. Decreto N°33114- MEIC, publicado el 17 de mayo 2006 en el diario oficial la Gaceta.
- Gómez, R., & López, M. (2020). *Gestión de riesgos y control de costos en proyectos de construcción*. Editorial McGraw-Hill.
- González-Quirós, L. F. (2017). Metodología para la elaboración de los reajustes de precios en proyectos de edificación de la Constructora JOF.
- Horngren, C. T., Datar, S. M., & Rajan, M. V. (2012). *Contabilidad de costos: Un enfoque gerencial* (14ª ed.). Pearson Educación.
- Humphreys, K. K. (2005). *Project and Cost Engineers' Handbook*. 4th Edition. Marcel Dekker.
- Hurtado Beltrán, A., Serna-Rodríguez, M. & Chávez-Cárdenas, J.A. (2015). Aplicación de la metodología iRAP y el software ViDA-iRAP en un tramo de autopista en México. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-37052015000100005
- International Road Assessment Programme. (2021). Manual del Plan de Inversión y Calificación por Estrellas del iRAP. Versión 1.0.
- International Road Assessment Programme. (2019). Sistema de inspección del iRAP Versión 4.0.
- iRAP (2022). International Road Assessment Programme: Guidelines and Principles. Recuperado de www.irap.org.
- Kerzner, H. (2017). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (12th ed.). Wiley.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). (2022). *Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2020)*. San José, Costa Rica. Recuperado de <https://www.mopt.go.cr>
- Monteverde, H., Pereyra, A., & Pérez, M. (2016). *Manual para la estimación y seguimiento del costo final de un programa de infraestructura*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

- Peurifoy, R. L., Schexnayder, C. J., & Shapira, A. (2010). *Construction Planning, Equipment, and Methods*. 8th Edition. McGraw-Hill Education.
- Project Management Institute. (2017). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK®) (6ª ed.)*. Project Management Institute.
- Ramírez, D. (2018). *Gestión presupuestaria: Teoría y práctica*. Editorial Ecoe Ediciones.
- Roads Cost Estimation: Comparison of the Accurateness of MLP and Linear SVR. (2023). *Academic Science Journal*, 1(4). <https://doi.org/10.24237/ASJ.01.04.629C>
- Salazar, I. J. R. (mayo de 2015). *Costos y presupuestos en edificaciones* (E. E. M. Eirl, Ed.). Empresa Editora Macro EIRL.
- Salinas, F. (2024). Experiencia Diagnóstico de Seguridad Vial en Región del Libertador Bernardo OHiggins, Utilizando La Metodología iRAP. *Revista Ingeniería de Obras Civiles*. <https://rioc.ufro.cl/index.php/rioc/article/view/3361>
- Solano, J. (Junio del 2010). Análisis y revisión de costos de renglones de pago en obras contratadas por el CONAVI. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA.

Anexos

Anexo 1. Distribución de actividades para cada contramedida de acuerdo con los renglones de pago que se estipulan en el CR-2020.

2. Mejorar demarcación (Señalamiento horizontal y vertical).

2.1. Demarcación vial horizontal.

2.1.1. Demarcación de pavimentos.

- 2.1.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)
- 2.1.1.2. Línea discontinua centro. (CR.634.02)
- 2.1.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)
- 2.1.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)
- 2.1.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)
- 2.1.1.6. Demarcación de letrero de Ceda. (CR.634.08)
- 2.1.1.7. Demarcación de letrero de Escuela. (CR.634.09)
- 2.1.1.8. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)
- 2.1.1.9. Capta luz dos caras. (CR.634.15)
- 2.1.1.10. Demarcación de pasos peatonal tipo cebra. (CR.634.16)

2.2. Señalización vial vertical permanente.

2.2.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.

- 2.2.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)
- 2.2.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)

3. Ciclovía (en carretera existente).

3.1. Colocación de separadores.

3.1.1. Instalación de separadores físicos.

- 3.1.1.1. Bolardos/postes delineadores abatibles. (CR.633.05)

3.1.2. Instalación de elementos de protección.

- 3.1.2.1. Barreras de seguridad. (CR.617.01)
- 3.1.2.2. Bordillos en sitio o prefabricados. (CR.609.01)

3.1.2.3. Bordillo prefabricado. (CR.609.02)

3.2. Demarcación vial horizontal.

3.2.1. Demarcación de pavimentos.

2.2.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)

2.2.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)

2.2.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)

2.2.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)

2.2.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)

2.2.1.6. Demarcación de letrero de Ceda. (CR.634.08)

2.2.1.7. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)

2.2.1.8. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

3.3. Señalización vial vertical permanente.

3.3.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas. (CR.633.02)

3.3.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)

3.3.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)

4. Ciclovía (fuera de la vía).

4.1. Construcción de ciclovía.

4.1.1. Preparación del terreno.

4.1.1.1. Limpieza y desmonte. (CR.201.01)

4.1.1.2. Construcción lineal de explanación. (CR.212.01)

4.1.2. Construcción de calzada.

4.1.2.1. Sub-base granular. (CR.301.01)

4.1.2.2. Base granular. (CR.301.02)

4.1.2.3. Carpeta de mezcla asfáltica en caliente. (CR.405.01)

4.1.2.4. Carpeta de concreto hidráulico. (CR.501.01)

4.2. Demarcación vial horizontal.

4.2.1. Demarcación de pavimentos.

4.2.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)

4.2.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)

4.2.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)

4.2.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)

4.2.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)

4.2.1.6. Demarcación de letrero de Ceda. (CR.634.08)

4.2.1.7. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)

4.2.1.8. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

4.3. Señalización vial vertical permanente.

4.3.1. Instalaciones de nuevas señales.

4.3.1.1. Señales verticales. (CR.633.01)

7. Realineamiento horizontal.

7.1. Modificación sustancial del alineamiento y trazado horizontal de una carretera existente.

7.1.1. Preparación del terreno.

7.1.1.1. Limpieza y desmonte. (CR.201.01)

7.1.1.2. Remoción de estructuras y obstáculos. (CR.203.05)

7.1.1.3. Construcción lineal de explanación. (CR.212.01)

7.1.2. Construcción de calzada.

7.1.2.1. Sub-base granular. (CR.301.01)

7.1.2.2. Base granular. (CR.301.02)

7.1.2.3. Carpeta de mezcla asfáltica en caliente. (CR.405.01)

7.1.2.4. Carpeta de concreto hidráulico. (CR.501.01)

7.2. Demarcación vial horizontal.

7.2.1. Demarcación de pavimentos.

7.2.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)

7.2.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)

7.2.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)

7.2.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)

7.2.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)

7.2.1.6. Demarcación de letrero de Ceda. (CR.634.08)

7.2.1.7. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)

7.2.1.8. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

7.3. Señalización vial vertical permanente.

7.3.1. Instalaciones de nuevas señales.

7.3.1.1. Señales verticales. (CR.633.01)

8. Mejorar señalamiento / demarcación de curva.

8.1. Demarcación vial horizontal.

8.1.1. Demarcación de pavimentos.

8.1.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)

- 8.1.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)
- 8.1.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)
- 8.1.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)
- 8.1.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)
- 8.1.1.6. Demarcación de letrero de Ceda. (CR.634.08)
- 8.1.1.7. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)
- 8.1.1.8. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

8.2. Colocación de barreras de contención.

8.2.1. Instalación de barrera central en metal.

- 8.2.1.1. Barrera de contención vehicular en metal. (CR.617.01)

8.2.2. Instalación de la barrera central en concreto.

- 8.2.2.1. Barrera de concreto, colada en sitio. (CR.618.01)

8.3. Señalización vial vertical permanente.

8.3.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.

- 8.3.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)
- 8.3.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)

9. Ampliar/Ensachar carril (hasta 0.5 m).

9.1. Ampliación de carril.

9.1.1. Preparación del terreno.

- 9.1.1.1. Limpieza y desmonte. (CR.201.01)
- 9.1.1.2. Construcción lineal de explanación. (CR.212.01)

9.1.2. Construcción de calzada.

- 9.1.2.1. Sub-base granular. (CR.301.01)
- 9.1.2.2. Base granular. (CR.301.02)
- 9.1.2.3. Carpeta de mezcla asfáltica en caliente. (CR.405.01)
- 9.1.2.4. Carpeta de concreto hidráulico. (CR.501.01)

9.2. Demarcación vial horizontal.

9.2.1. Demarcación de pavimentos.

- 9.2.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)
- 9.2.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)
- 9.2.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)
- 9.2.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)

- 9.2.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)
- 9.2.1.6. Demarcación de letrero de Ceda. (CR.634.08)
- 9.2.1.7. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)
- 9.2.1.8. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

9.3. Señalización vial vertical permanente.

9.3.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.

9.3.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)

9.3.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)

10. Ampliar/Ensanchar carril (>0.5 m).

10.1. Ampliación de carril.

10.1.1. Preparación del terreno.

10.1.1.1. Limpieza y desmonte. (CR.201.01)

10.1.1.2. Construcción lineal de explanación. (CR.212.01)

10.1.2. Construcción de calzada.

10.1.2.1. Sub-base granular. (CR.301.01)

10.1.2.2. Base granular. (CR.301.02)

10.1.2.3. Carpeta de mezcla asfáltica en caliente. (CR.405.01)

10.1.2.4. Carpeta de concreto hidráulico. (CR.501.01)

10.2. Demarcación vial horizontal.

10.2.1. Demarcación de pavimentos.

10.2.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)

10.2.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)

10.2.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)

10.2.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)

10.2.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)

10.2.1.6. Demarcación de letrero de Ceda. (CR.634.08)

10.2.1.7. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)

10.2.1.8. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

10.3. Señalización vial vertical permanente.

10.3.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.

10.3.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)

10.3.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)

13. Señalamiento horizontal y vertical en intersección.

13.1. Demarcación vial horizontal.

13.1.1. Demarcación de pavimentos.

13.1.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)

13.1.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)

13.1.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)

13.1.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)

13.1.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)

13.1.1.6. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)

13.1.1.7. Demarcación de pasos peatonales tipo cebra. (CR.634.16)

13.1.1.8. Demarcación de línea de paro. (CR.634.18)

13.1.1.9. Demarcación de pasos peatonales de líneas paralelas continuas. (CR.634.21)

13.1.1.10. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

13.2. Señalización vial vertical permanente.

13.2.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.

13.2.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)

13.2.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)

16. Semaforizar intersección de 3 ramas.

16.1. Demarcación vial horizontal.

16.1.1. Demarcación de pavimentos.

16.1.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)

16.1.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)

16.1.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)

16.1.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)

16.1.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)

16.1.1.6. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)

16.1.1.7. Demarcación de pasos peatonales tipo cebra. (CR.634.16)

16.1.1.8. Demarcación de línea de paro. (CR.634.18)

16.1.1.9. Demarcación de pasos peatonales de líneas paralelas continuas. (CR.634.21)

16.1.1.10. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

16.2. Señalización vial vertical permanente.

16.2.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.

16.2.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)

16.2.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)

16.2.2. Instalaciones de nuevas señales.

16.2.2.1. Señales verticales. (CR.633.01)

16.3. Instalación de semáforos.

16.3.1. Semáforos vehiculares.

16.3.2. Semáforos peatonales.

17. Semaforizar intersección de 4 ramas.

17.1. Demarcación vial horizontal.

17.1.1. Demarcación de pavimentos.

17.1.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)

17.1.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)

17.1.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)

17.1.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)

17.1.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)

17.1.1.6. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)

17.1.1.7. Demarcación de pasos peatonales tipo cebra. (CR.634.16)

17.1.1.8. Demarcación de línea de paro. (CR.634.18)

17.1.1.9. Demarcación de pasos peatonales de líneas paralelas continuas. (CR.634.21)

17.1.1.10. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

17.2. Señalización vial vertical permanente.

17.2.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.

17.2.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)

17.2.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)

17.3. Instalación de semáforos.

17.3.1. Semáforos vehiculares.

17.3.1.1. Semáforo vehicular 2 fases

17.3.1.2. Semáforo vehicular 4 fases

17.3.2. Semáforos peatonales.

17.3.2.1. Semáforo peatonal.

19. Mejoramiento de cruce ferroviario.

19.1. Demarcación vial horizontal.

19.1.1. Demarcación de pavimentos.

- 19.1.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)
- 19.1.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)
- 19.1.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)
- 19.1.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)
- 19.1.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)
- 19.1.1.6. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)
- 19.1.1.7. Demarcación de letrero de cruce de ferrocarril. (CR.634.11)
- 19.1.1.8. Demarcación de línea de paro. (CR.634.18)
- 19.1.1.9. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

19.2. Señalización vial vertical permanente.

19.2.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.

- 19.2.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)
- 19.2.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)

19.3. Sistemas activos de control y advertencia.

19.3.1. Sistemas de cruce de ferrocarril.

- 19.3.1.1. Sistemas de cruce ferroviarios. (CR.636.04)

21. Achurado central (Raya separadora de sentidos de circulación doble y rayas diagonales).

21.1. Demarcación vial horizontal.

21.1.1. Demarcación de pavimentos.

- 21.1.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)
- 21.1.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)
- 21.1.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)
- 21.1.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)
- 21.1.1.5. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)
- 21.1.1.6. Capta luz dos caras. (CR.634.15)
- 21.1.1.7. Demarcación de isla de canalización. (CR.634.20)

33. Implementar un Sólo sentido/Eliminar un sentido del tránsito.

33.1. Demarcación vial horizontal.

33.1.1. Demarcación de pavimentos.

- 33.1.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)
- 33.1.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)
- 33.1.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)
- 33.1.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)
- 33.1.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)
- 33.1.1.6. Demarcación de letrero de Ceda. (CR.634.08)
- 33.1.1.7. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)
- 33.1.1.8. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

33.2. Señalización vial vertical permanente.

- 33.2.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.
 - 33.2.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)
 - 33.2.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)

34. Mejorar infraestructuras existentes para peatones.

34.1. Reconstrucción de aceras.

- 34.1.1. Preparación del terreno.
 - 34.1.1.1. Remoción de estructuras y obstáculos. (CR.203.05)
 - 34.1.1.2. Construcción lineal de explanación. (CR.212.01)
- 34.1.2. Construcción de acera.
 - 34.1.2.1. Sub-base granular. (CR.301.01)
 - 34.1.2.2. Base granular. (CR.301.02)
 - 34.1.2.3. Acera. (CR.615.01)
 - 34.1.1.1. Cunetas. (CR.608.01)
 - 34.1.2.4. Bordillo de concreto hidráulico. (CR.609.01)
 - 34.1.2.5. Bordillo prefabricado. (CR.609.02)

35. Isla medianera de refugio peatonal.

35.1. Construcción de isla medianera.

- 35.1.1. Preparación del terreno.
 - 35.1.1.1. Remoción de estructuras y obstáculos. (CR.203.05)
 - 35.1.1.2. Construcción lineal de explanación. (CR.212.01)
- 35.1.2. Construcción de calzada.
 - 35.1.2.1. Sub-base granular. (CR.301.01)

- 35.1.2.2. Base granular. (CR.301.02)
- 35.1.2.3. Carpeta de mezcla asfáltica en caliente. (CR.405.01)
- 35.1.2.4. Carpeta de concreto hidráulico. (CR.501.01)
- 35.1.2.5. Bordillo de concreto hidráulico. (CR.609.01)
- 35.1.2.6. Bordillo prefabricado. (CR.609.02)

35.2. Demarcación vial horizontal.

35.2.1. Demarcación de pavimentos.

- 35.2.1.1. Línea continua lateral. (CR.634.01)
- 35.2.1.2. Demarcación de cordón de caño. (CR.634.04)
- 35.2.1.3. Capta luz dos caras. (CR.634.15)
- 35.2.1.4. Demarcación de pasos peatonales tipo cebra. (CR.634.16)
- 35.2.1.5. Demarcación de isla de canalización. (CR.634.20)

36. Cruce peatonal sin semáforo.

36.1. Demarcación vial horizontal.

36.1.1. Demarcación de pavimentos.

- 36.1.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)
- 36.1.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)
- 36.1.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)
- 36.1.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)
- 36.1.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)
- 36.1.1.6. Capta luz dos caras. (CR.634.15)
- 36.1.1.7. Demarcación de pasos peatonales tipo cebra. (CR.634.16)
- 36.1.1.8. Demarcación de línea de paro. (CR.634.18)
- 36.1.1.9. Demarcación de pasos peatonales de líneas paralelas continuas. (CR.634.21)

36.2. Señalización vial vertical permanente.

36.2.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.

- 36.2.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)
- 36.2.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)

36.2.2. Instalaciones de nuevas señales.

- 36.2.2.1. Señales verticales. (CR.633.01)

38. Cruce peatonal - paso a desnivel.

38.1. Construcción de paso peatonal a desnivel (puente peatonal).

38.1.1. Construcción de puente peatonal.

38.1.1.1. Puente peatonal.

40. Rehabilitación del pavimento.

40.1. Rehabilitación de pavimentos asfálticos.

40.1.1. Eliminación de superficie de rodamiento.

40.1.1.1. Perfilado de capa asfáltica. (CR.415.01)

40.1.2. Reparación de grietas en pavimentos asfálticos.

40.1.2.1. Preparación, corte, limpieza y sello de grietas. (CR.416.03)

40.1.3. Construcción de calzada.

40.1.3.1. Capa de mezcla asfáltica en caliente. (CR.405.01)

40.2. Rehabilitación de pavimentos de concreto hidráulico.

40.2.1. Reparación de pavimentos de concreto hidráulico.

40.2.1.1. Bacheo de pavimento de concreto. (CR.502.01)

40.2.1.2. Sellado de juntas y grietas. (CR.502.02)

40.2.1.3. Fresado de la superficie. (CR.502.05)

41. Eliminación de peligros (árboles, postes, estructuras)- lado del copiloto.

41.1. Remoción de estructuras y obstáculos.

41.1.1. Remoción de estructuras y obstáculos.

41.1.1.1. Remoción de árboles de gran tamaño. (CR.201.03)

41.1.1.2. Remoción de estructuras y obstáculos. (CR.203.05)

42. Eliminación de peligros (árboles, postes, estructuras) - lado del conductor.

42.1. Remoción de estructuras y obstáculos.

42.1.1. Remoción de estructuras y obstáculos.

42.1.1.1. Remoción de árboles de gran tamaño. (CR.201.03)

42.1.1.2. Remoción de estructuras y obstáculos. (CR.203.05)

43. Mejoramiento de taludes y terraplenes laterales - lado del copiloto.

43.1. Reconfiguración de taludes existentes.

43.1.1. Corte o relleno de taludes existentes.

43.1.1.1. Excavación en la vía. (CR.204.03)

43.1.2. Refuerzo de taludes y control de erosión.

43.1.2.1. Escollera. (CR.251.01)

43.1.2.2. Revestimiento de taludes con concreto hidráulico. (CR.262.06)

44. Mejoramiento de taludes y terraplenes laterales - lado del conductor.

44.1. Reconformación de taludes existentes.

44.1.1. Corte o relleno de taludes existentes.

44.1.1.1. Excavación en la vía. (CR.204.03)

44.1.1.2. Construcción de terraplenes. (CR.204.12)

44.1.2. Refuerzo de taludes y control de erosión.

44.1.2.1. Escollera. (CR.251.01)

44.1.2.2. Revestimiento de taludes con concreto hidráulico. (CR.262.06)

45. Colocación de barrera de seguridad lateral - lado del copiloto.

45.1. Barreras de contención vial.

45.1.1. Instalación de barrera en metal.

45.1.1.1. Barrera de contención vehicular en metal. (CR.617.01)

45.1.2. Instalación de la barrera en concreto.

45.1.2.1. Barrera de concreto, colada en sitio. (CR.618.01)

46. Colocación de barrera de seguridad lateral - lado del conductor.

46.1. Barreras de contención vial.

46.1.1. Instalación de barrera en metal.

46.1.1.1. Barrera de contención vehicular en metal. (CR.617.01)

46.1.2. Instalación de la barrera en concreto.

46.1.2.1. Barrera de concreto, colada en sitio. (CR.618.01)

47. Pavimentación de acotamiento/berma de lado del copiloto hasta 1m.

47.1. Pavimentación de acotamiento.

47.1.1. Preparación del terreno.

47.1.1.1. Limpieza y desmonte. (CR.201.01)

47.1.1.2. Construcción lineal de explanación. (CR.212.01)

47.1.2. Construcción de calzada.

47.1.2.1. Sub-base granular. (CR.301.01)

47.1.2.2. Base granular. (CR.301.02)

47.1.2.3. Carpeta de mezcla asfáltica en caliente. (CR.405.01)

47.1.2.4. Carpeta de concreto hidráulico. (CR.501.01)

47.2. Demarcación vial horizontal.

47.2.1. Demarcación de pavimentos.

47.2.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)

47.2.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)

47.2.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)

47.2.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)

47.2.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)

47.2.1.6. Demarcación de letrero de Ceda. (CR.634.08)

47.2.1.7. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)

47.2.1.8. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

47.3. Señalización vial vertical permanente.

47.3.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.

47.3.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)

47.3.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)

47.4. Barreras de contención vial.

47.4.1. Instalación de barrera en metal.

47.4.1.1. Barrera de contención vehicular en metal. (CR.617.01)

47.4.2. Instalación de la barrera en concreto.

47.4.2.1. Barrera de concreto, colada en sitio. (CR.618.01)

48. Pavimentación de acotamiento/berma de lado del copiloto mayor a 1m.

48.1. Pavimentación de acotamiento.

48.1.1. Preparación del terreno.

48.1.1.1. Limpieza y desmonte. (CR.201.01)

48.1.1.2. Construcción lineal de explanación. (CR.212.01)

48.1.2. Construcción de calzada.

48.1.2.1. Sub-base granular. (CR.301.01)

48.1.2.2. Base granular. (CR.301.02)

48.1.2.3. Carpeta de mezcla asfáltica en caliente. (CR.405.01)

48.1.2.4. Carpeta de concreto hidráulico. (CR.501.01)

48.2. Demarcación vial horizontal.

48.2.1. Demarcación de pavimentos.

48.2.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)

48.2.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)

48.2.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)

48.2.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)

48.2.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)

48.2.1.6. Demarcación de letrero de Ceda. (CR.634.08)

48.2.1.7. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)

48.2.1.8. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

48.3. Señalización vial vertical permanente.

48.3.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.

48.3.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)

48.3.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)

48.4. Barreras de contención vial.

48.4.1. Instalación de barrera en metal.

48.4.1.1. Barrera de contención vehicular en metal. (CR.617.01)

48.4.2. Instalación de la barrera en concreto.

48.4.2.1. Barrera de concreto, colada en sitio. (CR.618.01)

52. Restringir / combinar los puntos de acceso directo.

52.1. Construcción de carretera de servicio para unificar accesos.

52.1.1. Preparación del terreno.

52.1.1.1. Limpieza y desmonte. (CR.201.01)

52.1.1.2. Construcción lineal de explanación. (CR.212.01)

52.1.2. Construcción de calzada.

52.1.2.1. Sub-base granular. (CR.301.01)

52.1.2.2. Base granular. (CR.301.02)

52.1.2.3. Carpeta de mezcla asfáltica en caliente. (CR.405.01)

52.1.2.4. Carpeta de concreto hidráulico. (CR.501.01)

52.2. Demarcación vial horizontal.

52.2.1. Demarcación de pavimentos.

- 52.2.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)
- 52.2.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)
- 52.2.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)
- 52.2.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)
- 52.2.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)
- 52.2.1.6. Demarcación de letrero de Ceda. (CR.634.08)
- 52.2.1.7. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)
- 52.2.1.8. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

52.3. Señalización vial vertical permanente.

- 52.3.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.
 - 52.3.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)
 - 52.3.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)
- 52.3.2. Instalaciones de nuevas señales.
 - 52.3.2.1. Señales verticales. (CR.633.01)

52.4. Barreras de contención vial.

- 52.4.1. Instalación de barrera en metal.
 - 52.4.1.1. Barrera de contención vehicular en metal. (CR.617.01)
- 52.4.2. Instalación de la barrera en concreto.
 - 52.4.2.1. Barrera de concreto, colada en sitio. (CR.618.01)

54. Acera/Banquina peatonal de lado del pasajero (adyacente al camino).

54.1. Acera peatonal.

- 54.1.1. Construcción de acera.
 - 54.1.1.1. Sub-base granular. (CR.301.01)
 - 54.1.1.2. Base granular. (CR.301.02)
 - 54.1.1.3. Acera. (CR.615.01)
 - 54.1.1.4. Cunetas. (CR.608.01)
 - 54.1.1.5. Bordillo de concreto hidráulico. (CR.609.01)
 - 54.1.1.6. Bordillo prefabricado. (CR.609.02)

55. Acera/Banquina peatonal de lado del pasajero (separada del camino > 3m).

55.1. Acera peatonal.

- 55.1.1. Construcción de acera.

- 55.1.1.1. Sub-base granular. (CR.301.01)
- 55.1.1.2. Base granular. (CR.301.02)
- 55.1.1.3. Acera. (CR.615.01)
- 55.1.1.4. Cunetas. (CR.608.01)
- 55.1.1.5. Bordillo de concreto hidráulico. (CR.609.01)
- 55.1.1.6. Bordillo prefabricado. (CR.609.02)

57. Elementos de aquietamiento del tránsito/Infraestructura para disminuir velocidad.

- 57.1. Elementos pasivos de control de velocidad.
 - 57.1.1. Instalación de reductores de velocidad.
 - 57.1.1.1. Reductores de velocidad tipo lomo.
 - 57.1.1.2. Reductores de velocidad tipo tachuelones.
 - 57.1.1.3. Trepidadores.
- 57.2. Demarcación vial horizontal.
 - 57.2.1. Demarcación horizontal de pavimentos.
 - 57.2.1.1. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)
 - 57.2.1.2. Demarcación de reductores de velocidad. (CR.634.17)
- 57.3. Señalización vial vertical permanente.
 - 57.3.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas
 - 57.3.1.1. Señales verticales. (CR.633.01)

59. Realineación vertical (mayor).

- 59.1. Modificación mayor del alineamiento vertical de una carretera existente.
 - 59.1.1. Preparación del terreno.
 - 59.1.1.1. Limpieza y desmonte. (CR.201.01)
 - 59.1.1.2. Remoción de estructuras y obstáculos. (CR.203.05)
 - 59.1.1.3. Construcción lineal de explanación. (CR.212.01)
 - 59.1.2. Construcción de calzada.
 - 59.1.2.1. Sub-base granular. (CR.301.01)
 - 59.1.2.2. Base granular. (CR.301.02)
 - 59.1.2.3. Carpeta de mezcla asfáltica en caliente. (CR.405.01)
 - 59.1.2.4. Carpeta de concreto hidráulico. (CR.501.01)
- 59.2. Demarcación vial horizontal.

59.2.1. Demarcación de pavimentos.

59.2.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)

59.2.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)

59.2.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)

59.2.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)

59.2.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)

59.2.1.6. Demarcación de letrero de Ceda. (CR.634.08)

59.2.1.7. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)

59.2.1.8. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

59.3. Señalización vial vertical permanente.

59.3.1. Instalaciones de nuevas señales.

59.3.1.1. Señales verticales. (CR.633.01)

60. Carril de adelantamiento.

60.1. Demarcación vial horizontal.

60.1.1. Demarcación de pavimentos.

60.1.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)

60.1.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)

60.1.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)

60.1.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)

60.1.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)

60.1.1.6. Demarcación de letrero de Ceda. (CR.634.08)

60.1.1.7. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)

60.1.1.8. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

61. Mejoramiento de cruce de la mediana. (en calzada dividida).

61.1. Pavimentación de mediana.

61.1.1. Preparación del terreno.

61.1.1.1. Limpieza y desmonte. (CR.201.01)

61.1.1.2. Construcción lineal de explanación. (CR.212.01)

61.1.2. Construcción de calzada.

61.1.2.1. Sub-base granular. (CR.301.01)

61.1.2.2. Base granular. (CR.301.02)

61.1.2.3. Carpeta de mezcla asfáltica en caliente. (CR.405.01)

61.1.2.4. Carpeta de concreto hidráulico. (CR.501.01)

61.2. Demarcación vial horizontal.

61.2.1. Demarcación de pavimentos.

61.2.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)

61.2.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)

61.2.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)

61.2.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)

61.2.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)

61.2.1.6. Demarcación de letrero de Ceda. (CR.634.08)

61.2.1.7. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)

61.2.1.8. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

61.3. Señalización vial vertical permanente.

61.3.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.

61.3.1.1. Señales verticales. (CR.633.01)

62. Eliminar peligros laterales (ciclovías).

62.1. Remoción de estructuras y obstáculos.

62.1.1. Remoción de estructuras y obstáculos.

62.1.1.1. Remoción de árboles de gran tamaño. (CR.201.03)

62.1.1.2. Remoción de estructuras y obstáculos. (CR.203.05)

63. Mejoramiento de taludes y terraplenes (ciclovías).

63.1. Reconfiguración de taludes existentes.

63.1.1. Corte o relleno de taludes existentes.

63.1.1.1. Excavación en la vía. (CR.204.03)

63.1.2. Refuerzo de taludes y control de erosión.

63.1.2.1. Escollera. (CR.251.01)

63.1.2.2. Revestimiento de taludes con concreto hidráulico. (CR.262.06)

64. Barreras laterales (ciclovías).

64.1. Barreras de contención vial.

64.1.1. Instalación de barrera en metal.

64.2. Instalación de la barrera en concreto.

64.2.1 Barrera de contención vehicular en metal. (CR.617.01)

71. Mejorar fricción en la superficie de rodamiento (carretera pavimentada).

71.1. Rehabilitación de pavimentos asfálticos.

71.1.1. Eliminación de superficie de rodamiento.

71.1.1.1. Perfilado de capa asfáltica. (CR.415.01)

71.1.2. Reparación de grietas en pavimentos asfálticos.

71.1.2.1. Preparación, corte, limpieza y sello de grietas. (CR.416.03)

71.1.3. Construcción de calzada.

71.1.3.1. Capa de mezcla asfáltica en caliente. (CR.405.01)

71.2. Rehabilitación de pavimentos de concreto hidráulico.

71.2.1. Reparación de pavimentos de concreto hidráulico.

71.2.1.1. Bacheo de pavimento de concreto. (CR.502.01)

71.2.1.2. Sellado de juntas y grietas. (CR.502.02)

71.2.1.3. Fresado de la superficie. (CR.502.05)

73. Pavimentar Superficie de la vía.

73.1. Construcción de calzada duplicada.

73.1.1. Preparación del terreno.

73.1.1.1. Limpieza y desmonte. (CR.201.01)

73.1.1.2. Construcción lineal de explanación. (CR.212.01)

73.1.2. Construcción de calzada.

73.1.2.1. Sub-base granular. (CR.301.01)

73.1.2.2. Base granular. (CR.301.02)

73.1.2.3. Carpeta de mezcla asfáltica en caliente. (CR.405.01)

73.1.2.4. Carpeta de concreto hidráulico. (CR.501.01)

73.2. Demarcación vial horizontal.

73.2.1. Demarcación de pavimentos.

73.2.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)

73.2.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)

73.2.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)

- 73.2.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)
- 73.2.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)
- 73.2.1.6. Demarcación de letrero de Ceda. (CR.634.08)
- 73.2.1.7. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)
- 73.2.1.8. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

73.3. Señalización vial vertical permanente.

- 73.3.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.
 - 73.3.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)
 - 73.3.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)

74. Alumbrado en tramo carretero.

- 74.1. Colocación de alumbrado público.
 - 74.1.1. Instalación de postes alumbrados.
 - 74.1.1.1. Instalación de iluminación. (CR.636.02)

75. Alumbrado en la intersección.

- 75.1. Colocación de alumbrado público.
 - 75.1.1. Instalación de postes alumbrados.
 - 75.1.1.1. Instalación de iluminación. (CR.636.02)

76. Alumbrado en cruce peatonal.

- 76.1. Colocación de alumbrado público.
 - 76.1.1. Instalación de postes alumbrados.
 - 76.1.1.1. Instalación de iluminación. (CR.636.02)

77. Banda de alerta sobre acotamiento/berma.

- 77.1. Colocación de bandas de alerta sobre acotamiento/berma.
 - 77.1.1. Instalación de bandas.
 - 77.1.1.1. Bandas centrales de alerta.
 - 77.1.1.2. Adhesivo especial para bandas reflectantes.

78. Mejoras en el estacionamiento.

- 78.1. Mejoras en zonas de estacionamiento en calles urbanas.

- 78.1.1. Demarcación vial horizontal.
 - 78.1.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)
 - 78.1.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)
 - 78.1.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)
 - 78.1.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)
 - 78.1.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)
 - 78.1.1.6. Demarcación de letrero de Ceda. (CR.634.08)
 - 78.1.1.7. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)
 - 78.1.1.8. Capta luz dos caras. (CR.634.15)
- 78.1.2. Señalización vial vertical.
 - 78.1.2.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)
 - 78.1.2.2. Señales verticales. (CR.633.01)

79. Distancia de visión (remoción de obstrucciones).

- 79.1. Remoción de estructuras y obstáculos.
 - 79.1.1. Remoción de estructuras y obstáculos.
 - 79.1.1.1. Remoción de árboles de gran tamaño. (CR.201.03)
 - 79.1.1.2. Remoción de estructuras y obstáculos. (CR.203.05)

80. Cerca para contener peatones/Valla peatonal.

- 80.1. Barreras de contención vial.
 - 80.1.1. Instalación de barrera en metal.
 - 80.1.1.1. Barrera de contención vehicular en metal. (CR.617.01)
 - 80.1.2. Instalación de la barrera en concreto.
 - 80.1.2.1. Barrera de concreto, colada en sitio. (CR.618.01)

81. Infraestructura para peatones a desnivel en la carretera secundaria.

- 81.1. Construcción de paso peatonal a desnivel (puente).

163. Acera/Banquina peatonal del lado del copiloto (con barrera)

- 163.1. Acera peatonal.
 - 163.1.1. Construcción de acera.
 - 163.1.1.1. Sub-base granular. (CR.301.01)

- 163.1.1.2. Base granular. (CR.301.02)
- 163.1.1.3. Acera. (CR.615.01)
- 163.1.1.4. Cunetas. (CR.608.01)
- 163.1.1.5. Bordillo de concreto hidráulico. (CR.609.01)
- 163.1.1.6. Bordillo prefabricado. (CR.609.02)

163.2. Barreras de contención vial.

- 163.2.1. Instalación de barrera en metal.
 - 163.2.1.1. Barrera de contención vehicular en metal. (CR.617.01)
- 163.2.2. Instalación de la barrera en concreto.
 - 163.2.2.1. Barrera de concreto, colada en sitio. (CR.618.01)
 - 163.2.2.2. Barrera prefabricada de concreto. (CR.618.03)

164. Provisión de sendero peatonal informal >1m del lado del copiloto.

- 164.1. Sendero peatonal informal.
 - 164.1.1. Construcción de sendero provisional.
 - 164.1.1.1. Sendero. (CR.615.03)

171. Pavimentación de acotamiento/berma del lado del conductor hasta 1m.

- 171.1. Pavimentación de acotamiento.
 - 171.1.1. Preparación del terreno.
 - 171.1.1.1. Limpieza y desmonte. (CR.201.01)
 - 171.1.1.2. Construcción lineal de explanación. (CR.212.01)
 - 171.1.2. Construcción de calzada.
 - 171.1.2.1. Sub-base granular. (CR.301.01)
 - 171.1.2.2. Base granular. (CR.301.02)
 - 171.1.2.3. Carpeta de mezcla asfáltica en caliente. (CR.405.01)
 - 171.1.2.4. Carpeta de concreto hidráulico. (CR.501.01)
- 171.2. Demarcación vial horizontal.
 - 171.2.1. Demarcación de pavimentos.
 - 171.2.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)
 - 171.2.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)
 - 171.2.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)
 - 171.2.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)

- 171.2.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)
- 171.2.1.6. Demarcación de letrero de Ceda. (CR.634.08)
- 171.2.1.7. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)
- 171.2.1.8. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

171.3. Señalización vial vertical permanente.

- 171.3.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.
 - 171.3.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)
 - 171.3.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)

171.4. Barreras de contención vial.

- 171.4.1. Instalación de barrera en metal.
 - 171.4.1.1. Barrera de contención vehicular en metal. (CR.617.01)
- 171.4.2. Instalación de la barrera en concreto.
 - 171.4.2.1. Barrera de concreto, colada en sitio. (CR.618.01)

172. Pavimentación de acotamiento/berma del lado de conductor mayor a 1m.

172.1. Pavimentación de acotamiento.

- 172.1.1. Preparación del terreno.
 - 172.1.1.1. Limpieza y desmonte. (CR.201.01)
 - 172.1.1.2. Construcción lineal de explanación. (CR.212.01)
- 172.1.2. Construcción de calzada.
 - 172.1.2.1. Sub-base granular. (CR.301.01)
 - 172.1.2.2. Base granular. (CR.301.02)
 - 172.1.2.3. Carpeta de mezcla asfáltica en caliente. (CR.405.01)
 - 172.1.2.4. Carpeta de concreto hidráulico. (CR.501.01)

172.2. Demarcación vial horizontal.

- 172.2.1. Demarcación de pavimentos.
 - 172.2.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)
 - 172.2.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)
 - 172.2.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)
 - 172.2.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)
 - 172.2.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)
 - 172.2.1.6. Demarcación de letrero de Ceda. (CR.634.08)
 - 172.2.1.7. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)

172.2.1.8. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

172.3. Señalización vial vertical permanente.

172.3.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.

172.3.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)

172.3.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)

172.4. Barreras de contención vial.

172.4.1. Instalación de barrera en metal.

172.4.1.1. Barrera de contención vehicular en metal. (CR.617.01)

172.4.2. Instalación de la barrera en concreto.

172.4.2.1. Barrera de concreto, colada en sitio. (CR.618.01)

173. Acera/Banquina peatonal del lado del piloto (adyacente a la carretera).

173.1.1. Construcción de acera.

173.1.1.1. Sub-base granular. (CR.301.01)

173.1.1.2. Base granular. (CR.301.02)

173.1.1.3. Acera. (CR.615.01)

173.1.1.4. Cunetas. (CR.608.01)

173.1.1.5. Bordillo de concreto hidráulico. (CR.609.01)

173.1.1.6. Bordillo prefabricado. (CR.609.02)

174. Acera/Banquina peatonal del lado del piloto (separada del camino >3m).

174.1.1. Construcción de acera.

174.1.1.1. Sub-base granular. (CR.301.01)

174.1.1.2. Base granular. (CR.301.02)

174.1.1.3. Acera. (CR.615.01)

174.1.1.4. Cunetas. (CR.608.01)

174.1.1.5. Bordillo de concreto hidráulico. (CR.609.01)

174.1.1.6. Bordillo prefabricado. (CR.609.02)

177. Acera/Banquina peatonal del lado del piloto (con barrera).

177.1.1. Construcción de acera.

177.1.1.1. Sub-base granular. (CR.301.01)

177.1.1.2. Base granular. (CR.301.02)

- 177.1.1.3. Acera. (CR.615.01)
- 177.1.1.4. Cunetas. (CR.608.01)
- 177.1.1.5. Bordillo de concreto hidráulico. (CR.609.01)
- 177.1.1.6. Bordillo prefabricado. (CR.609.02)

178. Provisión de sendero peatonal informal >1m del lado del piloto.

- 178.1. Sendero peatonal informal.
 - 178.1.1. Construcción de sendero provisional.
 - 178.1.1.1. Sendero. (CR.615.03)

182. Realineamiento (mejoramiento de la distancia de visibilidad).

- 182.1. Modificación sustancial del alineamiento y trazado horizontal de una carretera existente.
 - 182.1.1. Preparación del terreno.
 - 182.1.1.1. Limpieza y desmonte. (CR.201.01)
 - 182.1.1.2. Remoción de estructuras y obstáculos. (CR.203.05)
 - 182.1.1.3. Construcción lineal de explanación. (CR.212.01)
 - 182.1.2. Construcción de calzada.
 - 182.1.2.1. Sub-base granular. (CR.301.01)
 - 182.1.2.2. Base granular. (CR.301.02)
 - 182.1.2.3. Carpeta de mezcla asfáltica en caliente. (CR.405.01)
 - 182.1.2.4. Carpeta de concreto hidráulico. (CR.501.01)
- 182.2. Demarcación vial horizontal.
 - 182.2.1. Demarcación de pavimentos.
 - 182.2.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)
 - 182.2.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)
 - 182.2.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)
 - 182.2.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)
 - 182.2.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)
 - 182.2.1.6. Demarcación de letrero de Ceda. (CR.634.08)
 - 182.2.1.7. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)
 - 182.2.1.8. Capta luz dos caras. (CR.634.15)
- 182.3. Señalización vial vertical permanente.

182.3.1. Instalaciones de nuevas señales.

182.3.1.1. Señales verticales. (CR.633.01)

186. Implementación de barrera central en carreteras de un carril por sentido.

186.1. Barreras de contención vial.

186.1.1. Instalación de barrera en metal.

186.1.1.1. Barrera de contención vehicular en metal. (CR.617.01)

186.1.2. Instalación de la barrera en concreto.

186.1.2.1. Barrera de concreto, colada en sitio. (CR.618.01)

190. Raya ancha separadora de sentidos de circulación doble.

190.1. Demarcación vial horizontal.

190.1.1. Demarcación de pavimentos.

190.1.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)

190.1.1.2. Línea continua lateral. (CR.634.01)

190.1.1.3. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

191. Advertencia de zona escolar - señales y marcas en el pavimento. (Demarcación Zona escolar)

191.1. Demarcación vial horizontal.

191.1.1. Demarcación de pavimentos.

191.1.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)

191.1.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)

191.1.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)

191.1.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)

191.1.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)

191.1.1.6. Demarcación de letrero de Escuela. (CR.634.09)

191.1.1.7. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)

191.1.1.8. Demarcación de pasos peatonales tipo cebrá. (CR.634.16)

191.1.1.9. Demarcación de línea de paro. (CR.634.18)

191.1.1.10. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

191.2. Señalización vial vertical permanente.

191.2.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.

191.2.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)

191.2.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)

191.2.2. Instalaciones de nuevas señales.

191.2.2.1. Señales verticales. (CR.633.01)

192. Advertencia de zona escolar - semáforo intermitente en zona escolar.

192.1. Demarcación vial horizontal.

192.1.1. Demarcación de pavimentos.

192.1.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)

192.1.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)

192.1.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)

192.1.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)

192.1.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)

192.1.1.6. Demarcación de letrero de Escuela. (CR.634.09)

192.1.1.7. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)

192.1.1.8. Demarcación de pasos peatonales tipo cebrá. (CR.634.16)

192.1.1.9. Demarcación de línea de paro. (CR.634.18)

192.1.1.10. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

192.2. Señalización vial vertical permanente.

192.2.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.

192.2.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)

192.2.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)

192.2.2. Instalaciones de nuevas señales.

192.2.2.1. Señales verticales. (CR.633.01)

192.3. Instalación de semáforos.

192.3.1. Semáforos vehiculares 2 fases

192.3.2. Semáforos vehiculares 4 fases

192.3.3. Semáforos peatonales.

194. Cruce peatonal elevado de la superficie de rodado (plataforma peatonal) sin semáforo.

194.1. Construcción de paso peatonal a desnivel.

194.1.1. Paso peatonal a desnivel.

194.1.1.1. Paso peatonal a desnivel.

194.2. Demarcación vial horizontal.

194.2.1. Demarcación de pavimentos.

- 194.2.1.1. Línea continua de centro. (CR.634.01)
- 194.2.1.2. Línea discontinua de centro. (CR.634.02)
- 194.2.1.3. Línea continua lateral. (CR.634.01)
- 194.2.1.4. Demarcación de flechas direccionales. (CR.634.05)
- 194.2.1.5. Demarcación de letrero de Alto. (CR.634.07)
- 194.2.1.6. Demarcación de letrero de Velocidad máxima. (CR.634.10)
- 194.2.1.7. Demarcación de pasos peatonales tipo cebra. (CR.634.16)
- 194.2.1.8. Demarcación de línea de paro. (CR.634.18)
- 194.2.1.10. Capta luz dos caras. (CR.634.15)

194.3. Señalización vial vertical permanente.

- 194.3.1. Reposición de señales faltantes y deterioradas.
 - 194.3.1.1. Remoción de señales verticales. (CR.633.02)
 - 194.3.1.2. Señales verticales. (CR.633.01)