



ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA DE LA INVESTIGACIÓN:

DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA CUESTA GRANDE DE 1.7 KM, EN EL CANTÓN DE GOICOECHEA, EN LA PROVINCIA DE SAN JOSÉ, CON BASE EN LA PERSPECTIVA DEL USUARIO DE LAS VÍAS DE ACCESO EN SU CONDICIÓN ACTUAL PARA EL SEGUNDO CUATRIMESTRE 2024

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL

ESTUDIANTE:

CARLOS BARBOZA ESQUIVEL 108700132

TUTOR:

ING. DANIELA MOYA SOLANO
SEDE CENTRAL, SAN JOSÉ, COSTA RICA
II CUATRIMESTRE, 2024

Contenido

| | |
|-----------------------------------|----|
| Índice de tablas | 8 |
| Índice de figuras | 10 |
| Índice de Ilustraciones | 11 |
| Resumen | 12 |
| Agradecimiento..... | 15 |
| Dedicatoria | 16 |
| CAPÍTULO I: PROBLEMA..... | 17 |
| Introducción..... | 18 |
| Planteamiento del problema..... | 19 |
| Pregunta de investigación | 21 |
| Antecedentes | 23 |
| Antecedentes Internacionales..... | 23 |
| Antecedentes Nacionales | 26 |
| Objetivos | 30 |
| Objetivo General | 30 |
| Objetivos Específicos..... | 30 |
| Justificación..... | 31 |
| Proyecciones..... | 33 |
| Limitaciones | 39 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | 41 |

| | |
|---|----|
| Introducción..... | 42 |
| Datos generales de las carreteras en Costa Rica | 43 |
| Comparación de las carreteras de Costa Rica con otras | 44 |
| Perspectiva crítica del sistema e infraestructura vial costarricense..... | 45 |
| Insuficiente inversión pública | 45 |
| Problemas de gobernanza y legislación..... | 45 |
| Falta de planificación y enfoque en calidad | 46 |
| Rezago en conectividad y rutas alternas | 46 |
| Conceptos de Infraestructura Vial. | 46 |
| Datos generales | 47 |
| Derecho de vía..... | 48 |
| Los peatones | 50 |
| Niveles de servicio | 51 |
| Tipo de carreteras | 52 |
| Carriles de circulación..... | 53 |
| Intersección..... | 54 |
| Carreteras de acceso restringido | 55 |
| Señalamiento vial y elementos de seguridad vial | 56 |
| La eficiencia del tráfico..... | 56 |
| Drenajes..... | 57 |
| Accesibilidad universal..... | 57 |
| Características del Tránsito..... | 58 |

| | |
|---|----|
| | 4 |
| Intensidad de tránsito..... | 58 |
| Velocidad | 59 |
| Tiempo de recorrido y demora | 61 |
| Determinación del volumen de tránsito | 62 |
| Conteos vehiculares..... | 62 |
| Tránsito promedio diario anual..... | 63 |
| Tránsito de la hora pico..... | 63 |
| El Factor de hora pico | 64 |
| Capacidad de una vía | 65 |
| Clasificación funcional de las carreteras | 66 |
| Diseño geométrico de carreteras | 69 |
| Alineamiento horizontal..... | 70 |
| Alineamiento vertical | 79 |
| Distancia de visibilidad..... | 87 |
| Diseño geométrico transversal..... | 89 |
| Plataforma o Corona | 90 |
| Subcorona..... | 91 |
| CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO..... | 94 |
| Introducción..... | 95 |
| Enfoque de la investigación | 96 |
| Fase Cualitativa: | 98 |
| Fase Cuantitativa: | 99 |

| | |
|--|-----|
| Integración | 100 |
| Tipo de investigación..... | 100 |
| Sujetos y fuentes de información | 103 |
| Fuentes de información..... | 103 |
| Sujetos de Información. | 106 |
| Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 112 |
| Revisión documental..... | 112 |
| Recolección de datos..... | 112 |
| Variables de cada objetivo específico | 116 |
| Triangulación de datos | 119 |
| Explicación..... | 119 |
| Triangulación de datos en investigación mixta..... | 121 |
| Validez..... | 122 |
| Procedimiento | 122 |
| Etapa 1..... | 124 |
| Etapa 2..... | 126 |
| Etapa 3..... | 127 |
| Etapa 4..... | 130 |
| Etapa 5..... | 130 |
| Transparencia y Documentación..... | 131 |
| Recolección inicial de datos..... | 131 |
| Análisis de datos..... | 131 |

| | |
|--|-----|
| Triangulación de información | 132 |
| Toma de decisiones de diseño..... | 132 |
| Presentación de resultados..... | 132 |
| Comentario final | 133 |
| Limitaciones y Delimitaciones | 133 |
| Delimitaciones geográficas | 133 |
| Delimitaciones temporales | 133 |
| Limitaciones financieras..... | 134 |
| Limitaciones de acceso..... | 134 |
| CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS | 135 |
| Introducción..... | 136 |
| Presentación de resultados..... | 137 |
| Cuestionario general | 137 |
| Cuestionario específico y selectivo | 147 |
| Entrevista con el experto..... | 153 |
| Observación topográfica | 160 |
| Análisis y discusión de resultados..... | 162 |
| Elementos Por Presentar..... | 162 |
| Análisis de los cuestionarios | 163 |
| Análisis de la entrevista | 167 |
| Análisis de la observación topográfica | 168 |
| Propuesta del diseño geométrico..... | 187 |

| | |
|---|-----|
| Discusión de los resultados | 200 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 207 |
| Conclusiones generales | 208 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 212 |
| APÉNDICES..... | 218 |
| Cuestionario Selectivo #1 | 218 |
| Sección 1: Información general..... | 218 |
| Sección 2: Experiencia actual | 219 |
| Sección 3: Accesibilidad y movilidad..... | 219 |
| Sección 4: Seguridad vial..... | 220 |
| Sección 5: Comunicación y señalización | 220 |
| Sección 6: Otras consideraciones..... | 221 |
| Sección 7: Propuesta de diseño | 222 |
| Cuestionario general #2 | 224 |

Índice de tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1. <i>Clasificación de las carreteras</i> | 47 |
| Tabla 2. <i>Niveles de servicio</i> | 48 |
| Tabla 3. <i>Característica de los niveles de servicio</i> | 52 |
| Tabla 4. <i>Guía para seleccionar el Nivel de Servicio para el diseño</i> | 53 |
| Tabla 5. <i>Tipos de velocidad</i> | 60 |
| Tabla 6. <i>Grupos de la clasificación funcional de las carreteras</i> | 68 |
| Tabla 7. <i>Radios mínimos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño</i> | 77 |
| Tabla 8. <i>Clasificación de los terrenos en función a la pendiente</i> | 81 |
| Tabla 9. <i>Control de diseño para curvas vertical en cresta</i> | 87 |
| Tabla 10. | 87 |
| Tabla 11. <i>Distancia de visibilidad de parada (metros)</i> | 88 |
| Tabla 12. <i>Distancia de visibilidad de adelantamiento</i> | 89 |
| Tabla 13. <i>Elementos de la plataforma o corona</i> | 90 |
| Tabla 14. <i>Elementos de la subcorona</i> | 91 |
| Tabla 15. <i>Detalles de la observación</i> | 113 |
| Tabla 16. <i>Operacionalización de variables</i> | 118 |
| Tabla 17. <i>El procedimiento por etapas de la investigación</i> | 123 |
| Tabla 18. <i>Respuestas del cuestionario selectivo</i> | 147 |
| Tabla 19. <i>Resultados de la categoría</i> | 153 |
| Tabla 20. Resultados de la categoría | 154 |
| Tabla 21. <i>Resultados de la categoría</i> | 155 |
| Tabla 22. <i>Resultados de la categoría</i> | 155 |
| Tabla 23. <i>Resultados de la categoría</i> | 156 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 24. <i>Resultados de la categoría</i> | 158 |
| Tabla 25. <i>Resultados de la categoría</i> | 159 |
| Tabla 26. <i>Aforo vehicular de la carretera</i> | 170 |
| Tabla 27. <i>Cálculo de tránsito promedio diario</i> | 172 |
| Tabla 28. <i>Clasificación de la calle</i> | 173 |
| Tabla 29. <i>Cálculos de rango del pendiente</i> | 178 |
| Tabla 30. <i>Tipo de terreno de la carretera</i> | 180 |
| Tabla 31. <i>Datos de derecho de la vida del diseño geométrico</i> | 181 |
| Tabla 32. <i>Datos de derecho de la vida del diseño geométrico con ciclovías</i> | 182 |
| Tabla 33. <i>Velocidades de vía dependiendo del tipo de terreno</i> | 184 |
| Tabla 34. <i>Detalle del rango del pendiente</i> | 185 |
| Tabla 35. | 186 |
| Tabla 36. <i>detalles del diseño geométrico de la propuesta</i> | 194 |
| Tabla 37. <i>Alineamiento horizontal necesarios para desarrollar el diseño de la propuesta</i> | 195 |
| Tabla 38. | 195 |
| Tabla 39. <i>desglose de gasto de recurso humano de la propuesta.</i> | 198 |
| Tabla 40. <i>Tiempo de ejecución del diseño geométrico de la propuesta</i> | 199 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. <i>Elementos geométricos de una curva circular simple</i> | 74 |
| Figura 2. <i>Curva circular compuesta por dos radios</i> | 76 |
| Figura 3. <i>La tangente vertical</i> | 82 |
| Figura 4. <i>Parábola de eje vertical simétrica</i> | 84 |
| Figura 5. <i>Curva vertical asimétrica</i> | 85 |
| Figura 6. <i>Curvas verticales convexas y curvas cóncavas</i> | 86 |

Índice de Ilustraciones

| | |
|--|-----|
| Ilustración 1. <i>Tipo y longitud de superficie de ruedo en el país.</i> | 44 |
| Ilustración 2. Jerarquía de movimiento | 67 |
| Ilustración 3. Respuestas de la pregunta 1 del cuestionario general | 137 |
| Ilustración 4. Respuestas de la pregunta 2 del cuestionario general..... | 138 |
| Ilustración 5. Respuestas de la pregunta 3 del cuestionario general..... | 139 |
| Ilustración 6. <i>Respuestas de la pregunta 4 del cuestionario general.</i> | 140 |
| Ilustración 7. <i>Respuestas de la pregunta 5 del cuestionario general.</i> | 141 |
| Ilustración 8. <i>Respuestas de la pregunta 6 del cuestionario general.</i> | 142 |
| Ilustración 9. <i>Respuestas de la pregunta 7 del cuestionario general.</i> | 143 |
| Ilustración 10. <i>Respuestas de la pregunta 8 del cuestionario general.</i> | 144 |
| Ilustración 11. <i>Respuestas de la pregunta 9 del cuestionario general.</i> | 145 |
| Ilustración 12. <i>Respuestas de la pregunta 10 del cuestionario general.</i> | 146 |
| Ilustración 13. datos encontrados de la observación de la carretera..... | 161 |
| Ilustración 14. Indicador del punto de medición de aforo de vehículos | 169 |
| Ilustración 15. Sección transversal de la calle | 174 |
| Ilustración 16. <i>Diseño de puntos peatonales.</i> | 175 |
| Ilustración 17. <i>Zona de intersección y Señalamientos</i> | 176 |
| Ilustración 18. <i>Rango de la pendiente de la calle</i> | 178 |
| Ilustración 19. <i>Diseño transversal propuesto para la carretera</i> | 181 |
| Ilustración 20. <i>Modelo transversal considerando las ciclovías</i> | 183 |
| Ilustración 21. <i>Tamos del diseño</i> | 187 |
| Ilustración 22. <i>Dos formatos de diseño de ciclovía</i> | 196 |

Resumen

En este trabajo de investigación titulado *Diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande de 1.7 km, en el cantón de Goicoechea, en la provincia de San José, basado en la perspectiva del usuario de las vías de acceso en su condición actual para el segundo cuatrimestre de 2024*, se presenta una propuesta de diseño geométrico para la carretera Cuesta Grande que satisfaga los parámetros y necesidades de los visitantes y la población residente. Esta vía es crucial para la movilidad de los habitantes de la zona.

La ruta 205, que conecta Vista de Mar de Rancho Redondo y Jaboncillal de Mata de Plátano, fue intervenida por las autoridades debido a deslizamientos causados por fuertes lluvias. Esto obligó al CONAVI a cerrar la ruta durante dos meses, provocando un caos vial en la región.

Esta zona es propensa a hundimientos y deslizamientos. Si estos ocurren en algún otro punto de la ruta 205 durante los trabajos en los lugares mencionados, los habitantes quedarían incomunicados debido a la falta de carreteras alternas. Por ello, es necesario intervenir la calle Cuesta Grande, que conecta Jaboncillal con Salitrillos, para proporcionar una salida alterna que cumpla con todos los parámetros de una vía secundaria, mejorando así la movilidad y la seguridad tanto de los locales como de los visitantes.

Con la propuesta de la carretera Cuesta Grande en buenas condiciones, se garantiza un tránsito más fluido y se evitan futuros colapsos viales.

Este estudio se enfoca en el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande, una vía de 1.7 km ubicada en el cantón de Goicoechea, provincia de San José, Costa Rica. El objetivo principal es desarrollar una propuesta de diseño

geométrico integral que mejore la seguridad, la eficiencia del tránsito y la accesibilidad universal de esta importante carretera secundaria.

Capítulo 1 - Problema:

La carretera Cuesta Grande enfrenta problemas significativos relacionados con la seguridad vial, la eficiencia del tránsito y la accesibilidad, lo que afecta la calidad de vida de la comunidad. Existe la necesidad de realizar un diseño geométrico que responda a las necesidades de los usuarios y transforme esta vía en una infraestructura más segura, eficiente y adaptada a la comunidad.

Capítulo 2 - Marco Teórico:

En este capítulo se presentan conceptos clave sobre la clasificación de carreteras, el diseño geométrico, la seguridad vial, la eficiencia del tránsito y la accesibilidad universal. Estos fundamentos teóricos son esenciales para comprender la problemática actual de la carretera Cuesta Grande.

Capítulo 3 - Marco Metodológico:

La investigación sigue un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos. Para recopilar información, se emplearán cuestionarios, entrevistas, observación topográfica y revisión documental. Además, se aplicará la triangulación de datos para aumentar la validez de los resultados.

Capítulo 4 - Análisis de Resultados:

Los cuestionarios aplicados a los usuarios revelan problemas significativos en seguridad vial, eficiencia del tránsito y accesibilidad. La entrevista con el experto en ingeniería vial corrobora estos hallazgos y propone soluciones de diseño. La observación topográfica identifica deficiencias geométricas y la falta de infraestructura adecuada.

Capítulo 5 - Recomendaciones:

Se proponen recomendaciones integrales de diseño geométrico para mejorar la seguridad, la eficiencia y la accesibilidad de la carretera Cuesta Grande. Estas soluciones incluyen mejoras en la geometría, la señalización, las intersecciones y la incorporación de infraestructura para peatones y ciclistas.

Capítulo 6 - Plan de Implementación:

Se desarrolla un plan de implementación en tres fases: diagnóstico y planificación, diseño conceptual, y diseño detallado y documentación. Se incluye un presupuesto estimado y un cronograma para la ejecución del proyecto.

Este estudio proporciona un análisis exhaustivo de la situación actual de la carretera Cuesta Grande y formula recomendaciones de diseño geométrico fundamentadas en la perspectiva de los usuarios y en los principios de seguridad, eficiencia y accesibilidad. La implementación de estas soluciones transformará esta vía secundaria en una infraestructura más segura, eficiente y adaptada a las necesidades de la comunidad, contribuyendo al desarrollo económico y social del cantón.

Agradecimiento

Agradezco, en primer lugar, a Dios por permitirme completar los estudios de esta carrera. No fue nada fácil; no es lo mismo terminar la secundaria y luego continuar con la universidad. En mi caso, comencé el bachillerato a los 42 años con bases académicas muy básicas, lo que me obligó a hacer un esfuerzo mayor para cumplir con las materias cuatrimestre a cuatrimestre. Sin embargo, Dios siempre me dio la sabiduría para salir adelante.

Quiero agradecer a toda mi familia, amigos y compañeros que siempre me brindaron su apoyo cuando lo necesité. Especialmente a mi madre, Cecilia Esquivel Paniagua, quien siempre me apoyó en todo momento.

Dedicatoria

Primeramente, dedico a Dios todo el esfuerzo que hice para alcanzar esta meta. Él siempre me dio fuerza y sabiduría en todo momento.

Dedico este logro a la persona que hizo posible que yo continuara mis estudios después de tantos años. Fue ella quien me inscribió en un instituto de bachillerato por madurez, aunque yo no estaba muy convencido. En muchas ocasiones quise abandonar los estudios debido a mis numerosas obligaciones; trabajar y estudiar no es fácil. Sin embargo, ella siempre estuvo apoyándome en todo momento.

Gracias de todo corazón, porque sin ti no lo hubiera logrado, Laura Jiménez Rojas, mi esposa.

CAPÍTULO I: PROBLEMA

Introducción

La carretera Cuesta Grande, ubicada en el cantón de Goicoechea, provincia de San José, es una vía de 1.7 km que desempeña un papel crucial en la conectividad y movilidad de la región. Sin embargo, desde la perspectiva de los usuarios, la condición actual de esta carretera presenta diversos desafíos que deben ser abordados.

Actualmente, los usuarios de las vías de acceso a la carretera Cuesta Grande enfrentan problemas relacionados con la seguridad vial, la eficiencia del tránsito y la accesibilidad. La geometría de la carretera, la señalización deficiente y la falta de infraestructura adecuada para peatones y ciclistas generan situaciones de riesgo y congestión, afectando la calidad de vida de la comunidad.

La carretera Cuesta Grande, ubicada en el cantón de Goicoechea, provincia de San José, enfrenta varios desafíos importantes que deben ser abordados:

- Seguridad vial: La geometría actual de la carretera, junto con una señalización deficiente y la falta de infraestructura adecuada para peatones y ciclistas, genera situaciones de riesgo y pone en peligro a los usuarios más vulnerables.
- Eficiencia del tránsito: La carretera presenta problemas de congestión, especialmente en horas pico, debido a la falta de capacidad y a la presencia de intersecciones mal diseñadas. Esto afecta negativamente los tiempos de viaje y aumenta la contaminación.
- Accesibilidad: La carretera carece de infraestructura apropiada para peatones y ciclistas, limitando la movilidad de estos usuarios y exponiéndolos a mayores riesgos. Esto reduce la accesibilidad universal a la vía.

Abordar estos desafíos a través de un diseño geométrico integral que considere la seguridad, la eficiencia del tráfico y la accesibilidad universal, es fundamental para transformar la carretera Cuesta Grande en una infraestructura segura, eficiente y adaptada a las necesidades de la comunidad. Esto contribuirá a mejorar la calidad de vida de los habitantes y promover un desarrollo económico sostenible en la región.

Ante este escenario, surge la necesidad de desarrollar un diseño geométrico integral que atienda las necesidades de los usuarios y mejore la experiencia de tránsito en la carretera Cuesta Grande. Este diseño debe considerar aspectos clave como la seguridad, la eficiencia del tránsito, la accesibilidad universal y la sostenibilidad ambiental, con el objetivo de transformar esta vía en una infraestructura segura, eficiente y adaptada a las demandas de la comunidad.

En el segundo cuatrimestre de 2024, se presenta una oportunidad para abordar estos desafíos y desarrollar un diseño geométrico que responda a las expectativas y necesidades de los usuarios de las vías de acceso a la carretera Cuesta Grande. Este proceso debe involucrar a los diferentes actores, como autoridades locales, expertos en ingeniería geométrica y la comunidad, para garantizar una solución integral y adaptada a las realidades del territorio.

Planteamiento del problema

A continuación, se desarrollará el problema planteado en el trabajo final de graduación titulado “Diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande de 1.7 km, en el cantón de Goicoechea, provincia de San José”. Este trabajo está enfocado principalmente en el diseño geométrico de una carretera secundaria que, actualmente, se encuentra en muy mal estado, lo que ocasiona graves problemas para circular por esta vía y contribuye al congestionamiento de la vía principal.

Existen muchas vías en mal estado en varios puntos del país, lo que afecta negativamente el tránsito vehicular, genera molestias a los habitantes y aumenta el número de accidentes. Además, el aumento del número de vehículos ha hecho que el desgaste de las carreteras sea más notorio.

Según el INEC (2020), “el congestionamiento vial le costaría a Costa Rica hasta un 3,8% del PIB cada año, debido a la pérdida de productividad” (párr. 2). Esta situación estadística también se refleja en el Estado de la Nación de CR, que indica que “las presas cuestan más de \$3 mil (¢1,8 millones) al año” (párr. 3).

La carretera Cuesta Grande, en el cantón de Goicoechea, provincia de San José, enfrenta varios desafíos importantes que deben ser abordados:

- **Seguridad vial:** La geometría actual de la carretera, con una señalización deficiente y la falta de infraestructura adecuada para peatones y ciclistas, genera situaciones de riesgo y pone en peligro a los usuarios más vulnerables. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2020), el congestionamiento vial le costaría a Costa Rica hasta un 3,8% del PIB cada año debido a la pérdida de productividad.
- **Eficiencia del tránsito:** La carretera presenta problemas de congestión, especialmente en horas pico, debido a la falta de capacidad y a la presencia de intersecciones mal diseñadas. Esto afecta negativamente los tiempos de viaje y aumenta la contaminación. De acuerdo con el Estado de la Nación (2022), las demoras en el tránsito cuestan más de \$3 mil (¢1,8 millones) al año.
- **Accesibilidad:** La carretera carece de infraestructura apropiada para peatones y ciclistas, limitando la movilidad de estos usuarios y exponiéndolos a mayores riesgos. Esto reduce la accesibilidad universal a la vía.

Como ya se mencionó, abordar estos desafíos mediante un diseño geométrico integral que considere la seguridad, la eficiencia del tráfico y la accesibilidad universal es fundamental para transformar la carretera Cuesta Grande en una infraestructura segura, eficiente y adaptada a las necesidades de la comunidad. Esto contribuirá a mejorar la calidad de vida de los habitantes y promover un desarrollo económico sostenible en la región.

Pregunta de investigación

El problema es relevante en cuanto al diseño geométrico de carreteras secundarias. Estas carreteras desempeñan un papel fundamental en la conectividad y movilidad de las comunidades, brindando acceso a zonas residenciales, comerciales e industriales. Sin embargo, en muchos casos, estas vías presentan desafíos que afectan la calidad de vida de los usuarios y la eficiencia del transporte. Un diseño geométrico adecuado se convierte en una herramienta clave para abordar estos problemas y mejorar la experiencia de tránsito en las carreteras secundarias.

Uno de los aspectos más relevantes del diseño geométrico en carreteras secundarias es la mejora de la seguridad. Muchas de estas vías carecen de elementos de seguridad básicos, como señalización clara, iluminación adecuada y diseño geométrico apropiado. Esto aumenta el riesgo de accidentes y pone en peligro a los usuarios, especialmente a los más vulnerables, como peatones y ciclistas. Un diseño geométrico enfocado en la seguridad puede implementar medidas como cruces peatonales seguros, barreras de contención, y una alineación horizontal y vertical que garantice la visibilidad y estabilidad de los vehículos. Estas mejoras no solo protegen a los usuarios, sino que también contribuyen a la confianza y tranquilidad de la comunidad al transitar por estas vías.

Además de la seguridad, el diseño geométrico también juega un papel crucial en la eficiencia del tránsito. Las carreteras secundarias a menudo se ven afectadas por problemas de congestión, especialmente en horas pico, debido a la falta de capacidad y a la presencia de intersecciones mal diseñadas. Un diseño geométrico adecuado puede optimizar el flujo de tráfico mediante la implementación de carriles adicionales, intersecciones eficientes y sistemas de gestión del tránsito. Esto no solo reduce los tiempos de viaje, sino que también disminuye la contaminación y el estrés de los conductores, mejorando así la calidad de vida de la comunidad.

Otro aspecto relevante del diseño geométrico en carreteras secundarias es la accesibilidad universal. Muchas de estas vías carecen de infraestructura adecuada para peatones y ciclistas, lo que limita la movilidad de estos usuarios y los expone a mayores riesgos. Un diseño geométrico inclusivo puede incorporar aceras amplias, carriles para bicicletas, rampas y cruces peatonales, permitiendo que todas las personas, independientemente de sus capacidades, puedan desplazarse de manera segura y cómoda.

En resumen, el problema recae en identificar si el diseño geométrico en carreteras secundarias es fundamental para mejorar la seguridad, la eficiencia del tránsito y la accesibilidad universal, logrando así mejoras en el desarrollo económico del cantón.

Al abordar estos aspectos, se pueden transformar las carreteras secundarias en infraestructuras más seguras, eficientes y adaptadas a las necesidades de la comunidad, contribuyendo a una mejor calidad de vida y a una movilidad más sostenible.

La pregunta de investigación se plantea de la siguiente manera:

¿Cómo contribuirá el diseño geométrico propuesto para la carretera Cuesta Grande al desarrollo económico del cantón y a la reducción del congestionamiento vial?"

Antecedentes

Seguidamente, se desarrollan los diferentes antecedentes relacionados con estudios previos al presente tema de investigación.

Antecedentes Internacionales

Según Henry Alemán Vásquez et al., de la Universidad del Salvador, en su estudio de 2015 titulado *Propuesta de Diseño Geométrico de 5.0 km de vía de acceso vecinal montañosa, final col. Quezaltepeque-Cantón Victoria, Santa Tecla, La Libertad, utilizando software especializado para diseño de carreteras.*

En este trabajo, Alemán, Juárez y Nerio (2015) señalan que:

Los caminos de baja intensidad de tránsito, como pueden ser aquellos de acceso del agricultor al mercado y los que enlazan a las comunidades, son partes necesarias de cualquier sistema de transporte que brinda servicios a la población en zonas rurales; para mejorar el flujo de bienes y servicios, además de promover el desarrollo, la salud pública, la educación, y como una ayuda en la administración del uso del suelo y de los recursos naturales. (p.12)

El objetivo general de su investigación fue “elaborar una propuesta de diseño geométrico de 5.0 km de vía de acceso vecinal montañosa, final Col. Quezaltepeque-Cantón Victoria, Santa Tecla, La Libertad, utilizando software especializado para diseño de carreteras” (Alemán et al., 2015, p. 17).

En la construcción de carreteras, el diseño geométrico y varios estudios relacionados son de gran importancia, ya que afectan directamente la seguridad del conductor. Un diseño adecuado no solo garantiza una conducción cómoda, sino también una experiencia de conducción más segura y confortable. Además,

contribuye a una mayor durabilidad del automóvil en uso, extendiendo así su vida útil.

El trabajo consiste en un proyecto de diseño geométrico y un estudio hidráulico e hidrológico de la vía de acceso que conecta el borde de la zona de Quezaltepeque con Victoria, ambos ubicados en la ciudad de Santa Tecla, en La Libertad. Esta iniciativa se justifica por el impacto positivo de los proyectos viales a nivel local y el desarrollo consecuente de la población. Además, se elabora una guía práctica para la elaboración de futuros diseños geométricos, utilizando una variedad de software especializado y complementario para proyectos de esta magnitud.

Según el estudio realizado por Diana Valeria Terán Vargas en 2015, titulado “Las condiciones actuales de la vía Río Blanco – Pucayaca, Parroquia Pilahuín, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua y su incidencia en el desarrollo socioeconómico del sector”, de la Universidad de Ambato en Ecuador, se destaca la importancia del levantamiento topográfico para el diseño de vías. La autora indica que se requiere un levantamiento topográfico que incluya puntos internos y externos del camino, con un ancho de terreno de 30 metros a cada lado del eje del camino, para determinar la sección de corte del diseño. Además, se deben registrar detalles como cursos de agua y caminos de acceso.

Terán (2015) detalla el siguiente objetivo general: “analizar las condiciones actuales de la vía Río Blanco – Pucayaca de la Parroquia Pilahuín Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua para mejorar el desarrollo socioeconómico de los habitantes del sector” (p. 5).

Actualmente, la mayoría de las vías cuentan con servicios básicos como tratamiento de aguas residuales, agua potable, acometidas y alumbrado público. Por tal motivo, se informa que, después de la debida discusión, se ha llegado a un

acuerdo con las autoridades del GAD de Izamba para realizar el asfaltado de las vías en las que se mantendrán estos servicios, con el apoyo del Consejo Provincial de Tungurahua, el Gobierno y el GAD de Ambato.

La investigación realizada por la autora Giovanna Patricia López Carrillo en 2019, con el tema “Estudio del camino vecinal km 12 de la vía Macas hasta la comunidad de Chorreras, en la parroquia Veracruz, provincia de Pastaza y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes del sector”, de la Universidad de Ecuador, muestra que es importante desarrollar caminos fuera de las áreas urbanas para facilitar la venta de cultivos. El diseño geométrico de este proyecto mejorará significativamente la calidad de vida de los habitantes de Chorreras, ya que el estado actual de la vía no es adecuado para el comercio.

El proyecto de asfaltado ofrecerá óptimas condiciones de transporte, brindando a los beneficiarios del proyecto excelentes oportunidades para la venta de productos agrícolas y pecuarios. La provincia de Pastaza está ubicada en la región central de la Amazonía ecuatoriana, en una zona montañosa con altitudes que varían entre 950 m y menos de 300 m al este. Este cambio de altitud resulta en una variación de temperatura que oscila entre 2,6°C (temperatura más alta) y 26°C (temperatura más baja). Pastaza es el estado más grande del país, con una superficie de 19.774 km², ocupando el 7,2% del territorio nacional.

Finalmente, se presenta la investigación realizada por Cristian Mauricio Pullas Mejía en 2013, con el tema “Las condiciones de la vía de ingreso a la Parroquia Cumandá, Cantón Palora, Provincia de Morona Santiago, ubicada en el kilómetro 33.70 de la vía Baños - Puyo, y su incidencia en el desarrollo socioeconómico de los habitantes.

Pullas Mejía (2013) explica en su investigación que, debido al rápido crecimiento de la actividad económica en la ciudad de Cumandá en los últimos años, la mejora de las carreteras se ha convertido en una necesidad de máxima prioridad. Con el aumento de vehículos más rápidos y potentes, es esencial mejorar la calidad del servicio en las carreteras para garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios actuales y futuros.

Este estudio se enfoca en identificar el estado actual de las vías de acceso a la ciudad de Cumandá con el fin de mejorar las condiciones socioeconómicas de los habitantes del sector y aquellos que realizan actividades en la región. Para llevar a cabo esta investigación, se recopilaban datos mediante encuestas y observaciones, y se realizaron levantamientos bibliográficos, de campo y administrativos para procesar la información de manera cualitativa y cuantitativa.

Se llevaron a cabo visitas, relevamientos de campo, estudios de tránsito, topográficos y de suelos, de acuerdo con los objetivos específicos planteados. Se seleccionaron las mejores alternativas técnicas y económicas para encontrar soluciones que satisfagan las necesidades del sector residencial.

Antecedentes Nacionales

A continuación, se desarrollan los antecedentes nacionales para describir investigaciones más específicas en el contexto costarricense.

El documento de Mendoza y De los Ángeles (2021) presenta un estudio sobre el diseño geométrico y de pavimento de tres calles en el cantón de San Rafael de Heredia, Costa Rica. A continuación, se resumen los principales puntos de cada capítulo.

En el capítulo primero, Mendoza y De los Ángeles (2021) establecen la justificación del proyecto, señalando que el diseño de la estructura vial es crucial

para el progreso económico, social y cultural del país. El objetivo es mejorar la conectividad y el acceso a servicios en el cantón de San Rafael de Heredia mediante un diseño geométrico horizontal y vertical, así como un diseño de pavimento utilizando software especializado.

Posteriormente, Mendoza y De los Ángeles (2021) ofrecen una revisión de los conceptos y metodologías relevantes para el diseño de carreteras. El estudio abarca temas como tipos de terreno, clasificación funcional de carreteras, características del tránsito (TPDA, tránsito de hora pico, proyecciones futuras), diseño geométrico (velocidad de diseño, distancias de visibilidad), diseño de pavimentos flexibles (estructura, criterios de falla) y señalización vial.

En el apartado metodológico, los autores describen el enfoque metodológico de la investigación, que incluye un análisis topográfico, un estudio de tránsito, un diseño geométrico horizontal y vertical, y un diseño de pavimento utilizando el software PITRA PAVE. También se menciona la recopilación de datos de campo y el análisis de los resultados.

Los resultados obtenidos en el estudio de Mendoza y De los Ángeles (2021) incluyen el análisis de los datos de tránsito, como el TPDA y el tránsito de hora pico para cada una de las tres calles estudiadas. También se presentan los resultados del diseño geométrico, incluyendo alineamientos, pendientes y secciones transversales. En cuanto al diseño de pavimento, se detallan los espesores de cada capa, así como los cálculos de capacidad de carga por fatiga y deformación permanente. Además, se incluye una propuesta de señalización vertical y horizontal para cada calle.

Por último, Mendoza y De los Ángeles (2021) concluyen que el diseño geométrico y de pavimento propuesto mejorará significativamente la conectividad y

el acceso a servicios en el cantón de San Rafael de Heredia. Además, recomiendan la implementación del proyecto para beneficiar a la población local. El estudio presenta un análisis integral para el diseño de tres calles en el cantón, abordando aspectos como el análisis del tránsito, el diseño geométrico y el diseño de pavimentos. Los resultados obtenidos demuestran que el proyecto es viable y traerá beneficios a la comunidad.

Josué David Alfaro Molina, de la Universidad de Costa Rica, realizó en el año 2021 un estudio titulado “Planeamiento, diseño y construcción de carreteras en Costa Rica, 1963-1987: El caso de la carretera entre San José y Limón”. En su investigación, Alfaro Molina examina la planificación, diseño y construcción de la Carretera Estatal 32, que conecta San José con la ciudad de Limón en la costa caribeña de Costa Rica. El estudio incluye un análisis de la población y de las principales actividades económicas del Departamento de Limón, basándose en datos censales de 1963 a 2015. Este análisis tiene como objetivo evaluar el impacto de la Ruta 32 en la región Caribe y en las regiones del norte del país.

Según Alfaro (2021)

La elaboración de una carretera no es simplemente un proyecto ingenieril, sino que es a su vez un proyecto que tiene causas dentro de un grupo humano y, por supuesto, tiene consecuencias dentro de la cotidianeidad de ese grupo de personas; una carretera, por ejemplo, se construye porque se necesita, porque hay una demanda insatisfecha y su construcción traerá consecuencias variadas que abarcarán variados ámbitos más allá del simple comercio. (p. 1)

En la investigación, se observa un punto importante relacionado con la historia en el contexto de la infraestructura pública y privada. Se puede avanzar de la

historia más intensiva a la historia más completa, o viceversa, de la microhistoria a la macrohistoria. Usando las carreteras como ejemplo, este proyecto impactará una amplia gama de conocimientos específicos sobre la vida cotidiana de las personas, incluyendo información sobre los cambios que han ocurrido a nivel individual o nacional.

El autor destaca que los proyectos de obras públicas son generalmente complejos, con múltiples partes interesadas involucradas en su desarrollo, lo que a menudo provoca demoras. Por lo tanto, es crucial reconocer y aprender de los errores cometidos en la ingeniería de la construcción y la gestión financiera para evitar su repetición y minimizar los retrasos en la entrega de proyectos.

El autor Alejandro Díaz Ulate, de la Universidad de Costa Rica, realizó en 2012 un estudio titulado “Diseño geométrico de las carreteras marginales sobre la Ruta Nacional N° 32 - Braulio Carrillo, desde la intersección con la Ruta Nacional N° 249 hasta la intersección con la calle local uno”.

El estudio subraya que los caminos periféricos son esenciales para mantener los servicios locales y para recoger y distribuir el tráfico entre los caminos de acceso y las carreteras regionales. En el trabajo, se realizó un diagnóstico vial, analizando el uso del suelo, la seguridad vial, la infraestructura y la funcionalidad de las intersecciones. Además, se elaboró un inventario del derecho de vía para el tramo de carretera en estudio.

Se propone el diseño de intersecciones urbanas con el objetivo de lograr una adecuada armonía entre funciones, condiciones de tránsito, formas y usos del suelo de las arterias viales. El propósito principal de este diseño urbano es proporcionar movilidad a todos los usuarios, aunque los niveles de servicio de acceso local son limitados, beneficiando tanto al transporte urbano regional como local

Objetivos

La carretera Cuesta Grande, ubicada en el cantón de Goicoechea, provincia de San José, es una vía de aproximadamente 1.7 km que desempeña un papel crucial en la conectividad y movilidad de la región. Sin embargo, la condición actual de esta carretera presenta diversos desafíos que deben ser abordados para mejorar la experiencia de tránsito de los usuarios.

Ante este escenario, surge la necesidad de diseñar una propuesta geométrica integral que atienda las necesidades de los usuarios y garantice una infraestructura segura, eficiente y sostenible. Este diseño debe considerar aspectos clave como la seguridad vial, la eficiencia del tráfico, la accesibilidad universal y la adaptación al entorno, con el objetivo de transformar la carretera Cuesta Grande en una vía que mejore la calidad de vida de la comunidad, el desarrollo económico y promueva un desarrollo sostenible en la región.

Objetivo General

Diseñar una propuesta que contemple el diseño geométrico, la seguridad vial, la eficiencia del tráfico y la accesibilidad universal de la carretera Cuesta grande de 1.7 Km, en el cantón de Goicoechea, en la provincia de San José.

Objetivos Específicos

- Definir mediante un estudio de perspectivas comunales la condición actual que posee la carretera Cuesta grande
- Ejecutar un levantamiento topográfico de la carretera de Cuesta Grande en el cantón de Goicoechea.
- Determinar las características de diseño geométrico la seguridad vial, la eficiencia del tráfico y la accesibilidad universal

- Identificar las necesidades económicas que existen para la creación y el diseño de la carretera de Cuesta Grande en Goicoechea

Justificación

En Costa Rica, especialmente en el cantón de Goicoechea, existen significativos problemas en la red vial que afectan la movilidad y la calidad de vida de los residentes. El cantón, ubicado en el distrito de Mata de Plátano, en la provincia de San José, forma parte de la Gran Área Metropolitana y está caracterizado por su meseta intervolcánica del Valle Central. La infraestructura vial en esta región enfrenta deficiencias notables, incluyendo malas condiciones geométricas, estructuras de pavimentos deterioradas o inexistentes, y un insuficiente sistema de drenaje.

El propósito del diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande es abordar estos problemas mediante la mejora del trazado y de los componentes de la carretera. Esta mejora no solo busca optimizar la infraestructura vial, sino también actuar como motor para el desarrollo económico y social de la región.

El proyecto se centra en la mejora de la infraestructura vial de la ruta en la comunidad de Goicoechea, San José, abordando las deficiencias geométricas, la falta de estructuras de pavimento y la ausencia de drenajes en la vía. La finalidad de este estudio es mejorar las condiciones de vida, facilitando el transporte y promoviendo el progreso y desarrollo de la región.

Este trabajo está diseñado para cumplir con las características técnicas y operativas necesarias para alcanzar las metas establecidas. En este contexto, el enfoque principal es la mejora social y económica, con el objetivo de fortalecer los procesos técnicos y profesionales en su implementación, así como atender las necesidades y aspiraciones del sector.

- Las mejoras viales facilitan la planificación adecuada de los servicios de comunicación e infraestructura entre sectores vecinos, beneficiando directamente a la población local.
- El mejoramiento de las vías tendrá un impacto positivo en los habitantes del sector al aumentar la eficiencia en el transporte de productos, lo que permitirá llegar a los destinos más rápidamente. Además, reducirá el desgaste de los vehículos, promoviendo una economía más eficiente.
- El estudio permitirá mejorar la vía existente, determinando sus características operacionales y obteniendo un diseño geométrico óptimo que responda a las necesidades de la población.

El desarrollo de este proyecto se justifica por los beneficios locales que aportará, tales como la promoción de las relaciones comerciales, el desarrollo del turismo en la región, la mejora de los vínculos entre las poblaciones locales y el acceso a servicios básicos. Se utilizará software especializado para refinar el diseño geométrico.

Según el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (2022), se están llevando a cabo diferentes proyectos para la creación y mejora de infraestructuras viales. El Ministerio expone que:

Todos los meses se le pagan al Banco \$193.000. El Banco no ha levantado recursos financieros para esa obra, los aportes han sido del Gobierno, más de US\$50 millones. Así no va a funcionar la cosa. Tenemos que avanzar a un diseño de carretera que permita salir con la construcción. (p. 66)

Estos proyectos están enfocados en la mejora de diversas carreteras, representando una inversión significativa para el gobierno de Costa Rica con el objetivo de mejorar la movilidad de los costarricenses.

El proyecto es de particular importancia para el desarrollo de la región, ya que contribuirá significativamente a mejorar los indicadores de desarrollo humano y brindará oportunidades para el desarrollo comunitario, llenando los vacíos causados por los problemas de conectividad actuales.

Proyecciones

En este apartado se desarrollarán las proyecciones basadas en los alcances y limitaciones de la investigación.

Evaluación del estado actual de la carretera:

Se realizará un análisis detallado de la condición física de la carretera Cuesta Grande, de 1.7 km, considerando aspectos como el pavimento, señalización, iluminación, drenaje y otros elementos que puedan influir en la seguridad y comodidad de los usuarios. Este análisis permitirá identificar las principales fortalezas y debilidades de la carretera Cuesta Grande en términos de su condición física. A partir de esta evaluación, se podrán proponer mejoras específicas para intervenir en los aspectos que requieran atención, garantizando así la seguridad y comodidad de los usuarios, así como la eficiencia del tránsito en esta vía.

Percepción de los usuarios:

Para analizar la opinión y perspectiva de los usuarios de la carretera Cuesta Grande, incluyendo conductores, peatones y ciclistas, se propone realizar una combinación de encuestas, entrevistas y grupos focales. Este enfoque permitirá comprender cómo perciben la seguridad, comodidad y eficiencia de la vía, identificando áreas de mejora y recopilando ideas para el diseño geométrico.

Identificación de problemas y necesidades:

Se identificarán los problemas y desafíos que enfrentan los usuarios al utilizar la carretera Cuesta Grande. Estos pueden incluir congestión, falta de mantenimiento, deficiencias en la señalización, entre otros. Al combinar las diferentes estrategias de recopilación de datos, se obtendrá una imagen integral de los problemas y desafíos que enfrentan los usuarios. Esta información será fundamental para orientar el diseño geométrico hacia soluciones que respondan a las necesidades reales de la comunidad.

Validación cruzada de los datos recopilados

Para validar los datos recopilados en el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande, se pueden considerar las siguientes estrategias:

Comparación con estudios similares:

- Identificar investigaciones anteriores sobre el diseño geométrico de carreteras secundarias en entornos urbanos similares al de la carretera Cuesta Grande. Destaca especialmente la investigación de José Pablo Angulo Navarro, estudiante de la UC, titulada *Propuesta de diseño geométrico, capa de rodamiento, sistema de drenaje y señalización, de una carretera que comunique la zona de Salitrillos (Cuesta Grande) con Jaboncilla El Carmen de Goicoechea*.
- Comparar los datos recopilados, como aforos vehiculares, características geométricas y problemas identificados, con los resultados de los estudios mencionados para determinar si existe concordancia en los hallazgos.
- Analizar si las soluciones propuestas en otros diseños geométricos son aplicables y efectivas en el contexto de la carretera Cuesta Grande.

Consulta con expertos en ingeniería y seguridad vial:

- Identifica y entrevista a profesionales con experiencia en diseño geométrico y seguridad vial, preferiblemente con conocimiento del área de estudio.
- Presenta los datos recopilados y las propuestas de diseño a los expertos para obtener su opinión sobre la precisión de los datos, la idoneidad de las soluciones y posibles mejoras.
- Registra las observaciones y recomendaciones de los expertos y analiza cómo pueden ser incorporadas para refinar el diseño geométrico.

Triangulación de datos:

- Combina los datos recopilados mediante diferentes instrumentos, como cuestionarios, entrevistas y observación topográfica, para verificar la consistencia de la información.
- Identifica si los datos obtenidos a través de distintas fuentes convergen en los mismos hallazgos o si existen discrepancias que requieren mayor investigación.
- La triangulación permite validar los datos al contrastarlos desde múltiples perspectivas

Consulta pública y participación comunitaria efectiva

Para implementar una consulta pública y participación comunitaria efectiva en el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande, se pueden considerar las siguientes estrategias:

Consulta Pública:

- Organizar reuniones informativas abiertas por videoconferencia para la comunidad local para presentar el proyecto y recabar sus comentarios y preocupaciones.

- Establecer un período de consulta pública de al menos 30 días, donde los interesados puedan enviar sus aportes por escrito, responder comentarios o brindar cualquier otra información.
- Realizar encuestas y cuestionarios en la comunidad para conocer sus percepciones sobre los problemas actuales y las necesidades prioritarias.
- Documentar de manera transparente todos los comentarios y respuestas recibidas durante la consulta pública.

Participación Comunitaria:

- Conformar un comité asesor comunitario que incluya representantes de vecinos, comerciantes, grupos de interés y autoridades locales, para hacer la observación del estado actual de la carretera.
- Organizar recorridos de campo con la comunidad para identificar en conjunto los principales problemas y oportunidades de la carretera.

Integración de aportes:

- Analizar cuidadosamente todos los comentarios y aportes recibidos durante la consulta pública y la participación comunitaria.
- Evaluar la viabilidad técnica, económica y social de las propuestas de la comunidad e integrarlas en el diseño geométrico, siempre que sean factibles y aporten valor.
- Documentar de manera clara cómo se han incorporado los aportes de la comunidad en las soluciones de diseño final.
- Comunicar a la comunidad cómo sus contribuciones han sido consideradas y han influido en el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande.

Análisis de costo-beneficio exhaustivo

Identificación de costos:

- Estimar los costos de diseño geométrico, tomando en cuenta desde la construcción, incluyendo movimiento de tierras, pavimentación, señalización, iluminación y otras obras civiles.
- Considerar los costos sociales y ambientales, como la afectación a propiedades, la contaminación y el impacto en la comunidad, que se pueden ver reflejados durante la futura construcción de la carretera, para que el diseño contemple medidas para mitigar riesgos en los costes.

Cuantificación de beneficios:

- Estimar los mediante el conteo de vehículos por hora para ver qué tan eficiente se volverá el tránsito con un diseño más actualizado.
- Calcular los beneficios en seguridad vial, como la reducción de accidentes y lesiones, y los costos asociados evitados.
- Valorar los beneficios en accesibilidad y movilidad, como el aumento en el uso de modos de transporte no motorizados.
- Considerar los beneficios económicos indirectos, como el impulso al desarrollo local y el aumento de la productividad.

Análisis costo-beneficio:

- Proponer el uso de técnicas de análisis económico, como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), una vez que la carretera ya esté construida, para comparar los costos y beneficios a lo largo del tiempo.

Priorización de intervenciones:

- Diseñar diferentes mejoras propuestas en el diseño geométrico según su relación costo-beneficio, priorizando aquellas que generen un mayor retorno de la inversión.
- Elaborar un plan de implementación que asigne los recursos de manera eficiente y maximice los beneficios para la comunidad.

Documentación y reporte transparente en el diseño geométrico

- Documentación detallada de la metodología: Se debe registrar de manera exhaustiva todos los pasos seguidos en la recopilación y análisis de datos, incluyendo las técnicas utilizadas para los aforos vehiculares, las encuestas a la comunidad, las entrevistas con expertos y la observación topográfica. Esto permitirá que otros investigadores puedan replicar el estudio y verificar la validez de los hallazgos.
- Registro de supuestos y limitaciones: Se deben documentar de forma clara los supuestos realizados a lo largo del proceso, como las proyecciones de crecimiento del tráfico, los criterios de diseño aplicados y las restricciones encontradas. Esto ayudará a comprender el contexto en el que se desarrolló el estudio y a identificar posibles áreas de mejora.
- Presentación transparente de resultados: Los resultados obtenidos, tanto cuantitativos como cualitativos, deben ser expuestos de manera transparente y accesible, utilizando tablas, gráficos y descripciones detalladas. Esto permitirá a las autoridades y a la comunidad comprender a fondo los hallazgos y las propuestas de diseño.
- Documentación de la toma de decisiones: Se debe registrar el proceso de toma de decisiones, incluyendo la justificación de las soluciones de diseño

seleccionadas, los criterios de priorización utilizados y la forma en que se integraron los aportes de la comunidad.

- **Publicación de informes y documentos:** Todos los informes, estudios y documentos generados a lo largo del proyecto deben ser publicados y puestos a disposición de las autoridades y la comunidad, fomentando la transparencia y la rendición de cuentas.

Análisis de riesgos y seguridad vial:

Evaluar la seguridad vial de la carretera, identificando puntos críticos de riesgo y proponiendo medidas para mejorar la seguridad de los usuarios. Estas intervenciones buscan proteger a todos los usuarios, desde conductores hasta peatones y ciclistas, garantizando una experiencia de tránsito más segura y confiable en la carretera Cuesta Grande.

Propuestas de mejora y diseño:

Proponer mejoras específicas para el diseño geométrico de la carretera. Esto podría incluir sugerencias para el mejoramiento del pavimento, la implementación de nuevas señales, la creación de aceras o ciclovías, entre otras opciones.

Limitaciones

- **Fuentes de datos limitadas:** La disponibilidad de datos precisos y actualizados sobre la condición de la carretera, así como la perspectiva de los usuarios, podría ser limitada. Esto podría dificultar la obtención de una imagen completa y precisa de la situación.
- **Sesgo de selección de usuarios:** Es posible que solo ciertos tipos de usuarios participen en la investigación, lo que podría llevar a una perspectiva sesgada. Por ejemplo, podrían participar más conductores que peatones o ciclistas, lo que afectaría la representatividad de los resultados.

- Condiciones cambiantes: El estado de la carretera y las opiniones de los usuarios pueden variar en función de factores estacionales, climáticos u otros eventos imprevistos. Estos cambios podrían no reflejar la situación constante a lo largo del año.
- Limitaciones geográficas: El estudio se centra en una carretera específica en una ubicación geográfica determinada. Los resultados pueden no ser aplicables a otras carreteras o contextos geográficos diferentes.
- Perspectiva subjetiva: Las opiniones de los usuarios pueden ser subjetivas y basarse en experiencias individuales. Esto puede hacer que sea difícil generalizar las conclusiones a toda la población de usuarios.
- Cambios futuros en el diseño geométrico: El estudio se basa en la condición actual de la carretera. Sin embargo, podría haber planes para futuras mejoras en el diseño geométrico que no se tengan en cuenta en el estudio.
- Limitaciones en la recopilación de datos: Las limitaciones de tiempo y recursos podrían afectar la cantidad de datos que se pueden recopilar y analizar en profundidad.
- Dificultad en la medición de la satisfacción del usuario: Medir la satisfacción del usuario puede ser un desafío, ya que puede influir en múltiples factores subjetivos y objetivos.
- Falta de control sobre las condiciones del estudio: Factores externos, como el tráfico, las condiciones climáticas y la presencia de eventos especiales, podrían afectar la recopilación de datos y la interpretación de los resultados.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Introducción

El marco teórico es una parte esencial de cualquier investigación o trabajo académico que proporciona el contexto conceptual y teórico necesario para comprender y abordar el problema de estudio. Consiste en un conjunto de teorías, conceptos, modelos y enfoques que se relacionan con el tema de investigación y que ayudan a establecer las bases sobre las cuales se desarrolla el estudio.

Según Hernández et al. (2014), “es el conjunto coherente de conceptos, definiciones y proposiciones que presentan los fundamentos teóricos del estudio” (p. 136). El marco teórico de este estudio sobre el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande abarca una serie de conceptos y principios fundamentales relacionados con la infraestructura vial. Esta sección proporciona una base sólida de conocimientos que permitirá comprender a profundidad los desafíos y las soluciones planteadas para mejorar la seguridad, eficiencia y accesibilidad de esta vía.

En primer lugar, se presentan los datos generales sobre las carreteras en Costa Rica, incluyendo su clasificación y características clave. Esto permite contextualizar la carretera Cuesta Grande dentro del sistema vial nacional.

Seguidamente, se definen conceptos esenciales de la ingeniería vial, como el derecho de vía, los carriles de circulación, las intersecciones y la determinación del volumen de tránsito. Estos elementos serán cruciales para el análisis y el diseño de la carretera.

Además, se abordan temas relacionados con la seguridad vial, como la geometría de las carreteras, la señalización y la visibilidad. La eficiencia del tránsito se analiza a través de conceptos como la capacidad, el nivel de servicio y los tiempos de recorrido.

Finalmente, se incluyen aspectos de accesibilidad universal, que garantizan que la infraestructura vial pueda ser utilizada por todos los usuarios, incluidos peatones y ciclistas. Este marco teórico proporciona los fundamentos necesarios para comprender la problemática actual de la carretera Cuesta Grande y desarrollar soluciones de diseño geométrico integrales y adaptadas a las necesidades de la comunidad.

Datos generales de las carreteras en Costa Rica

Según Hernández y Tello (2016), cuando se habla de Costa Rica y sus carreteras, a menudo se tiende a ver el tema de manera negativa. Sin embargo, es prácticamente imposible mantener las vías en perfectas condiciones en todo momento. Es importante reconocer que el sistema vial costarricense enfrenta desafíos y problemas. El costo asociado con las carreteras genera una percepción de ineficiencia e ineficacia para el flujo vehicular actual, y esta visión a veces se traslada a los extranjeros.

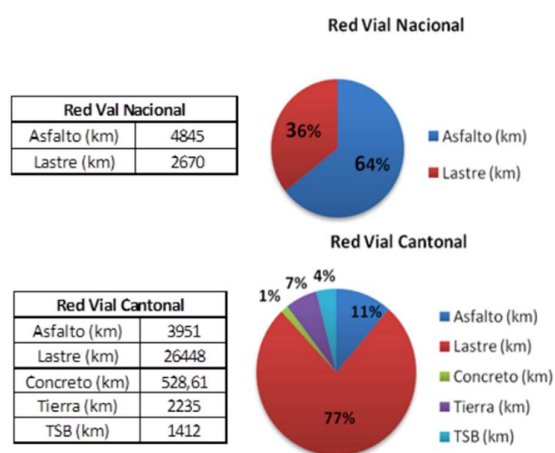
Hernández y Tello (2016) también explican que Costa Rica cuenta principalmente con tres tipos de superficie de rodamiento para las carreteras: concreto asfáltico, concreto hidráulico y lastre. La gran mayoría de las carreteras nacionales están pavimentadas con concreto asfáltico. Según el estudio, de las carreteras pavimentadas, 1700 km se encuentran en buen estado, lo que corresponde al 35% del total, dado que la Red Vial Nacional es de aproximadamente 4800 km de vías pavimentadas.

En estado regular están 2100 km, que representan el 44%, y se pueden transitar a pesar de su deterioro. En estado pésimo se encuentran 1000 km, es decir, el 21% de las carreteras pavimentadas, que según el estudio del Lanamme UCR, son prácticamente intransitables.

A pesar de las mediciones, estimaciones y cálculos mencionados anteriormente, es necesario señalar que estos datos tienen cierta antigüedad. Por lo tanto, la situación de los porcentajes anteriores puede haber cambiado, aunque probablemente no de manera significativa. A continuación, se presentará un dato de hace 10 años que puede servir como una mejor referencia.

Ilustración 1.

Tipo y longitud de superficie de ruede en el país.



Nota. Fuente: MOPT (2012).

Comparación de las carreteras de Costa Rica con otras

Según los datos recopilados, la situación de las carreteras en Costa Rica es relativamente deficiente en comparación con otros países de la región y a nivel global:

- Costa Rica se ubica en el tercer lugar de las peores carreteras en América, superando solo a Haití y Belice (Barquero, 2017).
- En un *ranking* de calidad de carreteras en América Latina, Costa Rica ocupa el puesto 55 de 140 países a nivel mundial, por debajo de Chile (33), México (46), Uruguay (53) y Colombia (60) (Villalobos, 2018).

- Específicamente, la calidad de la red vial costarricense es calificada con 2.7 sobre 7 puntos, muy por detrás de líderes regionales como Chile (5.2) y Ecuador (5.0) (Villalobos, 2018).
- En cuanto a conectividad, Costa Rica también se encuentra rezagada, con un puntaje de 42.3 sobre 100, mientras que México (93.5), Argentina (92.6) y Chile (90.7) lideran la región (Villalobos, 2018).

Estos datos indican que la infraestructura vial de Costa Rica se encuentra en una posición relativamente débil en comparación con otros países de América Latina y a nivel global. Esto representa un reto importante para mejorar la competitividad y el desarrollo del país.

Perspectiva crítica del sistema e infraestructura vial costarricense

A partir de los datos recopilados de Vagas y Villalobos (2019), Vásquez (2019), Muñoz (2016) y Cordero (2016), se proponen los siguientes puntos a tener en cuenta.

Insuficiente inversión pública

- Costa Rica invierte menos del 2.3% de su PIB en infraestructura vial, muy por debajo del promedio recomendado del 4-6% para países en desarrollo.
- Esta baja inversión ha llevado a un deterioro generalizado de la red vial, con un 53% de las carreteras en mal estado.
- Los costos económicos por congestión y accidentes viales se estiman en un 3.8% del PIB, superando ampliamente la inversión realizada.

Problemas de gobernanza y legislación

- La legislación actual, como la Ley de Contratación Administrativa y la Ley de Concesiones, presentan obstáculos para el desarrollo eficiente de proyectos de infraestructura.

- Estos obstáculos incluyen procesos licitatorios complejos, falta de flexibilidad en los contratos y dificultades para implementar asociaciones público-privadas.
- La ausencia de un marco legal adecuado ha limitado la participación del sector privado en el desarrollo y mantenimiento de carreteras.

Falta de planificación y enfoque en calidad

- La infraestructura vial se ha construido sin suficiente planificación a largo plazo y sin priorizar estándares de calidad, nivel de servicio, resiliencia y sostenibilidad.
- Esto ha resultado en una red vial deficiente, con problemas de diseño, construcción y mantenimiento.
- La falta de un enfoque en la calidad y el nivel de servicio ha limitado la eficiencia y la seguridad de la red vial.

Rezago en conectividad y rutas alternas

- Costa Rica se encuentra rezagado en conectividad de su red vial en comparación a líderes regionales, con un puntaje de 42.3 sobre 100.
- La falta de rutas alternas estratégicas representa un problema importante, lo que limita la movilidad y la resiliencia de la red.
- Esta deficiencia en conectividad y rutas alternas afecta la competitividad y el desarrollo económico del país.

Conceptos de Infraestructura Vial.

El Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales de 2004 incluye diversos factores que afectan las condiciones de fluidez del tráfico de vehículos. Este manual se fundamenta en el Manual de

Capacidad de Carreteras (HCM) y es necesario establecer claramente estos factores antes de comenzar el estudio técnico correspondiente.

Datos generales

En el diseño de carreteras, es fundamental tener en cuenta los tres elementos que conforman el sistema de tránsito: el factor humano (ser humano), el factor vehicular (vehículo) y el factor ambiental (vía). Estos factores constituyen el triángulo de la seguridad, conocido como la trilogía vial.

Las carreteras se dividen según su ubicación en zonas rurales o urbanas, y se clasifican de acuerdo con su funcionalidad y volúmenes de tránsito en relación con su diseño. Esto se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 1.

Clasificación de las carreteras.

| FUNCIÓN | CLASE DE CARRETERA(1) | NOMECLATURA | TPD(2) (AÑO FINAL DE DISEÑO) | Número de Carriles |
|-----------------------|-----------------------|-------------|------------------------------------|-----------------------|
| ARTERIAL PRINCIPAL | AUTOPISTA | AA | >20,000 | 6-8 |
| | ARTERIAL RURAL | AR | 10,000-20,000 | 4-6 |
| | ARTERIAL URBANA | AU | 10,000-20,000 | 4-6 |
| ARTERIAL MENOR | ARTERIAL MENOR RURAL | AMR | 3,000-10,000 | 2 |
| | ARTERIAL MENOR URBANA | AMU | 3,000-10,000 | 2 |
| COLECTOR MAYOR | COLECTOR MAYOR RURAL | CMR | 10,000-20,000 | 4-6 |
| | COLECTOR MAYOR URBANA | CMU | 10,000-20,000 | 4-6 |
| COLECTOR MENOR | COLECTOR MENOR RURAL | CR | 500-3,000 | 2 |
| | COLECTOR MENOR URBANA | CU | 500-3,000 | 2 |
| LOCAL | LOCAL RURAL | LR | 100-500 | 2 |
| | LOCAL URBANO | LU | 100-500 | 2 |
| | RURAL | R | <100 | 1-2 |

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales.

Es necesario tener en cuenta que las carreteras están diseñadas para operar por debajo de su capacidad máxima, de acuerdo con los volúmenes horarios. Para ello, se establecen diferentes niveles de servicio en función del flujo vehicular presente en las carreteras. Esta clasificación se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 2.

Niveles de servicio.

| Nivel de Servicio | Descripción |
|-------------------|---|
| A | Flujo libre de vehículos, bajos volúmenes de tránsito y relativamente altas velocidades de operación. |
| B | Flujo libre razonable, pero la velocidad empieza a ser restringida por las condiciones del tránsito. |
| C | Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para seleccionar su propia velocidad. |
| D | Acercándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar. |
| E | Flujo inestable, suceden pequeños embotellamientos. |
| F | Flujo forzado, condiciones de "pare y siga", congestión de tránsito. |

Nota. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales.

Derecho de vía

El derecho de paso es el área de terreno que el propietario de una carretera, generalmente el Estado, adquiere para su construcción. Esto incluye el diseño equilibrado de los carriles previstos, los hombros internos y externos, las medianas y todos los demás elementos que forman parte de la sección transversal típica de esta infraestructura, de acuerdo con su clasificación funcional (SIECA, 2004).

Aunque idealmente se podría tener un ancho uniforme para cada tipo de carretera, en la práctica esto no siempre es posible. La franja de terreno necesaria varía y se decide según el proyecto específico.

Para definir el ancho del derecho de paso de una carretera, se debe establecer el ancho ideal de los elementos que componen la sección transversal estándar. Esto se hace con el objetivo de asegurar que, durante un período de diseño aproximado de 20 años, se cuente con el espacio necesario dentro del área de terreno adquirida para la construcción de la carretera y sus elementos relacionados. En situaciones excepcionales, puede ser necesario optar por soluciones de tamaño reducido pero funcionales y prácticas, priorizando la reducción de los anchos de los hombros y las dimensiones de la mediana o el separador central.

Además, considerando posibles expansiones futuras o como medida de precaución ante cambios inesperados, en varios casos se ha optado por reservar grandes extensiones de terreno para el derecho de paso, especialmente en áreas de bajo valor o con precios razonables de la tierra.

En Costa Rica, existe una preocupación relacionada con la ocupación de los derechos de vía que permanecen sin utilizarse durante largos períodos. A medida que aumenta el tiempo de ocupación, resulta más complicado desalojar estas áreas cuando se pretende llevar a cabo una ampliación planificada en el futuro. La única manera de abordar este problema es mediante la constante supervisión de las autoridades encargadas de mantener las carreteras, las cuales deben estar preparadas para tomar medidas de acuerdo con las normas legales y jurídicas establecidas.

El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras de Centroamérica (2004) establece que, para carreteras de la categoría Clase A con volúmenes de tráfico superiores a 12,000 vehículos por día, el ancho mínimo del terreno requerido en Costa Rica debe ser de 50 metros. Para volúmenes de tráfico entre 6,000 y 12,000

vehículos por día, se sugiere adquirir una franja de terreno de entre 30 y 50 metros de ancho.

Para volúmenes de tráfico entre 2,000 y 6,000 vehículos por día, se recomienda un ancho de alrededor de 40 metros. Para volúmenes de tráfico superiores a 400 vehículos al día pero inferiores a 2,000 vehículos al día, se aconseja que el ancho de la franja de terreno a ambos lados de la carretera oscile entre 25 y 40 metros.

El Manual de SIECA también sugiere que, en ciertos casos, ha sido favorable y factible ensanchar la vía principal para establecer vías adicionales en los costados, especialmente en zonas suburbanas, con el objetivo de separar el tráfico de paso del tráfico local. Las calles auxiliares tienen la función de facilitar el flujo de tráfico hacia y desde las propiedades adyacentes, ofrecer opciones de estacionamiento en la vía y beneficiar a las comunidades cercanas, aliviando la congestión y los problemas causados por el tráfico local en la vía principal.

No obstante, se acepta que en ocasiones la calle secundaria puede ser construida dentro de su propio espacio designado, lo que puede limitar el espacio físico disponible para la carretera principal. Cuando se lleva a cabo la separación de los cruces en una vía principal y se disponen calles marginales adicionales, se crean las condiciones necesarias para la construcción de una vía expresa con control parcial de accesos, es decir, una autopista.

Los peatones

Función del sistema vial

La función del sistema vial no se limita únicamente a los usuarios de vehículos automotores. Este sistema está asociado a una serie de elementos que lo convierten en un medio de comunicación indispensable para el desarrollo de las

sociedades. Su objetivo es facilitar la interacción entre diversos usuarios, incluidos peatones y ciclistas (Ortega Ureña, 2010).

Usuarios vulnerables en el sistema vial

Los peatones y ciclistas se encuentran en una situación de mayor vulnerabilidad en comparación con los usuarios de vehículos motorizados, debido a que su nivel de protección frente a los vehículos es claramente menor. Por lo tanto, el sistema vial debe considerar las necesidades y la seguridad de estos usuarios vulnerables, además de los conductores de vehículos (Ortega Ureña, 2010).

Niveles de servicio

Ortega Ureña (2010) explica que.

Los niveles deben ser escogidos de manera tal que los volúmenes de tránsito no superen la capacidad y se eviten congestionamientos viales, definiendo este término, no como un flujo paralizado en tramos de tiempo, sino que está más relacionado a la disminución de libertad de maniobrar, fricción entre los vehículos y la pérdida gradual de la calidad del flujo. (p.14)

El Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras regionales dicta que.

Establece seis niveles de servicio, identificados subjetivamente por las letras desde la A hasta la F, donde al nivel de servicio A se logra un flujo vehicular totalmente libre, con una relación volumen/capacidad del orden de 0.35 para las autopistas, mientras que al nivel de servicio F se alcanza el flujo forzado que refleja condiciones de utilización a plena capacidad de la vía o de sus

componentes esenciales, como decir las rampas y las secciones para entrecruzamientos. (p. 7)

Tal como se presenta a continuación.

Tabla 3.

Característica de los niveles de servicio.

| Nivel de Servicio | Descripción |
|-------------------|---|
| A | Flujo libre de vehículos, bajos volúmenes de tránsito y relativamente altas velocidades de operación. |
| B | Flujo libre razonable, pero la velocidad empieza a ser restringida por las condiciones del tránsito. |
| C | Se mantiene en zona estable, pero muchos conductores empiezan a sentir restricciones en su libertad para seleccionar su propia velocidad. |
| D | Acercándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para maniobrar. |
| E | Flujo inestable, suceden pequeños embotellamientos. |
| F | Flujo forzado, condiciones de "pare y siga", congestión de tránsito. |

Nota. Fuente: Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras regionales

El diseño del sistema vial se fundamenta en la elección del nivel de servicio adecuado, de acuerdo con los requerimientos y posibilidades de cada proyecto específico. La selección de un nivel de servicio determina el flujo vehicular de diseño.

Tipo de carreteras

En el siguiente cuadro, basado en Ortega Ureña (2010), se aprecian los tipos de carretera.

Tabla 4.

Guía para seleccionar el Nivel de Servicio para el diseño

| Tipo de carretera | Tipo de Área y Nivel de Servicio Apropriado | | | |
|--------------------|---|----------------|-----------------|------------------|
| | Rural Plano | Rural Ondulado | Rural montañoso | Urbano Suburbano |
| Autopista especial | B | B | C | C |
| Troncales | B | B | C | C |
| Colectoras | C | C | D | D |
| Locales | D | D | D | D |

Nota. Fuente: Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras regionales.

Carriles de circulación

Según Acosta (2011):

El carril es la unidad de medida transversal, para la circulación de una sola fila de vehículos, siendo el ancho de la calzada o superficie de rodamiento, la sumatoria de los carriles. Para ofrecer las mejores condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios, la superficie de rodamiento de las carreteras debe ser plana y sin irregularidades, resistente al deslizamiento y habilitada para la circulación del tránsito bajo todas las condiciones climáticas previsibles. (p. 67)

De acuerdo con el Manual Centroamericano, en nuestras vías, se considera que un carril de 3,6 m es el más adecuado para las condiciones más difíciles de la carretera y el tráfico, aunque puede reducirse hasta un mínimo aceptable de 2,7 m en caminos con poco tránsito y sin vehículos grandes. Un carril de 3,0 m de ancho solo es apropiado en vías destinadas a velocidades bajas.

Intersección

Según el Manual de SIECA, se considera una intersección como el punto en el que dos o más vías se encuentran, ya sea conectándose o cruzándose. En la intersección, cada vía que sale o llega se conoce como acceso o ramal. Los enlaces se refieren a los elementos que conectan las diversas ramas de una intersección, mientras que las rampas son los elementos que unen dos vías a diferentes alturas.

Según Chaverri (2007):

Las intersecciones constituyen una parte esencial de la red viaria, ya que son los puntos en los que se puede cambiar de vía para seguir el itinerario deseado. En ellas los vehículos pueden seguir distintas trayectorias y es necesario ordenarlas para reducir los conflictos entre los distintos movimientos. (p. 45)

Además, las intersecciones son puntos críticos en términos de capacidad, ya que suelen presentar una notable disminución en la calidad del servicio. Esto se debe a la necesidad de reducir la velocidad y, en caso de alto volumen de tráfico, puede requerir una espera antes de cruzar la intersección.

En una intersección, se realizan diferentes maniobras como separarse, integrarse, cruzar o entrecruzarse, todas las cuales generan conflictos. Estos conflictos no solo afectan al conductor que realiza la maniobra, sino también a otros vehículos que se acercan a la zona conflictiva.

Estas maniobras pueden provocar problemas para otros conductores en la zona. Las intersecciones son cruciales en términos de seguridad, tanto en áreas urbanas como rurales. De hecho, la mayoría de los incidentes con personas heridas en áreas urbanas ocurren en cruces viales.

Es fundamental que el diseño de una intersección sea comprensible para los conductores y cuente con una señalización adecuada para guiarlos en las maniobras necesarias para seguir su ruta. Esto se logra de manera más efectiva si existe coherencia en el diseño de todas las intersecciones de la red. No es necesario que todas sean idénticas, pero sí es crucial aplicar principios de diseño similares en la mayoría de los casos (Acosta, 2011).

Construir una intersección diseñada para manejar un gran flujo de vehículos puede ser bastante costoso debido a la necesidad de ocupar y pavimentar un área considerable, así como instalar señalización y otros dispositivos de control de tráfico, lo que implica un gasto adicional. Es imprescindible encontrar un equilibrio entre las demandas de un tránsito eficiente y seguro y el costo de las infraestructuras requeridas.

Las intersecciones perpendiculares generan áreas de conflicto más reducidas, lo que disminuye la gravedad de las posibles colisiones y mejora las maniobras al permitir a los conductores evaluar de manera más clara la ubicación de otros vehículos. Se considera que las intersecciones son aceptables cuando sus ángulos van desde los 60° hasta los 120° (Acosta, 2011).

Para planificar una intersección adecuada, es necesario realizar un análisis exhaustivo de los diversos elementos que participan en ella.

Carreteras de acceso restringido

Las vías de acceso restringido se definen en el Reglamento de Carreteras como calles públicas donde solo se permite el acceso a las propiedades adyacentes para entrar o salir en las intersecciones o en situaciones excepcionales, según lo establecido en el Reglamento.

El Reglamento establece que en estas vías está permitido acceder a las propiedades vecinas a través de calles o carreteras marginales, que son vías contiguas y normalmente corren en paralelo a las vías de acceso restringido. Estas vías permiten el acceso a la principal mediante las intersecciones de la carretera.

El artículo 6 del reglamento establece la prohibición de construir accesos no autorizados en el derecho de vía de las carreteras de acceso restringido. Además, designa al Departamento de Inspección Vial y Demoliciones del MOPT como responsable de asegurar el cumplimiento riguroso de esta normativa.

Señalamiento vial y elementos de seguridad vial

La teoría del señalamiento vial y los elementos de seguridad vial, según Rodríguez y Oviedo (2017), se basa en la premisa de que una adecuada señalización es fundamental para garantizar la seguridad de los usuarios de la vía. Diversos estudios han demostrado que la señalización influye directamente en la reducción de accidentes viales. Algunos elementos clave de esta teoría, según Pirota (2004), incluyen:

- Clasificación y definición de señales de tránsito para regular el flujo vehicular.
- Importancia de la visibilidad, legibilidad, comprensibilidad y credibilidad de las señales.
- Necesidad de auditorías periódicas para detectar puntos críticos y mejorar la señalización.
- Actualización constante de la normativa de señalización para adaptarse a las necesidades cambiantes.

La eficiencia del tráfico

La teoría de la eficiencia del tráfico, según lo que contempla Quintero-González (2017), se enfoca en optimizar el flujo vehicular mediante el uso de modelos matemáticos y simulaciones. Algunos conceptos clave son:

- Análisis de la capacidad vial y niveles de servicio.
- Aplicación de técnicas de control de tráfico como semáforos y sistemas de gestión.
- Uso de tecnologías avanzadas como vehículos autónomos y sistemas de información al conductor.
- Importancia de la planificación y diseño de la red vial para minimizar cuellos de botella.

Drenajes

La teoría de los drenajes en ingeniería de tránsito, según Bustamante (2017), se enfoca en diseñar sistemas efectivos para evacuar el agua de la superficie de rodadura. Esto es crucial para garantizar la seguridad y la transitabilidad de las vías, especialmente durante eventos climáticos extremos. Algunos elementos clave incluyen:

- Análisis hidrológico para determinar las cargas de diseño.
- Diseño de sistemas de drenaje superficial y subterráneo.
- Uso de materiales permeables y técnicas de drenaje sostenible.
- Mantenimiento regular para evitar obstrucciones y fallas.

Accesibilidad universal

La teoría de la accesibilidad universal en ingeniería de tránsito, según varios autores como Restrepo Vásquez (2022) y Magaña Urzua (2018), busca garantizar que la infraestructura vial sea accesible y usable por todas las personas, independientemente de sus capacidades físicas o sensoriales. Algunos elementos son:

- Diseño de aceras, rampas y cruces peatonales accesibles.

- Instalación de elementos táctiles y sonoros para personas con discapacidad visual.
- Eliminación de barreras físicas y mejora de la señalización para personas con movilidad reducida.
- Consideración de las necesidades de todos los usuarios, incluyendo peatones, ciclistas y usuarios de transporte público.

Características del Tránsito

Intensidad de tránsito

Acosta (2011) define la intensidad de tránsito como “al número de vehículos que pasan a través de una sección fija de la carretera por unidad de tiempo. Las unidades más usadas son las de vehículos/hora (intensidad horaria) y vehículos/día (intensidad diaria)” (p. 72).

Por otro lado, es conveniente diferenciar entre "volumen" e "intensidad", dado que ambos términos cuantifican la cantidad de vehículos que transitan por una sección de carretera en un periodo de tiempo establecido. Existen dos conceptos interrelacionados que pueden utilizarse para distinguirlos.

El volumen de circulación es la cantidad total de vehículos que transitan por una sección de un carril o carretera durante un determinado período de tiempo. Esta medida puede expresarse en términos de años, días, horas o fracciones de hora.

La intensidad de flujo de vehículos en un tramo de carretera se calcula dividiendo el número de vehículos que pasan por un tramo de carretera en un periodo de tiempo determinado (generalmente de 15 minutos) por el intervalo de tiempo considerado.

Es crucial destacar la distinción existente entre el volumen y la intensidad de tráfico. El volumen se refiere a la cantidad real de vehículos que atraviesan una

sección en un período determinado, mientras que la intensidad de tráfico se expresa en forma de una tasa horaria equivalente.

La forma de calcular la intensidad de tráfico consiste en dividir la cantidad de vehículos registrados en un lapso inferior a una hora entre el tiempo total de observación. Por lo tanto, si se observa un grupo de 100 vehículos durante un lapso de 15 minutos, esto significa que la intensidad de tráfico es de 400 vehículos por hora (Acosta, 2011).

Diversas categorías y explicaciones de intensidad: en general, el nivel de tráfico está influenciado por la demanda, la cual varía significativamente en cada segmento. Sin embargo, en numerosas ocasiones, la capacidad de las vías condiciona la intensidad, no solo porque establece un límite total, sino también porque cuando se alcanzan ciertas restricciones, la demanda se ve igualmente afectada.

El tiempo es el principal factor que determina las fluctuaciones en la intensidad. La circulación vehicular varía en cada momento, siguiendo patrones cíclicos preestablecidos.

Velocidad

Según Álvarez-Castillo (2019), la velocidad en las carreteras “depende de los rasgos físicos de la carretera, condiciones climáticas, presencia o interferencia de otros vehículos y limitaciones de velocidad” (p. 6). Para efectos de esta investigación, se consideran tres tipos de velocidades mencionadas en el *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño de Carreteras Regionales* (2004) que son relevantes en el diseño.

Tabla 5.*Tipos de velocidad*

| Tipo de velocidad | Descripción |
|------------------------|---|
| Velocidad de Operación | Es la velocidad a la que los conductores tienen permitido viajar en una carretera en condiciones favorables. |
| Velocidad de Ruedo | Es la velocidad en la que un vehículo viaja en un tramo de la carretera. Esta velocidad se usa para realizar la medida en la evaluación de los niveles de servicio y costos de los usuarios en carretera. |
| Velocidad de Diseño | Es la velocidad seleccionada, con el fin de establecer las características geométricas de la carretera. Esta velocidad debe ser consistente de acuerdo con la topografía, uso de la tierra, condiciones ambientales, volúmenes de tránsito, tipo de área (rural o urbana) y la clasificación de la carretera. |

Nota. Nota. Elaboración propia a partir de Alvares-Castillo (2019, p. 6-7)

Tiempo de recorrido y demora

En las entradas a las ciudades y en áreas urbanas, la velocidad de los automóviles varía considerablemente, llegando incluso a detenerse por completo o quedarse inmóviles. Normalmente, utilizar velocidades instantáneas o locales no resulta beneficioso; por lo tanto, es más conveniente emplear tiempos de recorrido.

El tiempo de recorrido se refiere al lapso que un vehículo tarda en trasladarse de un punto a otro a cierta distancia de separación. La velocidad de desplazamiento se calculará dividiendo la distancia recorrida entre el tiempo empleado en el trayecto. Al medir el tiempo de recorrido, es importante separar el tiempo que el vehículo está en movimiento del tiempo que está detenido (Acosta, 2011).

La demora es una medida crítica de las condiciones existentes en vías con circulación discontinua y en accesos a grandes ciudades.

La demora media detenida se utiliza como indicador principal para evaluar la calidad del servicio en las intersecciones reguladas por semáforos o señales de "Alto" o "Ceda el paso". Esta medida se define como el tiempo que un vehículo pasa detenido en una fila de espera antes de poder cruzar la intersección. Para calcularla, se divide este tiempo entre el volumen total de vehículos que entran en la intersección a través de un acceso o carril durante el mismo período, expresado en segundos por vehículo.

El retraso detenido se emplea porque es fácil de medir y entender en términos conceptuales. Obtener una medida de demora causada por la circulación a velocidades inferiores a las deseadas resulta complicado, ya que sería necesario establecer una velocidad razonable para cada tramo de la carretera.

Determinación del volumen de tránsito

El Manual Centroamericano indica que la recopilación de datos sobre el flujo de vehículos se realiza generalmente, y en ocasiones de forma planificada, utilizando métodos mecánicos y/o manuales. Estos incluyen el conteo o aforo volumétrico de tráfico en las carreteras, así como investigaciones de origen y destino (O/D) que proporcionan información sobre la estructura, distribución, naturaleza y modalidad de los viajes, dependiendo de la metodología utilizada.

Los estudios volumétricos de tránsito en las intersecciones, que clasifican los movimientos en los accesos a las mismas según su dirección, se realizan durante períodos de tiempo específicos y ofrecen la información fundamental requerida para abordar las particularidades del diseño de dichas intersecciones.

Para lograr un diseño eficiente de una carretera, es esencial contar con la información correcta sobre la cantidad de tráfico vehicular actual y futuro. Esto aplica tanto a la construcción de nuevas carreteras como a la reconstrucción o expansión de las existentes. En este enfoque, se evalúa la cantidad de tránsito por parte de los usuarios y se compara con la capacidad propuesta por el diseñador para asegurar que sean compatibles y consistentes.

Conteos vehiculares

Los registros de tráfico vehicular proporcionan información sobre la cantidad de vehículos que transitan por una zona específica, así como la distribución de los diferentes patrones de movimiento de los vehículos. Además, es posible determinar la configuración del flujo de transporte en función de las distintas categorías de vehículos (según su peso) que se pretenda estudiar. Estas categorías son:

- Livianos: vehículos con un peso inferior a cuatro toneladas, incluyendo camiones de dos ejes con dos llantas por eje.

- **Pesados:** vehículos con un peso superior a cuatro toneladas, incluyendo camiones de tres o más ejes, así como vehículos de dos ejes con cuatro llantas en uno de sus ejes.
- **Autobuses:** vehículos pesados destinados al transporte colectivo de personas.

En caso de que haya una situación de tráfico intenso en algún tramo de la red vial actual, es esencial analizar y dividir la demanda en distintos periodos para obtener los volúmenes de tráfico en cada hora del día. Esto permitirá identificar los momentos de mayor congestión, aquellos de congestión moderada y aquellos sin congestión. Es crucial tener en cuenta la importancia de no exagerar ni menospreciar los beneficios, tanto directos como indirectos, del proyecto.

Tránsito promedio diario anual

El Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) es un factor clave en el diseño de carreteras. Se refiere al recuento total de vehículos que pasan por un punto o tramo de una carretera durante un período específico, que puede ser de más de un día pero no superar un año. Para calcular este valor, se divide el total de vehículos registrados entre el número de días del período de medición (SIECA, 2004).

Es importante desagregar el TPDA según el tipo de vehículo y la dirección del tráfico. Se recomienda utilizar la siguiente combinación de vehículos en el estudio: automóviles y camionetas para cargas ligeras, así como autobuses y camiones pesados para cargas grandes.

Tránsito de la hora pico

Dado que el TPDA es una medida genérica para determinar la intensidad del tráfico durante un día, es esencial considerar las variaciones extremas en el flujo

vehicular a lo largo de las 24 horas. Esto permitirá elegir las horas de mayor demanda como base adecuada para el diseño geométrico de las carreteras.

El Manual Centroamericano indica que, generalmente, el tráfico durante las horas más congestionadas representa alrededor del 12 % al 18 % del TPDA en carreteras rurales, con una cifra promedio del 15 % del TPDA. Sin embargo, en las carreteras urbanas, esta proporción varía del 8 % al 12 % del TPDA, por lo que se puede tomar un 10 % del TPDA como valor promedio para el diseño.

El Factor de hora pico

El Manual Centroamericano de SIECA define el Factor de Hora Pico (FHP) como la proporción entre el volumen de tráfico durante la hora pico y el mayor volumen registrado en un lapso de 15 minutos dentro de esa misma hora pico. Es importante destacar que el FHP siempre será igual o menor a uno. Este factor influye en los volúmenes horarios de diseño, afectando las decisiones sobre la capacidad de la carretera.

Cuando se tiene en cuenta el FHP, la propuesta de reconstrucción, mejoramiento o ampliación de una carretera específica debe cumplir con las condiciones más exigentes de la demanda. Si el FHP cae por debajo de 0,85, puede haber cambios notables en las condiciones operativas de la carretera.

La decisión de modificar el volumen horario de diseño en función del FHP, ampliamente utilizado en los cálculos de capacidad y niveles de servicio, depende de la magnitud de las variaciones en el tráfico durante la hora pico. Este factor tiene un impacto significativo en las decisiones operativas y de diseño de la carretera. En las soluciones de transporte en zonas rurales, los analistas suelen considerar las condiciones promedio durante el período de mayor congestión.

En Costa Rica, los informes del MOPT (2013) indican que no se consideran factores de hora pico inferiores a 0,80 al realizar estudios de tránsito. Esto se hace para garantizar la seguridad en las condiciones de tráfico sin incrementar desproporcionadamente las fluctuaciones de tráfico. Además, se tienen en cuenta las limitaciones económicas del país, ya que aplicar un factor de hora pico más bajo implicaría un diseño excesivo.

De acuerdo con el FHP, se puede determinar el nivel de consistencia del tráfico en una hora específica. El cálculo se realiza al comparar el volumen total de tráfico en una hora con la intensidad máxima de circulación registrada dentro de ese período. La evaluación se lleva a cabo mediante la siguiente fórmula:

Donde,

FHP : factor de hora pico

: volumen total de vehículos que circulan en una hora

n: número de intervalos considerados en una hora

:: volumen máximo registrado en la hora

Capacidad de una vía

La capacidad de una carretera se refiere al máximo flujo de tránsito que puede soportar antes de alcanzar el punto crítico de densidad de vehículos por kilómetro, donde el tráfico se desplaza a la velocidad óptima. A medida que se acerca a su capacidad máxima, la carretera experimenta una disminución en la estabilidad del flujo vehicular debido a la reducción de los espacios disponibles para maniobrar. Esto provoca que la operación se vuelva insostenible durante períodos prolongados, generando largas filas y afectando o incluso deteniendo el flujo de tráfico (SIECA, 2004).

Para contrarrestar los efectos perjudiciales de la congestión, como el tiempo perdido, el aumento del consumo de combustible y la contaminación ambiental, se han realizado grandes inversiones. Estos impactos pueden ser significativos y requieren medidas adecuadas para gestionarlos.

El Manual Centroamericano explica que en el contexto de la oferta y demanda de una carretera, la demanda se refiere al volumen de diseño, que es el tráfico estimado que utilizará la carretera en el año de diseño, al finalizar un período de proyección de veinte años. Por otro lado, la oferta se determina a través de la capacidad, que es el máximo volumen de tráfico que puede circular de manera factible por un punto o sección de la carretera, considerando las condiciones actuales de la carretera y el tráfico vehicular.

La elección adecuada de la capacidad es crucial en el diseño de carreteras, ya que determina el tipo de infraestructura que se debe construir, incluyendo características físicas como el número y ancho de los carriles, alineamientos y restricciones laterales.

Además, comprender la capacidad es esencial en los estudios de planificación de redes viales. Esto permite evaluar cómo los distintos componentes de la red están manejando el tráfico actual y, si es necesario, establecer un plan de prioridades para las inversiones a corto y mediano plazo. De esta manera, se pueden anticipar y gestionar adecuadamente los efectos del crecimiento del tráfico.

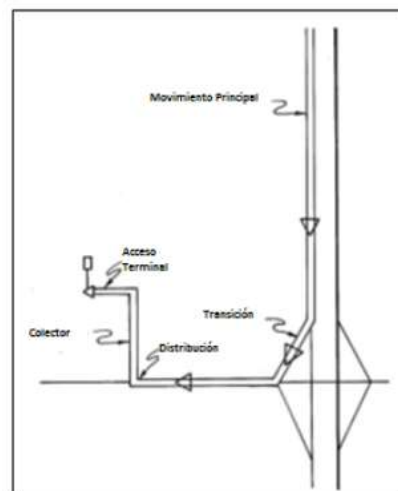
Clasificación funcional de las carreteras

Se pueden categorizar las carreteras de un país según su propósito, considerando los distintos desplazamientos que se realizan en ellas y la zona que abarcan. Según el Manual Centroamericano, una de las pautas para categorizar las

carreteras es su función, ya que se clasifican en base al tipo de servicio que deben proporcionar, lo cual está estrechamente vinculado con la forma en que se organizan y se clasifican los viajes. De acuerdo con esta perspectiva, la principal finalidad de una carretera puede ser proveer de desplazamiento, entrada o una combinación de ambas características de los viajes.

De acuerdo con Aashto (2001), un sistema vial completo de diseño funcional proporciona una variedad de desplazamientos de viaje. Se señala que la mayoría de los viajes pueden identificarse por seis etapas distintas: movimiento principal, transición, distribución, colector, acceso y culminación.

Ilustración 2.
Jerarquía de movimiento



Nota. Fuente: Aashto, 2001.

Cuando los vehículos se aproximan al punto de llegada o salida de la autopista, disminuyen su velocidad en las rampas de salida, las cuales sirven como una especie de puente de conexión. Después, los automóviles ingresan en vías de distribución de velocidad moderada que los acerca aún más al vecindario al que se dirigen. Posteriormente, acceden a carreteras que se adentran en los barrios.

Finalmente, los automóviles ingresan a las vías locales que brindan acceso directo a las viviendas u otros destinos.

La red vial tiene dos funciones principales: en primer lugar, facilita la movilización rápida, cómoda, económica y segura de los vehículos automotores; en segundo lugar, permite que estos vehículos lleguen a cualquier lugar habitado dentro del área que cubre la red vial. La movilidad es la principal función, mientras que la accesibilidad es la segunda función. Para lograr ambas funciones, las carreteras deben cumplir un conjunto de condiciones que pueden ser contradictorias. Esto implica que lo que puede ser beneficioso para mejorar la accesibilidad puede afectar negativamente la movilidad, y viceversa. En consecuencia, se opta por enfocar diferentes rutas de la red para diversos propósitos, asignando algunas principalmente para atender las demandas de movilidad y otras principalmente para facilitar el acceso a la mayoría de las áreas del territorio (Aashto, 2001).

Cuando se busca principalmente la movilidad, el ejemplo más destacado son las autopistas, las cuales se diseñaron para facilitar el traslado a largas distancias, en grandes cantidades y a velocidades máximas adecuadas para el entorno. Además, la función de entrada a una carretera se identifica por un sendero comunitario o una vía de poco tráfico y velocidades de manejo moderadas.

La clasificación funcional agrupa las calles y carreteras en tres grupos:

Tabla 6.

Grupos de la clasificación funcional de las carreteras

| Clasificación funcional | |
|-------------------------|---|
| Arterial | Provee el mayor nivel de servicio con las mayores velocidades permitidas en |

| | |
|----------|---|
| | distancias de viaje ininterrumpido, con algún grado de control en los accesos. |
| Colector | Provee un menor nivel de servicio que la arterial. Se permiten velocidades menores en distancias cortas por servir de colector de tráfico de caminos locales y los conecta con las arteriales. |
| Local | Consiste en todas las carreteras no definidas como arteriales o colectoras; su servicio principal es proveer acceso a la mayoría de los lugares y sirve a los viajes sobre distancias relativamente cortas. |

Nota. Elaboración propia a partir del *Manual Centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras* (2011).

Diseño geométrico de carreteras

Los elementos clave que interactúan y se relacionan entre sí para determinar las características del tráfico son los conductores, los vehículos en circulación, las vías por las que transitan y los controles aplicados para regular su funcionamiento. Las vías y sus cruces, que suelen tener una gran cantidad de movimientos complicados y diversos, necesitan ser planificados con suficiente capacidad para satisfacer las necesidades del tráfico en todo momento durante el diseño de las instalaciones.

Diversos factores pueden reducir la capacidad de una carretera, entre ellos se encuentran circunstancias desfavorables en su entorno, como la presencia de

peatones que interfieren, una alta frecuencia de intersecciones, condiciones del terreno complicadas y factores climáticos que afectan la visibilidad, lo que a su vez disminuye la velocidad, así como las condiciones físicas y mentales de los conductores (SIECA, 2004).

Según las investigaciones realizadas por el estudiante en los diferentes manuales de diseño, se encuentran una serie de propuestas necesarias y de gran utilidad para lograr un diseño eficaz y preciso según el tipo de carretera en la que se esté desarrollando el proyecto. Entre las consideraciones, propuestas y elementos importantes que deben ser tomados en cuenta están: velocidades de diseño, distancia de visibilidad entre el vehículo, tipos de vehículos que transitan por la carretera, entre otros. Estos elementos tienen un único objetivo: asegurar y promover el desarrollo funcional, la seguridad y la comodidad para los usuarios que transitan.

Alineamiento horizontal

Según el *Manual para el Diseño de Carreteras de Pavimento de Bajo Volumen de Tránsito* (2008):

El alineamiento horizontal deberá permitir la circulación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad directriz en la mayor longitud de carretera que sea posible. El alineamiento carretero se hará tan directo como sea conveniente adecuándose a las condiciones del relieve y minimizando dentro de lo razonable el número de cambios de dirección. El trazado en planta de un tramo carretero está compuesto de la adecuada sucesión de rectas (tangentes), curvas circulares y curvas de transición.

En general, el relieve del terreno es el elemento de control del radio de las curvas horizontales y el de la velocidad directriz. La velocidad directriz, a

su vez, controla la distancia de visibilidad. Los radios mínimos, calculados bajo el criterio de seguridad ante el deslizamiento transversal del vehículo están dados en función a la velocidad directriz, a la fricción transversal, al peralte máximo aceptable y al vehículo de diseño.

En el alineamiento horizontal desarrollado para una velocidad directriz determinada, debe evitarse el empleo de curvas con radio mínimo. En general, se deberá tratar de usar curvas de radio amplio, reservándose el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas. Deberá buscarse un alineamiento horizontal homogéneo, en el cual tangentes y curvas se suceden armónicamente. Se restringirá en lo posible el empleo de tangentes excesivamente largas con el fin de evitar el encandilamiento nocturno prolongado y la fatiga de los conductores durante el día. Al término de tangentes largas donde es muy probable que las velocidades de aproximación de los vehículos sean mayores que la velocidad directriz, las curvas horizontales tendrán radios de curvatura razonablemente amplios. Deberá evitarse pasar bruscamente de una zona de curvas de grandes radios a otra de radios marcadamente menores.

Los cambios repentinos en la velocidad de diseño a lo largo de una carretera deberán ser evitados. En lo posible, estos cambios se efectuarán en decrementos o incrementos de 15 km. /h. (MTC, 2008, p. 21)

El alineamiento horizontal de una carretera se refiere a la forma en que se combinan las rectas y las curvas en el trazado en el plano horizontal. La velocidad de diseño juega un papel crucial en el diseño geométrico de carreteras, ya que determina el radio de las curvas horizontales.

A continuación, se enumeran algunos de los elementos más relevantes a considerar en la planificación geométrica de vías de comunicación:

Cuando un vehículo se desplaza en una curva, surge una fuerza centrípeta que busca desviar al vehículo de su ruta original. Esta fuerza está determinada por la velocidad y el radio de la curvatura, y se compensa mediante la acción de la fricción y la elevación de la superficie por donde se desplaza el vehículo. Se estima a partir de la fórmula:

Donde,

R : radio mínimo de curva (metros)

e : corresponde al peraltado, tasa de sobrelevación (fracción decimal)

f : factor de fricción lateral, es la fuerza de fricción dividida por la masa perpendicular al pavimento (obtenido del gráfico presentado en la figura 2.10)

v : velocidad de diseño (km/h)

El factor de fricción lateral alcanza su valor máximo cuando el deslizamiento es inevitable. El máximo factor de fricción depende de la velocidad, el tipo y estado de la superficie de la carretera, así como del tipo y estado de los neumáticos del vehículo.

El uso de la distribución del factor de fricción lateral (f) y la sobrelevación (e) es necesario para equilibrar gradualmente la fuerza centrípeta que actúa sobre un objeto. Se aconseja emplear esta técnica en vías urbanas de baja velocidad.

Curvas circulares simples

Las curvas simples, según el *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras* (2013) “son arcos de circunferencia de un solo radio que unen dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales”. (Cárdenas, 2013, p. 74)

A continuación, se describen los elementos geométricos que determinan y forman parte de la curva circular simple:

PI = punto de intersección de las tangentes o vértice de la curva.

PC = principio de curva: punto donde termina la tangente de entrada y empieza la curva.

PT = principio de tangente: punto donde termina la curva y empieza la tangente de salida.

O = centro de la curva circular.

Δ = ángulo de deflexión de las tangentes: ángulo de deflexión principal. Es igual al ángulo central subtendido por el arco PC·PT.

R = radio de la curva circular simple.

T = tangente o subtangente: distancia desde el PI al PC o desde el PI al PT.

L = longitud de curva circular: distancia desde el PC al PT a lo largo del arco circular, o de un polígono de cuerdas.

CL = cuerda larga: distancia en línea recta desde el PC al PT.

E = externa: distancia desde el PI al punto medio de la curva A.

M = ordenada media: distancia desde el punto medio de la curva A al punto medio de la cuerda larga B.

PC = principio de la curva compuesta.

PT = fin de la curva compuesta o principio de tangente.

PCC = punto común de curvas o punto de curvatura compuesta. Punto donde termina la primera curva circular simple y empieza la segunda.

R1 = radio de la curva de menor curvatura o mayor radio.

R2 = radio de la curva de mayor curvatura o menor radio.

O1 = centro de la curva de mayor radio.

O2 = centro de la curva de menor radio.

Δ = ángulo de deflexión principal.

$\Delta 1$ = ángulo de deflexión principal de la curva de mayor radio.

$\Delta 2$ = ángulo de deflexión principal de la curva de menor radio.

T1 = tangente de la curva de mayor radio.

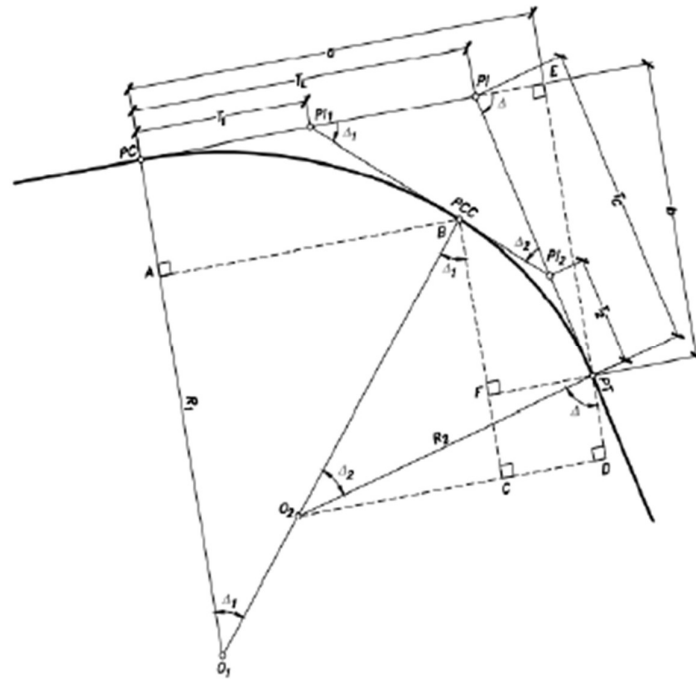
T2 = tangente de la curva de menor radio.

TL = tangente larga de la curva circular compuesta.

TC = tangente corta de la curva circular compuesta.

Figura 2.

Curva circular compuesta por dos radios



Nota. Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (2013).

Radio mínimo

Es definido como el valor que limita el diseño de una curva horizontal, en el cual se establecen las distintas velocidades. Los radios mínimos, según el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico (2018), “son los menores radios que pueden recorrerse con la velocidad de diseño y la tasa máxima de peralte, en condiciones aceptables de seguridad y comodidad” (MTC, 2014, p. 129).

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 (P_{max} + f_{max})}$$

Donde:

Rmín: radio mínimo

V: velocidad de diseño

P_{max} : peralte máximo asociado a V (en tanto por uno).

f_{max} : coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V .

Dependiendo del peralte, se calcula el radio mínimo en función de la velocidad del diseño, como lo muestran las tablas a continuación:

Tabla 7.

Radios mínimos de curvas horizontales para distintas velocidades de diseño

| VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH) | FACTOR DE FRICCIÓN MÁXIMA | Peralte Máximo = 4% | | GRADO DE CURVATURA (Degree) | Peralte Máximo = 6% | | GRADO DE CURVATURA (Degree) |
|---------------------------|---------------------------|---------------------|-------------|-----------------------------|----------------------|-------------|-----------------------------|
| | | RADIO (m) | | | RADIO (m) | | |
| | | CALCULADO | RECOMENDADO | | CALCULADO | RECOMENDADO | |
| 20 | 0.35 | 8.1 | 8 | 143°14' | 7.7 | 8 | 143°14' |
| 30 | 0.28 | 22.1 | 22 | 52°05' | 20.8 | 21 | 54°34' |
| 40 | 0.23 | 46.7 | 47 | 24°23' | 43.4 | 43 | 26°39' |
| 50 | 0.19 | 85.6 | 86 | 13°19' | 78.7 | 79 | 14°30' |
| 60 | 0.17 | 135.0 | 135 | 08°29' | 123.2 | 123 | 09°19' |
| 70 | 0.15 | 203.1 | 203 | 05°39' | 183.7 | 184 | 06°14' |
| 80 | 0.14 | 280.0 | 280 | 04°06' | 252.0 | 252 | 04°33' |
| 90 | 0.13 | 375.2 | 375 | 03°03' | 335.7 | 336 | 03°25' |
| 100 | 0.12 | 492.1 | 492 | 02°20' | 437.4 | 437 | 02°37' |
| 110 | 0.11 | | | | 560.4 | 560 | 02°03' |
| 120 | 0.09 | | | | 755.9 | 756 | 01°31' |
| VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH) | FACTOR DE FRICCIÓN MÁXIMA | Peralte Máximo = 8% | | GRADO DE CURVATURA (Degree) | Peralte Máximo = 10% | | GRADO DE CURVATURA (Degree) |
| | | RADIO (m) | | | RADIO (m) | | |
| | | CALCULADO | RECOMENDADO | | CALCULADO | RECOMENDADO | |
| 20 | 0.35 | 7.3 | 7 | 163°42' | 7.0 | 7 | 163°42' |
| 30 | 0.28 | 19.7 | 20 | 57°18' | 18.6 | 19 | 60°19' |
| 40 | 0.23 | 40.6 | 41 | 27°57' | 38.2 | 38 | 30°09' |
| 50 | 0.19 | 72.9 | 73 | 15°42' | 67.9 | 68 | 16°51' |
| 60 | 0.17 | 113.4 | 113 | 10°08' | 105.0 | 105 | 10°55' |
| 70 | 0.15 | 167.8 | 168 | 06°49' | 154.3 | 154 | 07°26' |
| 80 | 0.14 | 229.1 | 229 | 05°00' | 210.0 | 210 | 05°27' |
| 90 | 0.13 | 303.7 | 304 | 03°46' | 277.3 | 277 | 04°08' |
| 100 | 0.12 | 393.7 | 394 | 02°55' | 357.9 | 358 | 03°12' |
| 110 | 0.11 | 501.5 | 501 | 02°17' | 453.7 | 454 | 02°31' |
| 120 | 0.09 | 667.0 | 667 | 01°43' | 596.8 | 597 | 01°55' |

Nota. Fuente: *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras* (2011).

Distancia de visibilidad

Según el *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales* de la SIECA (2004), la distancia de visibilidad es un elemento crítico para garantizar la seguridad vial en el diseño de carreteras. El manual establece los siguientes criterios:

Distancia de visibilidad de parada

La distancia de visibilidad de parada es la mínima requerida para que un vehículo detenido pueda reanudar su marcha en condiciones de seguridad. Depende de la velocidad de diseño, el tiempo de reacción del conductor y la capacidad de frenado del vehículo. El manual proporciona tablas con los valores mínimos recomendados para diferentes velocidades de diseño.

Distancia de visibilidad de adelantamiento

La distancia de visibilidad de adelantamiento es la mínima requerida para que un vehículo pueda adelantar a otro con seguridad, considerando la presencia de vehículos en sentido contrario. Depende de la velocidad de diseño y las características geométricas de la carretera. El manual establece que, en carreteras de dos carriles y doble sentido de circulación, la distancia de visibilidad de adelantamiento debe ser proporcionada en al menos el 30% de la longitud total.

Distancia de visibilidad en intersecciones

En las intersecciones, es crucial garantizar una adecuada distancia de visibilidad para permitir que los conductores puedan percibir y reaccionar ante la presencia de otros vehículos o peatones. El manual especifica los requisitos de visibilidad en función del tipo de intersección y la velocidad de aproximación.

Alineamiento vertical

La geometría de la carretera en el plano vertical (perfil) es fundamental en el diseño. La configuración del terreno determina la ubicación y diseño de la carretera, basándose en los niveles del terreno natural existente. Es importante considerar las pendientes máximas y mínimas establecidas y tratar de reducir la cantidad de movimiento de tierra necesario en cada una de las opciones evaluadas.

Para diseñar el alineamiento vertical, es necesario examinar los aspectos que afectan las pendientes y las distancias de visibilidad adecuadas. Esto incluye la consideración de las curvas verticales, ya sea en forma de columpio o de cresta.

Aparte de las consideraciones estéticas, costos de construcción, comodidad y economía en los costos de operación de los vehículos, se deben tomar en cuenta factores como:

- Visibilidad y accidentalidad
- Composición del tránsito
- Relación entre la velocidad y sus engranajes de cambio en la operación del vehículo

El diseño de estas curvas asegurará distancias de visibilidad adecuadas. El sistema de cotas del proyecto se referirá, en lo posible, al nivel medio del mar, para lo cual se enlazarán los puntos de referencia del estudio con los B.M. de nivelación del Instituto Geográfico Nacional. A efectos de definir el perfil longitudinal, se considerarán como muy importantes las características funcionales de seguridad y comodidad que se deriven de la visibilidad disponible, la deseable ausencia de pérdidas de trazado y una transición gradual y continua entre tramos con pendientes diferentes.

Para la definición del perfil longitudinal, se adoptarán, salvo casos suficientemente justificados, los siguientes criterios:

- El eje que define el perfil coincidirá con el eje central de la calzada.
- Salvo casos especiales en terreno llano, la rasante estará por encima del terreno a fin de favorecer el drenaje.
- En terrenos ondulados, por razones de economía, la rasante se acomodará a las inflexiones del terreno, de acuerdo con los criterios de seguridad, visibilidad y estética.
- En terrenos montañosos y en terrenos escarpados, también se acomodará la rasante al relieve del terreno, evitando los tramos en contra pendiente, cuando debe vencerse un desnivel considerable, ya que ello conduciría a un alargamiento innecesario del recorrido de la carretera.
- Es deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas que presente variaciones graduales entre los alineamientos, de modo compatible con la categoría de la carretera y la topografía del terreno.
- Los valores especificados para pendiente máxima y longitud crítica podrán emplearse en el trazado cuando resulte indispensable. El modo y oportunidad de la aplicación de las pendientes determinarán la calidad y apariencia de la carretera.
- Rasantes de lomo quebrado (dos curvas verticales de mismo sentido, unidas por una alineación corta), deberán ser evitados siempre que sea posible. En casos de curvas convexas, se generan largos sectores con visibilidad restringida y cuando son cóncavas, la visibilidad del conjunto resulta antiestética y se generan confusiones en la apreciación de las distancias y curvaturas. (MTC, 2008, p. 36)

Tabla 8.

Clasificación de los terrenos en función a la pendiente

| Tipo de Terreno | Rango de Pendientes P(%) |
|-----------------|--------------------------|
| Llano o Plano | $P \leq 5$ |
| Ondulado | $5 > P \leq 15$ |
| Montañoso | $15 > P \geq 30$ |

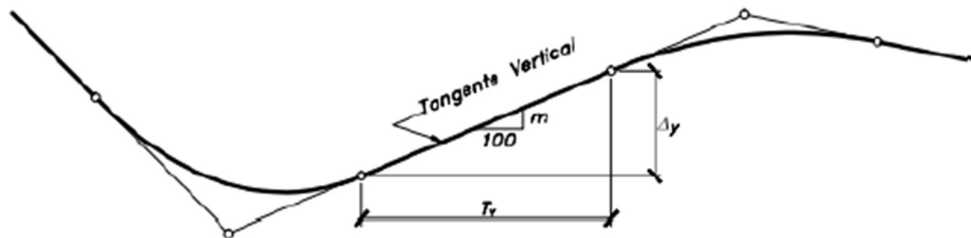
Nota. Fuente: *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras* (2011)

Para la realización de los diseños verticales, se deben tener presentes las pendientes, tal como se mencionó anteriormente, y las distintas curvas, las cuales se explican a continuación:

Tangentes verticales

El Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (2013) caracteriza que las tangentes verticales:

Se determinan por su longitud y su pendiente, y están limitadas por dos curvas sucesivas. De acuerdo con la figura, la longitud T_v de una tangente vertical es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente (Cárdenas, 2013, p. 346).

Figura 3.*La tangente vertical*

Nota. Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (2013).

Curvas verticales

En opinión de Cárdenas Grisales (2013), en su manual, define que:

Una curva vertical es aquel elemento del diseño en perfil que permite el enlace de dos tangentes verticales consecutivas, tal que a lo largo de su longitud se efectúa el cambio gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la pendiente de la tangente de salida, de tal forma que facilite una operación vehicular segura y confortable, que sea de apariencia agradable y que permita un drenaje adecuado. Se ha comprobado que la curva que mejor se ajusta a estas condiciones es la parábola de eje vertical (Cárdenas, 2013, p. 351).

A continuación, se describen los elementos geométricos que determinan y forman parte de las curvas verticales simétricas:

A = PIV = Punto de intersección vertical. Es el punto donde se interceptan las dos tangentes verticales.

B = PCV = principio de curva vertical. Donde empieza la curva.

C = PTV = principio de tangente vertical. Donde termina la curva.

BC = L_v = longitud de la curva vertical, medida en proyección horizontal.

$VA = Ev$ = externa vertical. Es la distancia vertical del PIV a la curva.

$VD = f$ = flecha vertical.

$P(x_1, y_1)$ = punto sobre la curva de coordenadas (x_1, y_1) .

$Q(x_1, y_2)$ = punto sobre la tangente de coordenadas (x_1, y_2) , situado sobre el mismo vertical de P.

$QP = y$ = corrección de pendiente. Desviación vertical respecto a la tangente de un punto de la curva P. Valor a calcular.

$BE = x$ = distancia horizontal entre el PCV y el punto P de la curva.

α = ángulo de pendiente de la tangente de entrada.

β = ángulo de pendiente de la tangente de salida.

γ = ángulo entre las dos tangentes.

Ángulo de deflexión vertical.

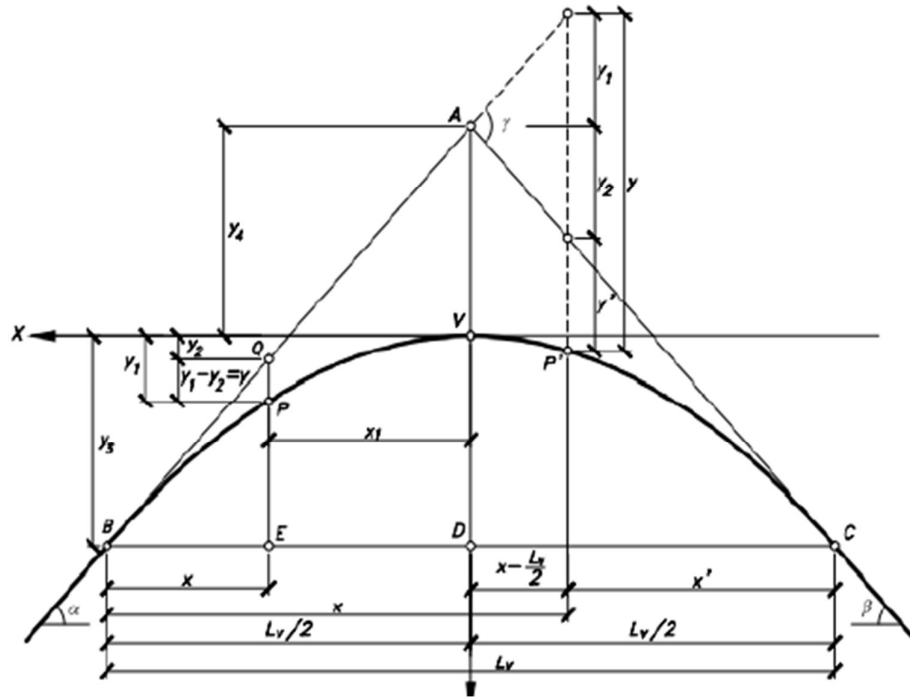
$m = \tan \alpha$ = pendiente de la tangente de entrada.

$n = \tan \beta$ = pendiente de la tangente de salida.

$i = \tan \gamma$ = diferencia algebraica entre las pendientes de la tangente de entrada y de salida.

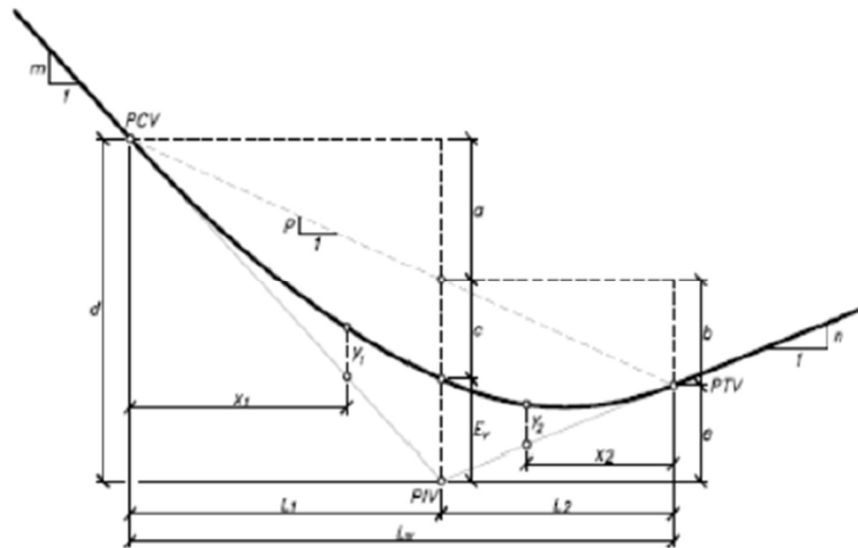
Figura 4.

Parábola de eje vertical simétrica



Nota. Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (2013)

La diferencia de las curvas verticales simétricas a las asimétricas es que su tangente tiene distinta longitud una de otra.

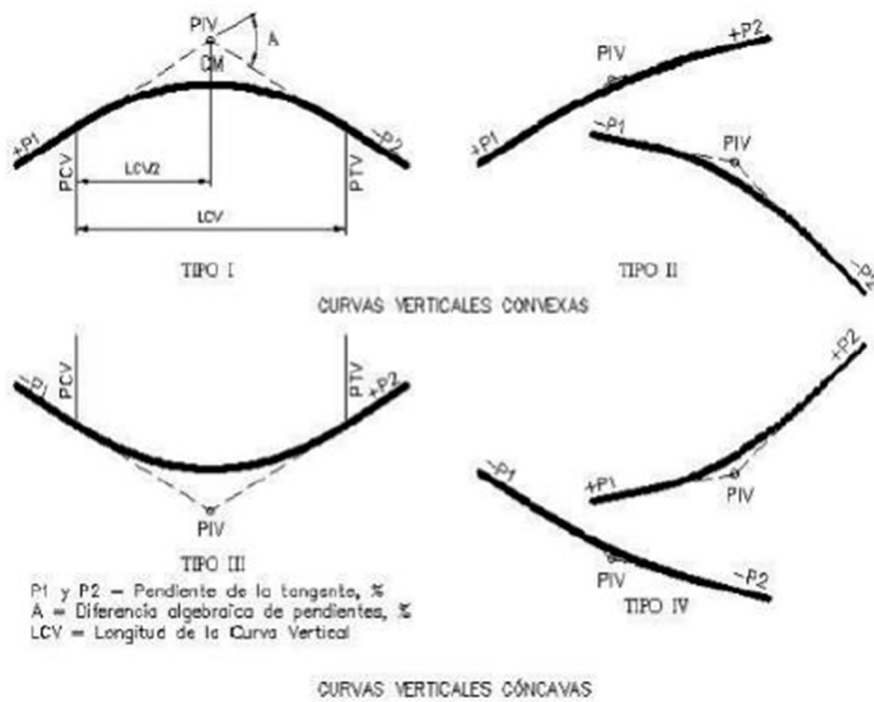
Figura 5.*Curva vertical asimétrica*

Nota. Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (2013)

Las curvas verticales se dividen en curvas de cresta, cóncavas y en columpio, y se diseñan bajo ciertos criterios. En las curvas de cresta, se debe garantizar una amplia distancia de visibilidad para la velocidad de diseño. Las curvas cóncavas se diseñan considerando la distancia que iluminan los faros de los vehículos. En la siguiente figura se muestran los diferentes tipos de curvas utilizadas en el diseño del alineamiento vertical.

Figura 6.

Curvas verticales convexas y curvas cóncavas



Nota. Fuente: SIECA, (2011).

En las siguientes tablas, se observa el control de diseño para las curvas verticales y la obtención de la tasa de curvatura vertical K .

Tabla 9.*Control de diseño para curvas vertical en cresta*

| Velocidad de Diseño KPH | Distancia de Visibilidad de Parada (m) | Tasa de Curvatura Vertical K | |
|-------------------------|--|------------------------------|-------------|
| | | Calculada | Para Diseño |
| 20 | 20 | 0.6 | 1 |
| 30 | 35 | 1.9 | 2 |
| 40 | 50 | 3.8 | 4 |
| 50 | 65 | 6.4 | 7 |
| 60 | 85 | 11.0 | 11 |
| 70 | 105 | 16.8 | 17 |
| 80 | 130 | 25.7 | 26 |
| 90 | 160 | 38.9 | 39 |
| 100 | 185 | 52.0 | 52 |
| 110 | 220 | 73.6 | 74 |
| 120 | 250 | 95.0 | 95 |

K = Longitud (m) por porcentaje de A

Nota. Fuente: SIECA (2011)

Tabla 10.*Control de diseño para curvas verticales cóncavas*

| Velocidad de Diseño KPH | Distancia de Visibilidad de Parada (m) | Tasa de Curvatura Vertical K | |
|-------------------------|--|------------------------------|-------------|
| | | Calculada | Para Diseño |
| 20 | 20 | 2.1 | 3 |
| 30 | 35 | 5.1 | 6 |
| 40 | 50 | 8.5 | 9 |
| 50 | 65 | 12.2 | 13 |
| 60 | 85 | 17.3 | 18 |
| 70 | 105 | 22.0 | 23 |
| 80 | 130 | 29.4 | 30 |
| 90 | 160 | 37.6 | 38 |
| 100 | 185 | 44.6 | 45 |
| 110 | 220 | 54.4 | 55 |
| 120 | 250 | 62.8 | 63 |

Nota. Fuente: SIECA (2011)

Distancia de visibilidad

Mendoza y De los Ángeles (2021) explican que la distancia de visibilidad se puede definir como la visibilidad longitudinal continua hacia adelante en una

carretera, es decir, es visible para el conductor del vehículo para poder realizar con seguridad diversas maniobras que se vea obligado a efectuar (p. 37). Según el *Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito* (2008), las visibilidades se definen de la siguiente manera:

Visibilidad de parada

La distancia de visibilidad de parada es la longitud mínima requerida para que un vehículo que viaja a la velocidad de diseño pueda detenerse antes de alcanzar un objeto que se encuentra en su trayectoria. Para la determinación de la visibilidad de parada, se considera que el objeto inmóvil tiene una altura de 0.60 m y que los ojos del conductor se ubican a 1.10 m por encima de la rasante de la carretera.

Tabla 11.

Distancia de visibilidad de parada (metros)

| Velocidad directriz (Km./h) | Pendiente nula o en bajada | | | | Pendiente en subida | | |
|--------------------------------|----------------------------|-----|-----|-----|---------------------|-----|-----|
| | 0% | 3% | 6% | 9% | 3% | 6% | 9% |
| 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 19 | 18 | 18 |
| 30 | 35 | 35 | 35 | 35 | 31 | 30 | 29 |
| 40 | 50 | 50 | 50 | 53 | 45 | 44 | 43 |
| 50 | 65 | 66 | 70 | 74 | 61 | 59 | 58 |
| 60 | 85 | 87 | 92 | 97 | 80 | 77 | 75 |
| 70 | 105 | 110 | 116 | 124 | 100 | 97 | 93 |
| 80 | 130 | 136 | 144 | 154 | 123 | 118 | 114 |
| 90 | 160 | 164 | 174 | 187 | 148 | 141 | 136 |

Nota. Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

Visibilidad de adelantamiento

Mendoza y De los Ángeles (2021) explican que la distancia de visibilidad de adelantamiento (o paso) es la mínima distancia que debe ser visible para permitir al conductor del vehículo sobrepasar a otro que viaja a una velocidad 15 km/h menor, con comodidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad de un tercer

vehículo que circula en sentido contrario y que se vuelve visible cuando se ha iniciado la maniobra de adelantamiento (p. 38-39).

Para determinar la distancia de visibilidad de adelantamiento, se considera que la altura del vehículo que viaja en sentido contrario es de 1.10 m y que la altura de los ojos del conductor que realiza la maniobra de adelantamiento es también de 1.10 m. La visibilidad de adelantamiento debe asegurarse para la mayor longitud posible de la carretera, siempre que no existan impedimentos impuestos por el terreno, los cuales se reflejan en el costo de construcción (MTC, 2008, p. 20). La distancia de visibilidad de adelantamiento debe adaptarse a diversas velocidades, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 12.

Distancia de visibilidad de adelantamiento

| Velocidad directriz Km./h | Distancia de visibilidad de adelantamiento (m) |
|------------------------------|---|
| 30 | 200 |
| 40 | 270 |
| 50 | 345 |
| 60 | 410 |
| 70 | 485 |
| 80 | 540 |
| 90 | 615 |

Nota. Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

Diseño geométrico transversal

Según el *Manual Diseño Geométrico de Carreteras* (2013):

El diseño geométrico transversal de una carretera consiste en la definición de la ubicación y dimensiones de los elementos que forman la carretera, y su relación con el terreno natural, en cada punto de ella sobre una sección normal al alineamiento horizontal. De esta manera,

se podrá fijar la rasante y el ancho de la faja que ocupará la futura carretera, y así estimar las áreas y volúmenes de tierra a mover.

La sección transversal de una carretera está compuesta por el ancho de zona o derecho de vía, el ancho de explanación, el ancho de banca o plataforma, la corona, la calzada, los carriles, las bermas, las cunetas, los taludes laterales y otros elementos complementarios.

(Cárdenas, 2013, p. 446).

Plataforma o Corona

Según Álvarez-Castillo (2019), es la superficie visible de una carretera que se encuentra entre los bordes del relleno y los interiores de las cunetas. El ancho de la corona comprende la rasante, la pendiente transversal, ancho de calzada, sobre ancho, aceras, mediana, entre otros. En la siguiente tabla se describen estos elementos.

Tabla 13.

Elementos de la plataforma o corona

| Elementos de la plataforma o corona | |
|-------------------------------------|---|
| Rasante | Es la elevación del pavimento, según la línea de centro en carreteras bidireccionales. En la sección transversal se representa como un punto. |
| Pendiente Transversal | Es la pendiente que presenta la calzada en dirección perpendicular al eje de la calle. |

| | |
|--------------------|--|
| Ancho de Calzada | Es el ancho de la superficie por donde circulan los vehículos, permite el desplazamiento seguro y cómodo del tránsito. Se le conoce también como la sumatoria de los carriles que tenga una carretera. |
| Carril | Es lugar por donde circula una sola fila de vehículos, el ancho de carril anda alrededor de los 2.75 m a 3.60 m. |
| Aceras o Banquetas | Las aceras pueden variar entre 1.0 a 2.0 metros de ancho. |
| Mediana | Es la franja de terreno que separa los carriles en carreteras divididas. |

Nota. Elaboración propia a partir de Álvarez-Castillo (2019).

Subcorona

Según Álvarez-Castillo (2019), la subcorona es la superficie sobre la cual se apoyan todas las distintas capas del pavimento. Está compuesta por los planos horizontales que delimitan el movimiento de tierra. La subcorona incluye la subrasante y el drenaje superficial, entre otros. A continuación, se describirán algunos de estos elementos:

Tabla 14.

Elementos de la subcorona

| | |
|------------|--|
| Subrasante | Es la elevación en la última capa de la terracería en la línea de centro de la carretera con tránsito en ambos sentidos. |
|------------|--|

| | |
|----------------------------|---|
| <p>Drenaje Superficial</p> | <p>Es el encargado de evacuar las aguas en la superficie del pavimento y evita que las aguas se infiltren dentro de la estructura de pavimento. El drenaje superficial se compone de diferentes elementos: cunetas, contracunetas, subdrenaje, entre otros. Seguidamente, se describirá los diversos elementos:</p> <p>Cunetas</p> <p>Es el canal de conducto abierto para el manejo de aguas, se construyen a ambos lados de la carretera, tiene el objetivo de drenar el agua de la lluvia que cae sobre la carretera.</p> <p>Contracunetas</p> <p>Son los canales que se construyen a uno o ambos lados de la calle fuera de los límites de construcción, tiene el fin de drenar el agua de las lluvias que cae sobre las áreas limítrofes.</p> <p>Subdrenaje</p> <p>Es el drenaje de las aguas subterráneas, estas aguas provienen de taludes o debajo de la terracería.</p> |
| <p>Diseño de Pavimento</p> | <p>Los métodos de diseño consideran las siguientes capas para el diseño estructural de pavimento: subrasante, subbase, base, bases estabilizadas con cemento.</p> <p>Subrasante</p> <p>Este suelo puede ser natural, debidamente perfilado y compactado; también se pueden aplicar materiales</p> |

| | |
|--|--|
| | <p>granulares en el caso de que el suelo natural sea deficiente o sea requerido por el diseño de la vía (préstamo o sustitución).</p> <p>Subbase</p> <p>Es la capa que se encuentra apoyada sobre la subrasante, esta debe perfilarse y compactarse entre el 95 % y 100 % de su máxima densidad seca según el ensayo de Proctor Estándar, está formada por materiales granulares.</p> <p>Base</p> <p>Es la capa intermedia entre la subbase y la carpeta asfáltica, se utiliza, para construirla materiales granulares de excelente gradación y siempre producto de trituración.</p> <p>Carpeta de Rodadura</p> <p>Es la capa más superficial, proporciona una superficie segura, cómoda y estable para el tránsito vehicular, además actúa como capa impermeable al impedir la infiltración de agua.</p> |
|--|--|

Nota. Elaboración propia a partir de Álvarez-Castillo (2019).

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

Introducción

El marco metodológico de esta investigación sobre el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande abarca una serie de estrategias y procedimientos que permitirán recopilar, analizar y validar la información necesaria para desarrollar una propuesta integral de mejora.

En primer lugar, se detalla el tipo de investigación, que en este caso es de carácter descriptivo y aplicado, con un enfoque mixto que combina métodos cuantitativos y cualitativos. Esto permitirá obtener una visión holística de la problemática actual de la carretera.

Seguidamente, se explica la población y muestra seleccionada para el estudio, que incluye usuarios de la carretera, expertos en ingeniería vial y autoridades locales. La recolección de datos se realizará a través de cuestionarios, entrevistas y observación de campo.

El marco metodológico también aborda la operacionalización de las variables clave, como la seguridad vial, la eficiencia del tránsito y la accesibilidad universal. Esto garantizará que los datos recopilados sean medibles y permitan un análisis riguroso. Además, se detallan los procedimientos y las etapas de la investigación, que van desde el diagnóstico inicial hasta la propuesta de diseño geométrico. Esto incluye la revisión documental, la recolección de datos, el análisis y la validación de la información.

Finalmente, se explica cómo se llevará a cabo la triangulación de los datos obtenidos a través de los diferentes instrumentos, con el fin de aumentar la validez y confiabilidad de los hallazgos.

Este marco metodológico sienta las bases para una investigación sólida y sistemática, que permita desarrollar soluciones de diseño geométrico

fundamentadas en información precisa y confiable, y que respondan a las necesidades reales de los usuarios de la carretera Cuesta Grande.

Enfoque de la investigación

El enfoque de la investigación se refiere a la estrategia y el enfoque metodológico que el investigador adopta para abordar el problema de investigación y responder a las preguntas planteadas. Implica la selección y aplicación de métodos, técnicas y herramientas específicas para recopilar y analizar datos con el propósito de lograr los objetivos del estudio. El enfoque de la investigación guía la estructura del estudio, la recopilación de datos, el análisis y la interpretación de resultados, y es fundamental para garantizar la validez y confiabilidad de las conclusiones.

Según Creswell (2014)

La elección del enfoque de investigación depende del tipo de investigación, los objetivos planteados, la naturaleza de los datos y el contexto del estudio. Puede incluir enfoques cuantitativos, cualitativos o mixtos, así como diferentes métodos de muestreo, recopilación y análisis de datos. (p. 89)

Se evalúa un diseño mixto, ya que la presente investigación se basa en las entrevistas realizadas a los especialistas del sector asegurador (cualitativa) y se consideran evaluaciones cuantitativas a los casos prácticos numéricos, que respaldan las hipótesis de la investigación. Según Todd, Nerlich y McKeown (2004) citado por Hernández, Fernández y Baptista (2006, p. 755-756), este diseño permitirá obtener una perspectiva más completa del fenómeno en evaluación, lo que a su vez brinda información relevante y variada, puesto que se hace uso de diversas fuentes de información. En el caso de la presente investigación, el enfoque es mixto,

esto en base a la gran cantidad de información por recolectar tanto cuantitativa como cualitativa.

Para relacionar metodológicamente el diseño de investigación mixto secuencial con el tema del diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande de 1.7 km en el cantón de Goicoechea, San José, se puede seguir la siguiente estrategia:

1. Fase Cualitativa:

Realizar entrevistas semiestructuradas con usuarios clave (conductores, peatones, ciclistas, autoridades locales, expertos en seguridad vial, etc.) para comprender en profundidad sus percepciones, necesidades y problemas relacionados con la carretera.

Organizar grupos focales con diferentes perfiles de usuarios para discutir y generar ideas sobre posibles mejoras en el diseño geométrico.

Analizar documentos y registros históricos sobre incidentes, quejas y problemas reportados en la carretera.

2. Fase Cuantitativa:

- Diseñar y aplicar un cuestionario a una muestra representativa de usuarios de la carretera Cuesta Grande para recopilar datos sobre su perfil, frecuencia de uso, percepción de seguridad, comodidad, eficiencia del tránsito, señalización, iluminación y estado del pavimento.
- Realizar conteos vehiculares, peatonales y de ciclistas en puntos clave de la carretera para determinar volúmenes y patrones de tráfico.
- Analizar datos de accidentalidad, tiempos de viaje y otros indicadores cuantitativos relacionados con el desempeño de la vía.

3. Integración de Resultados:

- Analizar e interpretar los hallazgos cualitativos y cuantitativos de manera integrada para obtener una comprensión holística de la situación actual de la carretera Cuesta Grande.
- Identificar los principales problemas, necesidades y oportunidades de mejora a partir de la triangulación de los datos.
- Generar recomendaciones y propuestas de diseño geométrico que atiendan de manera integral las perspectivas y experiencias de los usuarios.

4. Diseño Geométrico Propuesto:

- Desarrollar el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande, considerando los criterios de seguridad vial, eficiencia del tránsito, accesibilidad universal y adaptación al entorno.
- Incorporar en el diseño los elementos de señalización, iluminación, drenaje y otros aspectos que mejoren la experiencia de los usuarios.
- Validar el diseño propuesto a través de simulaciones de tráfico y análisis de capacidad para asegurar su viabilidad y efectividad.

Al utilizar un diseño de investigación mixto secuencial, se logra una comprensión más profunda y contextualizada de la problemática de la carretera Cuesta Grande, lo que permite desarrollar un diseño geométrico que responda de manera integral a las necesidades y percepciones de los usuarios.

Para lograr una comprensión global del problema y formular recomendaciones efectivas, la metodología de este estudio sobre el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande combina enfoques cualitativos y cuantitativos de la siguiente manera:

Fase Cualitativa:

- Revisión documental: Se analizarán estudios previos, planes de desarrollo y normativa relacionada con el diseño geométrico en Costa Rica. Esto permitirá

contextualizar la problemática de la carretera Cuesta Grande y comprender el marco regulatorio.

- Entrevistas con expertos: Se realizarán entrevistas semiestructuradas a profesionales en ingeniería y seguridad viales. Esto aportará una perspectiva técnica y experiencial sobre los desafíos y soluciones potenciales para la carretera.
- Participación comunitaria: A través de talleres y reuniones con la comunidad local, se recopilarán percepciones, preocupaciones y propuestas de los usuarios directos de la carretera. Esto brindará una visión desde la experiencia de los ciudadanos.

La información cualitativa ayudará a comprender en profundidad los problemas de seguridad vial, eficiencia del tránsito y accesibilidad que enfrenta la carretera Cuesta Grande, así como a identificar posibles soluciones que se ajusten a las necesidades y expectativas de la comunidad.

Fase Cuantitativa:

- Aforos vehiculares: Se realizarán conteos de tráfico en puntos clave de la carretera para determinar volúmenes, composición y patrones de circulación. Esto permitirá analizar la capacidad y el nivel de servicio de la vía.
- Análisis geométrico: A través de levantamientos topográficos y mediciones *in situ*, se evaluarán las características físicas de la carretera, como alineamientos, pendientes y radios de curvatura. Esto ayudará a identificar problemas de diseño que afectan la seguridad y eficiencia.
- Encuestas a usuarios: Se aplicarán cuestionarios a una muestra representativa de usuarios (conductores, peatones, ciclistas) para recopilar

datos cuantitativos sobre su percepción de la seguridad, accesibilidad y experiencia de viaje.

Integración

Los datos cuantitativos complementarán la información cualitativa, permitiendo cuantificar y medir de manera objetiva los principales problemas de la carretera. Esto facilitará la priorización de intervenciones y la formulación de recomendaciones técnicamente fundamentadas.

Al integrar los enfoques cualitativos y cuantitativos, el estudio logrará una comprensión holística de la problemática de la carretera Cuesta Grande, abarcando tanto las percepciones y necesidades de la comunidad como los aspectos técnicos y de ingeniería vial. Esto asegurará que las recomendaciones de diseño geométrico sean integrales, viables y respondan a las realidades del contexto local.

Tipo de investigación

Los tipos de investigación se refieren a las categorías o clasificaciones utilizadas para agrupar los estudios en función de sus objetivos, métodos y enfoques. Estos tipos proporcionan una estructura para entender las intenciones y el alcance de la investigación.

En el caso de la presente investigación, se adoptan dos tipos de alcance:

Investigación Descriptiva:

El estudio descriptivo busca describir y caracterizar un fenómeno o situación particular, sin manipulación deliberada. Se centra en recopilar datos y observar patrones, pero no busca establecer relaciones causales. Según Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018), "investigaciones en las que se tiene como propósito establecer las causas de los sucesos, problemas o fenómenos que se estudian" (p.

111). Hernández et al. (2010) indican que el propósito de las investigaciones descriptivas incluye:

Las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (p. 80).

Investigación Exploratoria:

La investigación exploratoria se lleva a cabo cuando el tema es poco conocido o no ha sido investigado en profundidad. Su propósito es explorar y generar ideas, hipótesis o teorías iniciales que posteriormente pueden ser investigadas con mayor rigor.

En cuanto a la clasificación de los diseños no experimentales, Hernández, Fernández y Baptista (2010) los diferencian “por su dimensión temporal o el número de momentos o puntos en el tiempo, en los cuales se recolectan datos” (p. 151). A partir de dicho criterio, se plantea para esta investigación un tipo y diseño de investigación no experimental.

Los diseños transversal o transeccional son aquellos estudios que recolectan datos en un solo momento y sus propósitos pueden variar entre las siguientes opciones:

- Analizar cuál es el nivel o modalidad de una o diversas variables en un momento dado;
- evaluar una situación, comunidad, evento, fenómeno o contexto en un punto del tiempo y/o;

- determinar o ubicar cuál es la relación entre un conjunto de variables en un momento.

La investigación exploratoria y descriptiva se complementan de manera efectiva en el estudio del diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande de 1.7 km en el cantón de Goicoechea, San José, desde la perspectiva del usuario:

Investigación Exploratoria:

- Permite obtener una comprensión inicial y general de las percepciones, necesidades y problemas que enfrentan los usuarios de la carretera Cuesta Grande.
- A través de entrevistas semiestructuradas y grupos focales, se exploran en profundidad las experiencias y opiniones de los usuarios sobre la seguridad, comodidad y eficiencia de la vía.
- Esta fase exploratoria ayuda a identificar temas y variables clave que deben ser considerados en la investigación descriptiva posterior.

Investigación Descriptiva:

- Se basa en los hallazgos de la fase exploratoria para diseñar instrumentos cuantitativos, como cuestionarios, que permiten recopilar datos de una muestra representativa de usuarios.
- Mediante el muestreo por conveniencia, se encuesta a usuarios frecuentes de la carretera para obtener información detallada sobre su perfil, frecuencia de uso, percepción de seguridad, comodidad, eficiencia del tránsito, señalización, iluminación y estado del pavimento.
- Los datos cuantitativos obtenidos en esta fase descriptiva permiten cuantificar y generalizar los hallazgos, identificando patrones y tendencias en las percepciones de los usuarios.

Integración de Resultados:

- Al combinar los hallazgos cualitativos de la investigación exploratoria con los datos cuantitativos de la fase descriptiva, se obtiene una comprensión más completa y confiable de la situación actual de la carretera Cuesta Grande desde la perspectiva del usuario.
- La triangulación de los resultados de ambas fases permite identificar los principales problemas, necesidades y oportunidades de mejora en el diseño geométrico.
- Esta integración de enfoques cualitativos y cuantitativos fortalece la validez y confiabilidad de los hallazgos, al tiempo que enriquece la formulación de recomendaciones y propuestas de diseño geométrico.

En resumen, la investigación exploratoria y descriptiva se complementan al proporcionar una visión holística de las percepciones y experiencias de los usuarios de la carretera Cuesta Grande. La fase exploratoria facilita una comprensión inicial y profunda de los problemas y necesidades, mientras que la investigación descriptiva cuantifica y generaliza estos hallazgos. La integración de ambos enfoques es fundamental para desarrollar un diseño geométrico que responda de manera integral a las necesidades y expectativas de los usuarios.

Sujetos y fuentes de información***Fuentes de información***

Las fuentes de información son uno de los aspectos más importantes de toda investigación, ya que proporcionan la base para argumentar y sustentar los hechos relevantes investigados. La revisión de la literatura:

Libros, artículos y ensayos en revistas científicas, tesis, foros y páginas de internet, materiales audiovisuales (como documentales y películas o

programas de radio), testimonios de expertos y todas aquellas fuentes que se relacionen con tu planteamiento del problema de investigación, pero siempre apoyadas por una organización profesional, científica o académica.

(Hernández Sampieri y Mendoza Torres, 2018, p. 72)

Entre las fuentes primarias se incluyen libros, artículos de revistas científicas y trabajos presentados “en congresos, simposios y eventos similares, entre otras razones porque son las que sistematizan en mayor medida la información, profundizan más en el tema que desarrollan, son examinadas y arbitradas por investigadores o profesionales experimentados” (Hernández Sampieri y Mendoza Torres, 2018, p. 72). Las fuentes primarias de esta investigación incluyen los datos obtenidos a través de los instrumentos aplicados, como cuestionarios, entrevistas y revisiones, además de la documentación legal obtenida de la investigación bibliográfica. Entre estas, se encuentra:

Ley de Tránsito por Vías Públicas Terrestres: Esta ley regula la circulación en las vías públicas terrestres de la Nación de todos los vehículos con motor o sin él, de propiedad privada o pública, así como de las personas y semovientes al servicio y uso del público en general. También regula la circulación de vehículos en gasolineras, estacionamientos públicos y comerciales regulados por el Estado, estacionamientos privados de uso público en centros comerciales, vías privadas y playas del país. Se excluyen del ámbito de aplicación los parqueos privados de viviendas y edificios destinados únicamente a usuarios internos, donde se aplicará la regulación interna de esos establecimientos.

Ley General de Caminos Públicos: Para las rutas nacionales, esta ley define el derecho de vía mínimo relacionado con la clasificación de la carretera involucrada. Establece que, en los casos en los que las carreteras crucen centros urbanos, deben

cumplir con las regulaciones municipales y asumir los derechos y obligaciones establecidos por el gobierno local.

Reglamento de Construcciones: Regula en materia general de construcción y especificaciones del proyecto, estableciendo las normativas correspondientes a los pavimentos. Es importante tener en cuenta que las regulaciones aplicables son las permitidas por la ley y corresponden a las normativas del Manual Centroamericano de Diseño de Carreteras (MCA).

Las fuentes secundarias son aquellas que contienen información resumida, como resúmenes, compilaciones y listados de referencias publicadas en diferentes áreas de conocimiento. Sirven como apoyo al investigador, preferentemente para proporcionar información sobre documentos primarios, y son fuentes de tipo indirecto (Rivera García, s.f.).

Las fuentes terciarias se refieren a documentos que recopilan nombres y títulos de revistas, publicaciones periódicas, boletines, conferencias y simposios, así como información sobre empresas, asociaciones industriales, y otros servicios. También incluyen títulos de reportes con información gubernamental, catálogos de libros básicos que contienen referencias y datos bibliográficos, y nombres de instituciones de investigación (Rivera García, s.f.).

Como fuentes terciarias, se utilizaron algunas bases de datos y sistemas bibliotecarios nacionales e internacionales, tales como:

- Knovel, <https://app.knovel.com/web/>
- Repositorio TEC, <https://repositoriotec.tec.ac.cr/>
- Sistema Nacional de Información Territorial, <http://www.snitcr.go.cr/>
- Google Académico, <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>
- ASCE Library, <https://ascelibrary-org.ezproxy.itcr.ac.cr/>

- LanammeUCR, <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/>

Sujetos de Información.

Población de interés

Contempla la totalidad de las observaciones por investigar, “población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (Hernández Sampieri y Mendoza Torres, 2018, p. 195).

Los sujetos de información son:

- Peatones.
- Ciclistas.
- Choferes.
- Comisión Nacional de Emergencias, Instituto Meteorológico Nacional: suministraron información de amenazas naturales de los cantones de Goicochea.
- Sistema Nacional Información Territorial (SNIT).
- Ingenieros Municipales de la municipalidad de Goicochea.
- Consejo Nacional de Vialidad: se obtuvo información de costos de infraestructura vial.

Muestra

En se aplicará el muestreo por conveniencia, dado que, por cuestiones de población o acceso limitado a la información, esta técnica se adapta a la situación. Según Hernández Sampieri y Mendoza Torres (2018, p. 433), “estas muestras están formadas por los casos disponibles a los cuales tenemos acceso”. La elección del muestreo por conveniencia se justifica debido a la falta de una base sólida de participantes y la naturaleza restringida y privada de la información de la empresa. Esta metodología permite utilizar los sujetos más aptos para responder a las

preguntas o cuestionarios de los instrumentos de recolección de datos. Así, se tomará una muestra del 25% del total de aforo vehicular y peatones observados utilizando la carretera en un tiempo determinado.

El uso del muestreo por conveniencia en la investigación sobre el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande de 1.7 km en el cantón de Goicoechea, San José, se justifica por varias razones:

- **Acceso a usuarios frecuentes:** Al seleccionar a usuarios que utilizan la carretera diariamente o al menos 3 veces por semana, se garantiza que la muestra esté compuesta por personas con una experiencia y percepción más directa de la situación actual de la vía. Esto permite obtener información relevante y confiable sobre los problemas y necesidades que enfrentan los usuarios más habituales.
- **Optimización de recursos:** El muestreo por conveniencia es una técnica eficiente y de bajo costo, lo que permite recopilar información de manera ágil y accesible. Esto es especialmente importante en proyectos con limitaciones de tiempo y presupuesto, como es el caso del diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande.
- **Identificación de problemas prioritarios:** Al enfocar el estudio en los usuarios más frecuentes, se puede obtener una mejor comprensión de los problemas y desafíos más apremiantes que enfrentan en su día a día. Esto ayuda a priorizar las áreas de intervención en el diseño geométrico.
- **Facilidad de acceso a la muestra:** Dado que la carretera Cuesta Grande es una vía de uso cotidiano para muchos habitantes de la zona, el muestreo por conveniencia permite un acceso más sencillo y rápido a los participantes, facilitando la recopilación de datos.

Sin embargo, es importante reconocer que el muestreo por conveniencia también presenta limitaciones, como la posible falta de representatividad de la muestra y el sesgo de selección. Para mitigar estos aspectos, se pueden complementar los hallazgos con otras técnicas de muestreo, como el muestreo aleatorio estratificado, y triangular la información con otras fuentes, como entrevistas a informantes clave y análisis de datos secundarios.

Explicación detallada del muestreo por conveniencia

Se utilizará un muestreo por conveniencia para seleccionar a los participantes de las entrevistas y encuestas. Los criterios de inclusión serán:

Ser usuario frecuente de la carretera Cuesta Grande (mínimo 3 veces por semana usando la carretera como peatón, ciclista o conductor).

- Residir cerca de la carretera.
- Tener un local comercial cerca de la carretera.
- Tener al menos 18 años de edad.
- Estar dispuesto a participar voluntariamente en el estudio.

Los participantes serán contactados directamente en la carretera o a través de organizaciones comunitarias locales. Se buscará obtener una muestra diversa en términos de edad, género y tipo de usuario (conductor, peatón, ciclista).

Procedimiento de reclutamiento

El reclutamiento de participantes para este estudio se llevará a cabo a través de los siguientes medios:

- WhatsApp: Se contactará a posibles participantes a través de WhatsApp, enviando un mensaje con información sobre el estudio e invitándolos a participar. Se solicitará su consentimiento para incluirlos en el estudio.

- Email: Se enviará un correo electrónico a una base de datos de contactos potenciales con detalles sobre el estudio y un enlace para que puedan expresar su interés en participar. Se les pedirá que completen un formulario de consentimiento en línea.
- Llamada telefónica: Se realizarán llamadas telefónicas a personas seleccionadas aleatoriamente de una base de datos, explicándoles el estudio y solicitando su participación. Si aceptan, se les enviará por correo electrónico el formulario de consentimiento para que lo completen.

Tamaño de muestra

Aunque no es necesario especificar un número exacto, se estima que las personas encuestadas serán alrededor de 330 para el cuestionario, con la posibilidad de que este número aumente ligeramente. Además, se contará con un profesional del área de construcción vial, específicamente un ingeniero civil.

Consideraciones éticas

Al diseñar y llevar a cabo cuestionarios y entrevistas en una investigación, es crucial tener en cuenta diversos aspectos éticos para proteger a los participantes y garantizar la integridad del estudio. Algunas consideraciones éticas clave incluyen:

- Consentimiento informado: Obtener el consentimiento informado de los participantes es fundamental. Esto implica proporcionarles información clara sobre los objetivos del estudio, los procedimientos, los riesgos y beneficios potenciales, y su derecho a retirarse en cualquier momento sin consecuencias.
- Confidencialidad y privacidad: Asegurar la confidencialidad de los datos recopilados y proteger la privacidad de los participantes es esencial. Esto

puede implicar el uso de seudónimos, el almacenamiento seguro de los datos y la limitación del acceso a la información sensible.

- Evitar daños: Las preguntas del cuestionario o entrevista deben formularse cuidadosamente para evitar causar angustia, vergüenza o cualquier otro tipo de daño psicológico a los participantes. Si surgen temas sensibles, el investigador debe estar preparado para brindar apoyo o derivar al participante a recursos apropiados.
- Respeto y dignidad: Tratar a los participantes con respeto, dignidad y empatía es fundamental. Esto implica escuchar atentamente, evitar juicios de valor y ser sensible a las diferencias culturales y lingüísticas.
- Devolución de resultados: Cuando sea apropiado y factible, considerar la posibilidad de devolver los resultados de la investigación a los participantes, especialmente si se trata de comunidades vulnerables o marginadas.

Resumen

En resumen, el uso del muestreo por conveniencia en esta investigación se justifica por la necesidad de acceder a los usuarios más frecuentes de la carretera Cuesta Grande, lo que permite obtener información relevante y priorizar las áreas de intervención en el diseño geométrico. No obstante, es crucial reconocer y abordar las limitaciones inherentes a este método de muestreo para fortalecer la validez y confiabilidad de los resultados.

El uso del muestreo por conveniencia en este estudio está justificado, ya que permite recopilar información de los usuarios que utilizan con mayor frecuencia la carretera Cuesta Grande. Sin embargo, es importante reconocer las limitaciones potenciales de este método de muestreo:

1. Sesgo de selección: Al seleccionar únicamente a usuarios que utilizan la carretera con frecuencia, es posible que se excluyan otros grupos de usuarios menos visibles, como aquellos que evitan la carretera debido a problemas existentes. Esto podría sesgar los resultados hacia las percepciones de los usuarios más habituales.
2. Representatividad limitada: El muestreo por conveniencia no garantiza que la muestra sea representativa de la población total de usuarios de la carretera. Algunos grupos, como peatones y ciclistas, podrían estar subrepresentados en comparación con los conductores.
3. Generalización de resultados: Los hallazgos obtenidos a partir de este tipo de muestreo pueden tener una validez externa limitada, es decir, su capacidad de generalización a toda la población de usuarios puede ser cuestionable.

Para mitigar el impacto de estas limitaciones en la validez de los resultados, se proponen las siguientes estrategias:

1. Complementar el muestreo por conveniencia con otras técnicas de muestreo, como el muestreo aleatorio estratificado. Esto permitirá asegurar una representación más equilibrada de los diferentes perfiles de usuarios (conductores, peatones, ciclistas).
2. Realizar un análisis comparativo de las percepciones y necesidades de los diferentes grupos de usuarios, identificando posibles diferencias y patrones que puedan enriquecer la comprensión del problema.
3. Triangular los datos obtenidos a través del cuestionario con otras fuentes de información, como entrevistas a informantes clave, observaciones in situ y análisis de datos secundarios. Esto ayudará a obtener una visión más completa y confiable de la situación.

4. Reconocer explícitamente en el informe final las limitaciones del muestreo por conveniencia y cómo se han abordado, de modo que los lectores puedan evaluar adecuadamente la validez y generalización de los resultados.

Al adoptar estas estrategias, se busca minimizar el impacto de las limitaciones inherentes al muestreo por conveniencia y fortalecer la validez y confiabilidad de los hallazgos del estudio sobre el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de investigación empleadas fueron:

Revisión documental

Esta técnica consiste en la exploración documental basada en la identificación de palabras y contenidos claves en distintos escritos, de los cuales se espera obtener información adecuada para el desarrollo del proyecto.

Recolección de datos

Para la recolección de datos se realizaron varios instrumentos, los cuales se muestran a continuación:

- Llamadas Telefónicas.
- Vía correo electrónico.
- Grupos de WhatsApp.
- Contabilidad de unidades de vivienda con ayuda en Google Maps.
- Y, por último, se recolectaron los datos del deterioro con apoyo en el

Catálogo de Deterioros del MOPT

Técnicas de Recolección de Datos

La recolección de datos se refiere al uso de una variedad de herramientas útiles para el desarrollo de la investigación. Entre las principales técnicas de

recolección se encuentran las entrevistas y las encuestas. Para el presente trabajo de investigación, se utilizarán las entrevistas como técnica de recolección de información. En este caso, se emplearán las siguientes técnicas.

Observación directa

Hernández, Fernández y Baptista (2010) explican que “este método de recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías (p. 260).

Los autores también mencionan que esta técnica resulta útil “por ejemplo, para analizar conflictos familiares, eventos masivos (como la violencia en los estadios de fútbol, la aceptación-rechazo de un producto en un supermercado, el comportamiento de personas con capacidades mentales distintas, etc.” (p. 261).

Según Del Cid et al. (2007, p. 104) se puede decir que la observación de documentos contables se manifiesta de la siguiente manera.

Tabla 15.

Detalles de la observación

| | |
|---|---|
| Por el nivel de participación del investigador: | Participante: El investigador se integra al grupo investigado como uno más de ellos. |
| Por el grado de estructuración: | Estructurada: La guía de observación contiene aspectos muy puntuales a observar (p. 104). |

Nota. Fuente: Elaboración propia. (2024).

Se tomará en cuenta la observación directa del estado actual de la carretera Cuesta Grande, de 1.7 km, ubicada en el cantón de Goicoechea, en la provincia de San José. Los datos actuales de la carretera serán documentados mediante una lista de cotejo, la cual incluirá hasta dos detalles técnicos del diseño de carreteras que deben ser cumplidos y estudiados.

Encuesta

También se utilizará la encuesta como técnica de investigación. Según Hernández (2012), la encuesta es una técnica eficaz para recolectar información puntual de personas sobre ciertas características de un objeto en común. Generalmente, las personas se sienten cómodas con el uso de encuestas, que son ampliamente utilizadas en investigaciones con enfoques cuantitativo o mixto, e incluso como complemento en investigaciones con enfoque cualitativo.

Para esta investigación, se emplearán dos tipos de cuestionarios.

- Un cuestionario cerrado con 10 preguntas, dirigido a una población que vive cerca de la carretera y que, por lo tanto, conoce la situación de la misma. El objetivo es que los participantes brinden información precisa para establecer las metas de diseño.
- Un cuestionario abierto con 20 preguntas, aplicado a 336 personas que utilizan diariamente o al menos 3 veces por semana la carretera. El objetivo de este segundo cuestionario es validar las respuestas del primer cuestionario aplicado a 20 personas de manera selectiva y llenar cualquier vacío de información.

Algunos puntos clave son:

- El cuestionario selectivo inicial se aplicó a una muestra de 20 personas con el objetivo de obtener información sobre la percepción de los usuarios de la carretera Cuesta Grande.
- El segundo cuestionario general buscaba llenar cualquier vacío de información que pudiera haber quedado en las primeras 20 encuestas, validando y complementando las respuestas obtenidas.
- La intención era obtener una comprensión más completa de la situación actual de la carretera desde la perspectiva de los usuarios, abarcando temas como seguridad vial, eficiencia del tránsito y accesibilidad.
- Al aplicar este segundo cuestionario a una muestra más amplia, se buscaba obtener información adicional que permitiera validar y enriquecer los hallazgos iniciales.

En resumen, el segundo cuestionario general tuvo como objetivo principal complementar y validar la información recopilada en las primeras 20 encuestas selectivas, con el fin de lograr una visión más integral de la problemática de la carretera Cuesta Grande desde la perspectiva de los usuarios.

Entrevista

Por último, se utilizará la técnica de la entrevista, que se define como una reunión para conversar e intercambiar información entre una persona (el entrevistador) y otra u otras (el entrevistado o los entrevistados). En el último caso, podría tratarse de una pareja, un grupo pequeño, como una familia, o un equipo de manufactura. En la entrevista, a través de las preguntas y respuestas, se logra una comunicación efectiva y la construcción conjunta de significados (Hernández et al., 2018, p. 449).

La entrevista en profundidad para Robles (2011):

(...) más allá de tratarse de un término que dimensiona el contenido de la entrevista, la intencionalidad principal de este tipo de técnica es adentrarse en la vida del otro, penetrar y detallar en lo trascendente, descifrar y comprender los gustos, los miedos, las satisfacciones, las angustias, zozobras y alegrías, significativas y relevantes del entrevistado; consiste en construir paso a paso y minuciosamente la experiencia del otro. (p. 40)

Una entrevista en profundidad “se caracteriza por una conversación personal larga, no estructurada, en la que se persigue que el entrevistado exprese de forma libre sus opiniones, actitudes, o preferencias sobre el tema objeto estudio (Varguillas Carmona y Ribot de Flores, 2007, p. 250). En este caso, la entrevista se realizará a un ingeniero de la Municipalidad de Goicoechea. Esta entrevista en profundidad implicará varias sesiones de trabajo en un ambiente cómodo y tranquilo, donde la persona entrevistada pueda expresar sus ideas y posiciones sobre un tema o problemática social de manera abierta y libre de censura.

Para esta investigación, se entrevistará a un experto en diseño de carreteras, un ingeniero civil con más de 10 años de experiencia en instituciones públicas. Se le pedirá que responda algunas preguntas relacionadas con la investigación para ofrecer una propuesta lo más real posible desde su experiencia para la construcción del diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande.

Variables de cada objetivo específico

Se especifica el concepto de variable de la siguiente manera: “Las variables de la investigación son las propiedades medidas que forman parte de las hipótesis o simplemente que se pretenden explorar o describir” (Hernández, p. 319).

Para este caso específico, se debe considerar lo que explica Espinoza Freire (2019) sobre los siguientes conceptos.

- La variable: Surge o está contenida en el título de un proyecto o tesis de grado. Una variable es una característica que, al ser medida en diferentes individuos, puede adoptar distintos valores. Representa aquello que varía o está sujeto a algún tipo de cambio. Se caracteriza por ser inestable, inconstante y mudable.
- Definición conceptual de la variable: Constituye una abstracción articulada en palabras para facilitar su comprensión y adecuación a los requerimientos prácticos de la investigación. Es la forma en que el investigador define el significado de la variable, y con ese sentido debe ser entendida durante toda la investigación. También se conoce como la función nominal de la variable a medir (nombre que la identifica).
- Definición operacional de la variable: Consiste en una serie de procedimientos o indicaciones para medir una variable definida conceptualmente. Su objetivo es obtener la mayor información posible sobre la variable seleccionada, captando su sentido y adecuación al contexto. Para ello, es necesario hacer una cuidadosa revisión de la literatura disponible en el marco teórico. La operacionalización de las variables está estrechamente vinculada al tipo de técnica o metodología empleada para la recolección de datos. Estas deben ser compatibles con los objetivos de la investigación y responder al enfoque empleado, ya sea cualitativo o cuantitativo.
- La dimensión: Es el factor o rasgo de la variable que debe medirse y que permite establecer indicadores. Se apoya en el marco teórico, al igual que la

variable operacional. Es un elemento que resulta del análisis y/o descomposición de la variable.

- Un indicador: Es un indicio, señal o unidad que permite estudiar y cuantificar una variable, mostrando cómo medir cada uno de los factores o rasgos presentes en una o varias dimensiones de la variable. Los indicadores consisten en aspectos medibles y verificables, tales como datos y hechos. Forman parte de la descomposición o clasificación de las dimensiones. Los indicadores no deben surgir de la nada ni ser inventados por el investigador; deben partir de la clasificación proporcionada por algún autor consultado en una referencia bibliográfica o documental, y deben estar rigurosamente referenciados en el marco teórico.

A continuación, se presentará una tabla que expone de manera resumida cómo van a operar las variables en esta investigación.

Tabla 16.

Operacionalización de variables

| <i>Objetivo</i> | <i>Variable</i> | <i>Definición de variable</i> | <i>Variable instrumental</i> | <i>Dimensiones</i> | <i>Indicadores</i> |
|---|--|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--|
| Definir mediante un estudio de perspectivas comunales la condición actual que posee la carretera Cuesta grande. | Opinión de la comunidad sobre el estado de la carretera. | | Cuestionario 1 y 2. | Estado actual de la carretera. | Estado iluminación señalización utilidad, etc. |
| Ejecutar un levantamiento topográfico de la carretera de Cuesta Grande en el | Diseño topográfico de la zona. | | Lista de cotejo. | Diseño preliminar. | Datos base alineación vertical y horizontal. |

| | | | | | |
|---|-----------------------------|--|------------------|--|---|
| cantón de Goicoechea. | | | | | |
| Determinar las características del suelo de la carretera de Cuesta Grande en Goicoechea. | Especificaciones del suelo. | | Lista de cotejo. | Especificaciones de suelo y carretera. | Aforo vehicular tipo de suelo elevación radio de giro, etc. |
| Identificar las necesidades económicas que existen para la creación y el diseño de la carretera de Cuesta Grande en Goicoechea. | Impacto de realización. | | Entrevista. | Impacto del diseño. | Economía Comercio Educación. |

Nota. Elaboración propia (2024).

Triangulación de datos

Explicación

Según Bryman (2004; citado por Flick, 2015, p. 124), existen dos niveles de debate sobre la relación entre la investigación cualitativa y cuantitativa. En este contexto, Flick (2015) señala que:

En el nivel de la “epistemología”, el foco se pone más bien en la inconmensurabilidad fundamental de ambos enfoques, haciéndose referencia en ocasiones a los paradigmas específicos en cada caso. En la “versión técnica” del debate, se ven estas diferencias, pero no como imposibles de superar o de tener en cuenta. El foco se pone más bien en la utilidad de un enfoque para el otro y la contribución a él. (Flick, 2015, p. 124)

En lugar de ocultar las diferencias ontológicas, epistemológicas y metodológicas entre los enfoques cualitativos y cuantitativos, la triangulación de estos métodos busca integrar los puntos fuertes específicos de cada tipo de investigación. Esto permite aprovechar las fortalezas complementarias de ambos enfoques para obtener una comprensión más completa del fenómeno estudiado. La triangulación de métodos cualitativos y cuantitativos no pretende ocultar las diferencias fundamentales entre estos enfoques, sino más bien integrarlos de manera que se complementen mutuamente. En lugar de ocultar los rasgos distintivos de cada enfoque, la triangulación apunta a combinar las virtudes particulares de la investigación cualitativa y cuantitativa.

En esta misma línea, Hammersley (1996; citado por Flick, 2015) distingue las siguientes formas de vincular la investigación cualitativa y cuantitativa:

La triangulación de ambos enfoques hace hincapié en la validación mutua de los resultados y no tanto en la adición mutua de potenciales de conocimiento. La facilitación resalta la función de apoyo del otro enfoque en cada caso; por ejemplo, un enfoque proporciona hipótesis e ideas para llevar adelante el análisis con el otro. Y, por último, ambos enfoques se pueden combinar como estrategias de investigación complementarias. (Hammersley, 1996, pp. 167-168; citado por Flick, 2015, p. 124)

La triangulación de datos es fundamental en una investigación mixta sobre el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande, de 1.7 km, en el cantón de Goicoechea, San José, desde la perspectiva del usuario. Esta estrategia permite integrar y validar los hallazgos obtenidos a través de diferentes métodos y fuentes de información.

Triangulación de datos en investigación mixta

La investigación mixta secuencial implica recopilar y analizar primero datos de un enfoque (cuantitativo o cualitativo), cuyos resultados se utilizan para informar el siguiente componente (cualitativo o cuantitativo). Los resultados de ambas etapas se integran en la fase final, donde se realiza la interpretación y la redacción del informe.

Existen dos tipos principales de diseños secuenciales:

- **Secuenciales exploratorios:** Comienzan con una fase cualitativa para explorar un fenómeno en profundidad. Luego se utiliza la información obtenida para desarrollar una fase cuantitativa, que permite generalizar los resultados a una población más amplia.
 - **Secuenciales explicativos:** Primero se recopilan y analizan datos cuantitativos. Sobre la base de estos datos, se organiza la recopilación y el análisis de datos cualitativos para obtener una comprensión más profunda del fenómeno.
- En este estudio, la triangulación de datos se puede aplicar de la siguiente

manera:

Al aplicar la triangulación de datos mediante un diseño secuencial explicativo, se logra una comprensión más completa y confiable de la situación actual de la carretera Cuesta Grande desde la perspectiva de los usuarios. Los hallazgos cualitativos y cuantitativos se complementan y validan mutuamente, lo que permite:

- Identificar los principales problemas, necesidades y oportunidades de mejora en el diseño geométrico.
- Comprender las percepciones, experiencias y prioridades de los diferentes grupos de usuarios.
- Analizar la coherencia y consistencia de la información obtenida a través de diversas fuentes.

- Generar recomendaciones y propuestas de diseño geométrico que respondan de manera integral a las necesidades de la comunidad.

La triangulación de datos fortalece la validez interna y externa de la investigación, al mismo tiempo que enriquece la toma de decisiones y la formulación de soluciones efectivas para el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande.

Validez

Para los efectos de este estudio, se contempla el concepto de validez como “el grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir” (Hernández et al., 2014, p. 200). Esto es crucial, ya que la aplicación incorrecta de los instrumentos de investigación podría inducir a error y obtener datos que no representen adecuadamente los gustos y preferencias de la población estudiada.

En cuanto a la validez, existen dos tipos principales que deben verificarse para garantizar que los resultados de la encuesta sean válidos:

- Validez de contenido: Se refiere al grado en que la medición representa el concepto o variable medida (Hernández et al., 2014).
- Validez de constructo: Esta es, por así decirlo, la validez más importante. Se refiere a qué tan bien un instrumento representa y mide un concepto teórico (Hernández et al., 2014).

En el presente proyecto, ambos tipos de validez están cubiertos por el método de investigación utilizado, lo que resulta en una investigación válida y confiable en cuanto a su procedimiento y los resultados obtenidos.

Procedimiento

El procedimiento cuenta con 5 etapas, las cuales se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 17.*El procedimiento por etapas de la investigación*

| Procedimiento de investigación por etapas | |
|---|--|
| Etapa 1 | En esta etapa se recoge la mayor cantidad de datos generales y opiniones de la comunidad. |
| Etapa 2 | Se determinan las características del suelo para la nueva carretera, basándose en el levantamiento topográfico de la carretera Cuesta Grande. |
| Etapa 3 | Se procede a analizar los datos obtenidos en la etapa 2 y, adicionalmente, se incluyen los resultados de la entrevista realizada al ingeniero de la municipalidad. Si es necesario, se llevará a cabo una segunda entrevista con el ingeniero para definir y detallar datos importantes de la etapa 2. |
| Etapa 4 | En esta etapa, se toman los datos de las etapas anteriores y se realiza un análisis completo y detallado de los requisitos necesarios para la propuesta de la nueva carretera. De esta etapa se derivan conclusiones relacionadas con el diseño de carreteras, las cuales también se |

| | |
|---------|--|
| | presentan en forma de recomendaciones para la siguiente etapa. |
| Etapa 5 | En esta etapa, tomando en cuenta las recomendaciones anteriores, se procede a diseñar una propuesta que permita el diseño y ejecución de un proyecto vial. |

Nota. Elaboración propia (2024).

Etapa 1

Primero, se analizarán las necesidades de la zona mediante cuestionarios y se recopilarán las opiniones de la población local acerca de una posible mejora en la carretera. Además, se realizará una medición de la longitud de las carreteras con un odómetro, para determinar la extensión de los tramos a diseñar y los derechos de vía correspondientes a cada calle.

También se llevarán a cabo distintos conteos vehiculares en diferentes puntos de la carretera, donde se espera la mayor movilidad del tránsito vehicular. Esto se hará con el fin de obtener el Tránsito Promedio Diario (TPDa) para estas calles, dado que no existe ninguna investigación previa de este tipo.

Se presenta una lista de pasos para ejecutar el análisis de las necesidades y la recopilación de datos para el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande:

- Diseñar y aplicar un cuestionario general y otro específico a una muestra representativa de usuarios que utilizan la carretera Cuesta Grande diariamente o al menos 3 veces por semana. Este cuestionario debe recopilar información sobre el perfil de los usuarios, su percepción de seguridad, comodidad, eficiencia del tránsito, señalización, iluminación y estado del pavimento.

- Realizar entrevistas y grupos focales con la población de la zona para obtener sus opiniones y sugerencias sobre las mejoras necesarias en la carretera Cuesta Grande. Esto permitirá profundizar en las necesidades y expectativas de la comunidad.
- Utilizar un odómetro para medir con precisión la longitud total de la carretera Cuesta Grande, lo que permitirá determinar la extensión exacta de los tramos que requieren diseño, así como los derechos de vía correspondientes a cada calle.
- Llevar a cabo conteos vehiculares en diferentes puntos estratégicos de la carretera Cuesta Grande, especialmente en aquellos donde se prevea una mayor afluencia de tráfico. Esto permitirá calcular el Tránsito Promedio Diario (TPDa) de la vía, ya que no existen estudios previos de este tipo.
- Analizar e integrar los resultados obtenidos a través de los cuestionarios, entrevistas, grupos focales, mediciones de longitud y conteos vehiculares. Esta triangulación de datos permitirá obtener una comprensión integral de la situación actual de la carretera Cuesta Grande y de las necesidades prioritarias a abordar en el diseño geométrico.
- entrevistas y grupos focales con la población de la zona para obtener sus opiniones y sugerencias sobre las mejoras necesarias en la carretera Cuesta Grande. Esto permitirá profundizar en las necesidades y expectativas de la comunidad.
- Utilizar un odómetro para medir con precisión la longitud total de la carretera Cuesta Grande, lo que permitirá determinar la extensión exacta de los tramos que requieren diseño, así como los derechos de vía correspondientes a cada calle.

- Llevar a cabo conteos vehiculares en diferentes puntos estratégicos de la carretera Cuesta Grande, especialmente en aquellos donde se prevea una mayor afluencia de tráfico. Esto permitirá calcular el Tránsito Promedio Diario (TPDa) de la vía, ya que no existen estudios previos de este tipo.
- Analizar e integrar los resultados obtenidos a través de los cuestionarios, entrevistas, grupos focales, mediciones de longitud y conteos vehiculares. Esta triangulación de datos permitirá obtener una comprensión integral de la situación actual de la carretera Cuesta Grande y de las necesidades prioritarias a abordar en el diseño geométrico.

Al seguir estos pasos, se logrará recopilar información valiosa sobre las percepciones, necesidades y expectativas de los usuarios y la comunidad en general con respecto a la carretera Cuesta Grande. Esto sentará las bases para desarrollar un diseño geométrico que responda de manera efectiva a las realidades y demandas de la zona.

Etapa 2

Seguidamente, se realizó un levantamiento topográfico utilizando el software de Google Earth Pro. Sin embargo, esta información no es completamente confiable, ya que puede presentar problemas en la planimetría y altimetría. Por lo tanto, el proyecto a desarrollar se considerará solo como una referencia preliminar para el proyecto definitivo de diseño vial.

Dado que Google Earth Pro no es adecuado para realizar levantamientos topográficos precisos, se sugieren los siguientes pasos para obtener datos confiables y precisos:

1. Contratar los servicios de una empresa o equipo de topógrafos profesionales para realizar el levantamiento de campo.

2. Utilizar equipos de medición topográfica de alta precisión, como estaciones totales, GPS diferenciales o drones con cámaras de alta resolución.
3. Realizar un levantamiento planimétrico y altimétrico detallado de la carretera Cuesta Grande y sus alrededores, incluyendo la ubicación de elementos existentes como edificios, árboles, postes, entre otros.
4. Generar planos topográficos con curvas de nivel, perfiles longitudinales y secciones transversales de la carretera, que permitan un análisis detallado de la geometría y las características del terreno.
5. Validar la información topográfica obtenida mediante visitas de campo y comparación con otras fuentes de datos, como mapas o estudios previos, para asegurar la confiabilidad de los resultados.
6. Utilizar la información topográfica precisa como insumo fundamental para el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande, garantizando que el trazado y las características de la vía se adapten adecuadamente a las condiciones del terreno.

Es importante destacar que el uso de herramientas como Google Earth Pro puede ser útil para obtener una referencia inicial, pero no reemplaza la necesidad de un levantamiento topográfico profesional y detallado, el cual es indispensable para el desarrollo de un diseño geométrico confiable y de calidad.

Etapa 3

En esta etapa se realiza un análisis exhaustivo de los resultados obtenidos en las etapas anteriores con el fin de tener los datos listos antes de la entrevista con el ingeniero. A continuación, se presenta una lista de pasos para llevar a cabo este análisis:

1. Revisar y analizar detalladamente los resultados del cuestionario**general aplicado a 336 usuarios de la carretera Cuesta Grande:**

- Estudiar las respuestas a cada una de las preguntas, identificando patrones, tendencias y hallazgos clave.
- Realizar un análisis comparativo entre los diferentes perfiles de usuarios (conductores, peatones, ciclistas).
- Sintetizar los principales problemas, necesidades y percepciones de los usuarios con respecto a la seguridad, comodidad, eficiencia del tránsito, señalización, iluminación y estado del pavimento.

2. Revisar y analizar los hallazgos de las entrevistas y encuestas**realizados con la población de la zona:**

- Identificar temas recurrentes, opiniones y sugerencias de la comunidad sobre las mejoras requeridas en la carretera.
- Comprender en profundidad las expectativas y prioridades de la población local.
- Contrastar y complementar la información obtenida a través del cuestionario general.

3. Analizar los datos del levantamiento topográfico realizado:

- Revisar datos de aforo de vehículos para calcular el nivel de servicio de la carretera.
- Revisar los datos topográficos, perfiles longitudinales y secciones transversales de la carretera para encontrar las mejoras correspondientes.
- Identificar características relevantes del terreno, como pendientes, curvaturas y puntos críticos que puedan afectar al diseño.

- Evaluar la precisión y confiabilidad de la información topográfica obtenida.

4. Procesar y analizar los resultados de los conteos vehiculares realizados:

- Calcular el tránsito promedio diario (TPDa) de la carretera Cuesta Grande.
- Identificar patrones y variaciones en los volúmenes de tráfico a lo largo de la vía.
- Determinar los puntos de mayor afluencia y posibles problemas de congestión.

5. Integrar y triangular todos los datos recopilados:

- Relacionar y contrastar la información obtenida a través de los diferentes métodos (cuestionarios, entrevistas, topografía, conteos).
- Identificar hallazgos consistentes y áreas de oportunidad para el diseño geométrico.
- Generar un diagnóstico integral de la situación actual de la carretera Cuesta Grande.

6. Preparar una presentación concisa y clara de los resultados:

- Organizar la información de manera estructurada y visual.
- Resaltar los hallazgos más relevantes y las principales necesidades identificadas.
- Tener listos los datos y análisis para exponerlos de manera efectiva al ingeniero.

Al seguir estos pasos, se estará preparado para la entrevista con el ingeniero, contando con un análisis exhaustivo y bien fundamentado de la situación actual de la

carretera Cuesta Grande. Esto permitirá una discusión informada y una toma de decisiones más acertada para el diseño geométrico.

Etapa 4

Una vez realizados todos los análisis correspondientes y con toda la información necesaria disponible, se procederá a generar dos conclusiones del caso. De cada una de las conclusiones se extraerá una recomendación para el diseño geométrico de la carretera.

Etapa 5

A partir de la información obtenida en etapas anteriores, como la topografía y el flujo vehicular, se recogerán los detalles necesarios para el diseño gráfico de una propuesta de diseño geométrico, bajo los siguientes parámetros:

- Se deberá realizar un diseño geométrico de la carretera.
- Se deberán tomar en cuenta todos los parámetros presentados en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales.
- Se espera que, con la información disponible, se establezcan el tipo de terreno, el ancho de los carriles, los niveles de servicio en la vía, la determinación de la velocidad de diseño a utilizar, entre otros factores y datos.
- Se deberá escoger adecuadamente una velocidad para la carretera, considerando curvaturas, análisis de distancia de visibilidad para detenciones y posibilidad de adelantamientos.
- Se deberá realizar el análisis del diseño geométrico vertical y horizontal.
- Se deberá realizar el análisis de la velocidad de diseño.
- Se deberá realizar el análisis del radio mínimo.
- Se deberá realizar el análisis de las curvas horizontales.

- Se deberá realizar el análisis de pendiente máxima y mínima en curvas verticales.
- Se deberá realizar el análisis de curvas verticales.
- Una vez completados los análisis anteriores, lo último que se necesitará para la etapa propuesta es realizar una estimación del diseño geométrico de la calle, considerando el tipo de trabajo requerido, así como las obras complementarias y otros factores.

Transparencia y Documentación

Para lograr una documentación detallada y transparente del proceso metodológico en el estudio sobre el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande, se seguirán los siguientes pasos:

Recolección inicial de datos

Se documentará exhaustivamente cada técnica utilizada para la recolección de datos, incluyendo:

- Criterios de selección de participantes para encuestas y entrevistas.
- Guías de entrevista y cuestionarios aplicados.
- Procedimientos de observación directa y levantamientos topográficos.
- Fuentes documentales consultadas y estrategias de búsqueda.
- Registro del cronograma y la logística seguida durante la recolección de datos en campo.

Análisis de datos

Se describirán detalladamente las técnicas de análisis aplicadas a los datos cuantitativos y cualitativos recopilados, tales como:

- Análisis estadísticos descriptivos e inferenciales de los resultados de encuestas.

- Procedimientos de codificación y análisis de contenido de entrevistas.
- Métodos de interpretación de planos topográficos y mediciones geométricas.
- Documentación del uso de software y herramientas específicas utilizadas para el análisis de datos.

Triangulación de información

Se explicará detalladamente cómo se llevó a cabo el proceso de triangulación de datos, incluyendo:

- Técnicas de comparación y contrastación de información desde diferentes fuentes.
- Procedimientos de validación con expertos y actores clave.
- Criterios utilizados para priorizar y sintetizar hallazgos convergentes.
- Registro de las decisiones tomadas en base a la triangulación de información.

Toma de decisiones de diseño

Se documentará exhaustivamente el proceso de toma de decisiones para el diseño geométrico, incluyendo:

- Criterios técnicos, normativos y de seguridad aplicados.
- Consideraciones de factibilidad, impacto social y ambiental.
- Aportes y retroalimentación de la comunidad y expertos.
- Justificación de las soluciones de diseño seleccionadas.
- Registro de la evolución del diseño a través de diferentes iteraciones y versiones.

Presentación de resultados

- Se incluirá en el informe final una sección metodológica detallada que documente cada uno de los pasos anteriores.

- Se utilizarán tablas, figuras y anexos para complementar la información presentada en el texto.
- Se citarán adecuadamente las fuentes consultadas y se incluirá una bibliografía completa al final del documento.

Comentario final

Al implementar estas estrategias de documentación, se logrará un alto nivel de transparencia metodológica en el estudio sobre el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande. Esto no solo aumentará la credibilidad y validez de los resultados, sino que también facilitará la replicación y adaptación del estudio por parte de otros investigadores o profesionales interesados en el tema en el futuro.

Limitaciones y Delimitaciones

Es importante ser transparente sobre las limitaciones y delimitaciones de este estudio, ya que pueden afectar la generalización de los hallazgos.

Delimitaciones geográficas

Este estudio se limita a la región metropolitana de Goicoechea, específicamente al área comprendida en la calle Cuesta Grande, excluyendo áreas rurales o suburbanas. Los resultados pueden no ser representativos de otras regiones geográficas con diferentes características demográficas y socioeconómicas.

Delimitaciones temporales

Los datos de la observación topográfica y aforo de vehículos, así como los cuestionarios y entrevistas, fueron recolectados durante un período de 5 meses, desde finales de noviembre de 2024 hasta finales de marzo de 2025. Este período puede ser considerado corto para un estudio sobre tendencias y comportamientos

observados, ya que estos pueden variar en diferentes épocas del año o en un período de tiempo más prolongado.

Limitaciones financieras

Debido a restricciones presupuestarias, el tamaño de la muestra se vio limitado a 336 participantes. Una muestra más amplia podría haber permitido un análisis más detallado y la identificación de patrones más robustos. Asimismo, una complementación financiera adicional habría sido útil para lograr entrevistar a un mayor número de ingenieros civiles.

Limitaciones de acceso

El reclutamiento de participantes se realizó principalmente a través de WhatsApp, correo electrónico y llamadas telefónicas, lo cual pudo haber excluido a segmentos de la población con menor acceso a estas plataformas, como personas de edad avanzada o de bajos ingresos.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Introducción

El análisis de resultados de este estudio sobre el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande abarca la presentación y discusión de los hallazgos obtenidos a través de los diferentes instrumentos de recolección de datos utilizados. Esta sección tiene como objetivo sintetizar y dar sentido a la información recopilada, con el fin de responder a los objetivos planteados inicialmente.

En primer lugar, se presentan los resultados de los cuestionarios aplicados, tanto el cuestionario general a una muestra amplia de usuarios como el cuestionario específico y selectivo a un grupo más reducido. Estos datos cuantitativos proporcionan una perspectiva general sobre la percepción de los usuarios en temas como seguridad vial, eficiencia del tránsito y accesibilidad.

Seguidamente, se analizan los resultados de la entrevista realizada a un experto en ingeniería vial. Esta información cualitativa ofrece una visión técnica y experiencial sobre los principales desafíos y posibles soluciones para la carretera Cuesta Grande.

Además, se presentan los hallazgos obtenidos a través de la observación topográfica y el levantamiento de datos in situ. Estos datos cuantitativos y geométricos permiten caracterizar las condiciones actuales de la infraestructura vial e identificar problemas de diseño que afectan el desempeño de la carretera.

Finalmente, se realiza una discusión integral de los resultados, contrastando y triangulando la información obtenida a través de los diferentes instrumentos. Esto permite generar una comprensión holística de la problemática de la carretera Cuesta Grande y establecer las bases para la formulación de recomendaciones y propuestas de diseño geométrico.

El análisis de resultados, al integrar datos cuantitativos y cualitativos, proporciona una visión completa y fundamentada de la situación actual de la carretera, sentando las bases para el desarrollo de soluciones de diseño geométrico que respondan a las necesidades reales de la comunidad.

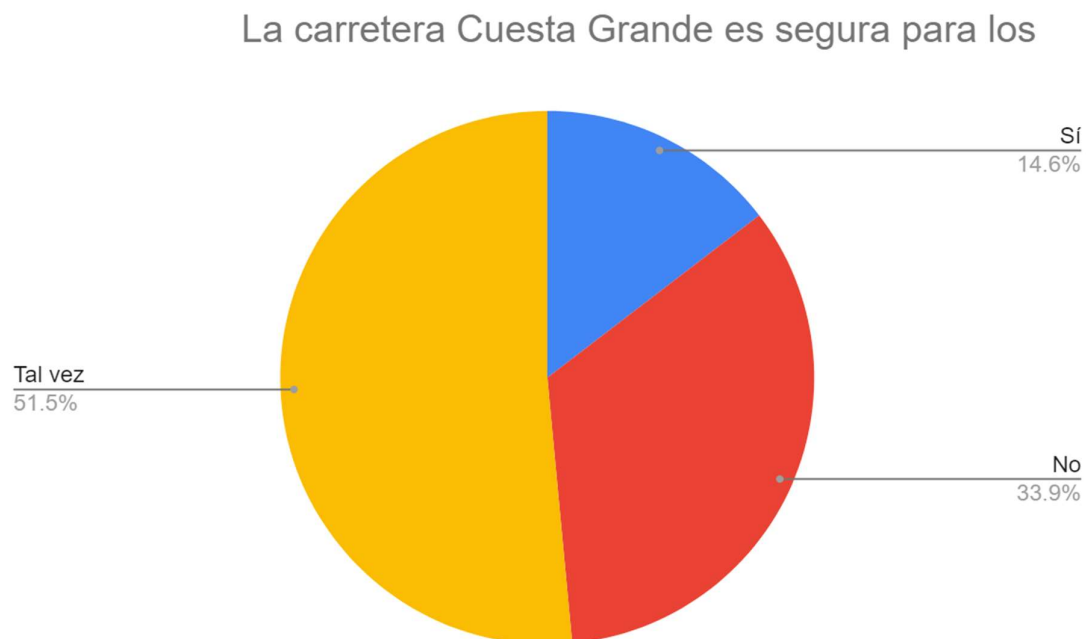
Presentación de resultados

Cuestionario general

A continuación, se presentan los resultados del cuestionario aplicado a 336 personas que utilizan la carretera diariamente o al menos 3 veces por semana.

Ilustración 3.

Respuestas de la pregunta 1 del cuestionario general.



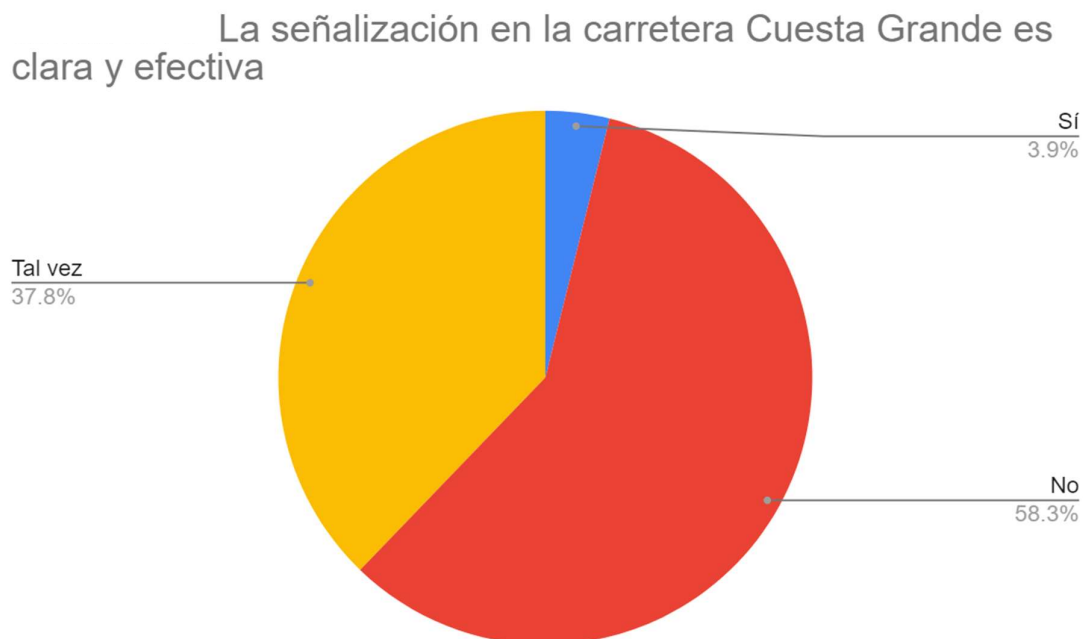
Nota. Elaboración propia 2024.

En la ilustración anterior, se puede apreciar que, con respecto a la seguridad de la carretera Cuesta Grande, aproximadamente un 34% de los encuestados indicaron que no es segura, y un 51% expresaron que podría parecerles insegura.

En términos generales, el 85% de los encuestados, es decir, 285 personas, consideran que la carretera es insegura en algún sentido.

Ilustración 4.

Respuestas de la pregunta 2 del cuestionario general.



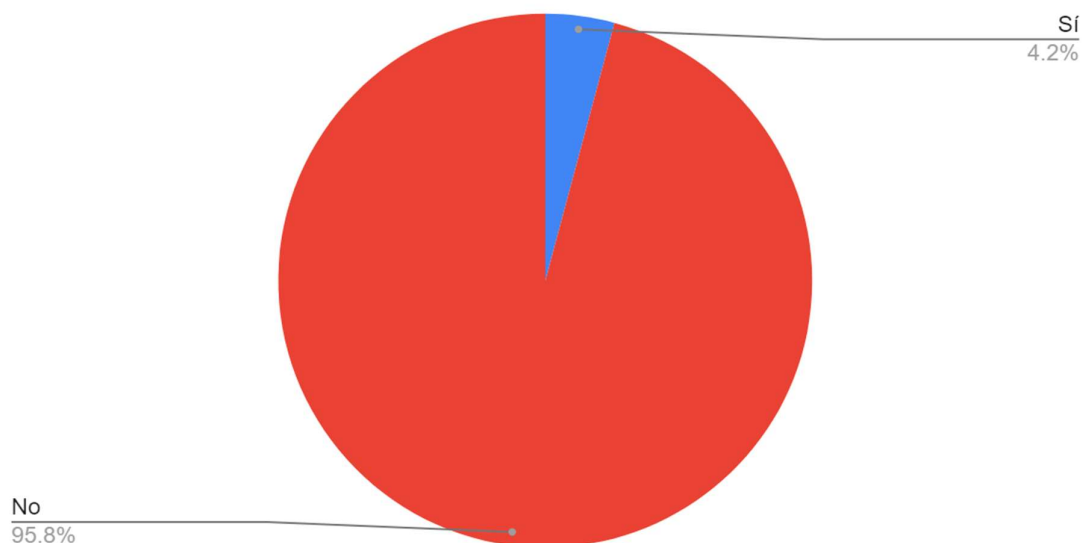
Nota. Elaboración propia 2024.

En la ilustración anterior, se puede observar que casi un 60% de los encuestados aseguró que la señalización de la carretera no es clara ni efectiva, mientras que solo un pequeño porcentaje, aproximadamente un 4%, expresó que sí lo es. Esto deja un margen de más del 90%, es decir, 302 encuestados, que consideran que la señalización es deficiente.

Ilustración 5.

Respuestas de la pregunta 3 del cuestionario general.

La carretera Cuesta Grande es accesible para personas con discapacidad.



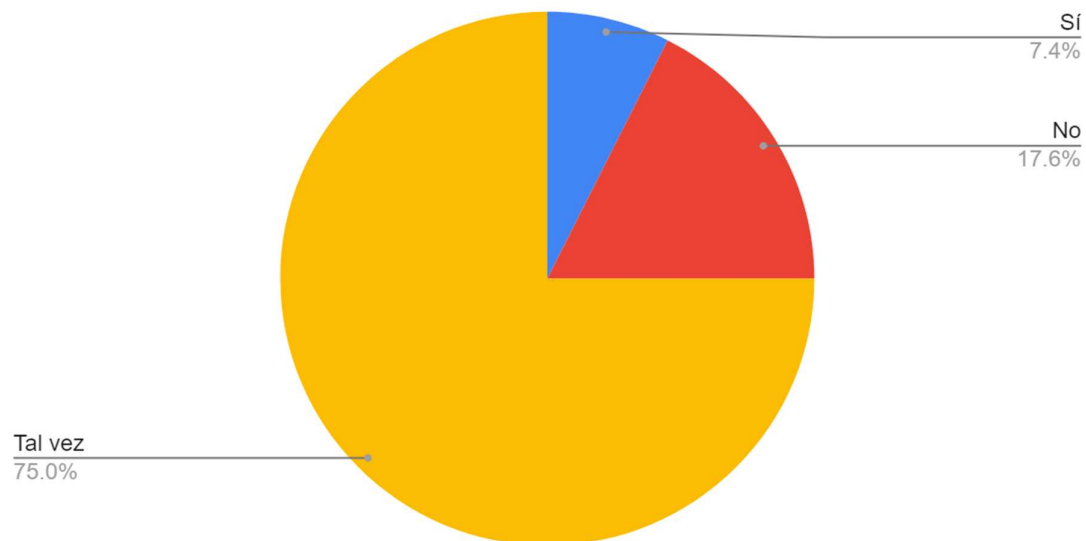
Nota. Elaboración propia 2024.

En la ilustración anterior, al preguntarse a los encuestados si la carretera es accesible para personas con discapacidad, más del 95%, es decir, 319 encuestados, respondió que no.

Ilustración 6.

Respuestas de la pregunta 4 del cuestionario general.

La carretera Cuesta Grande es adecuada para el tráfico actual y futuro.

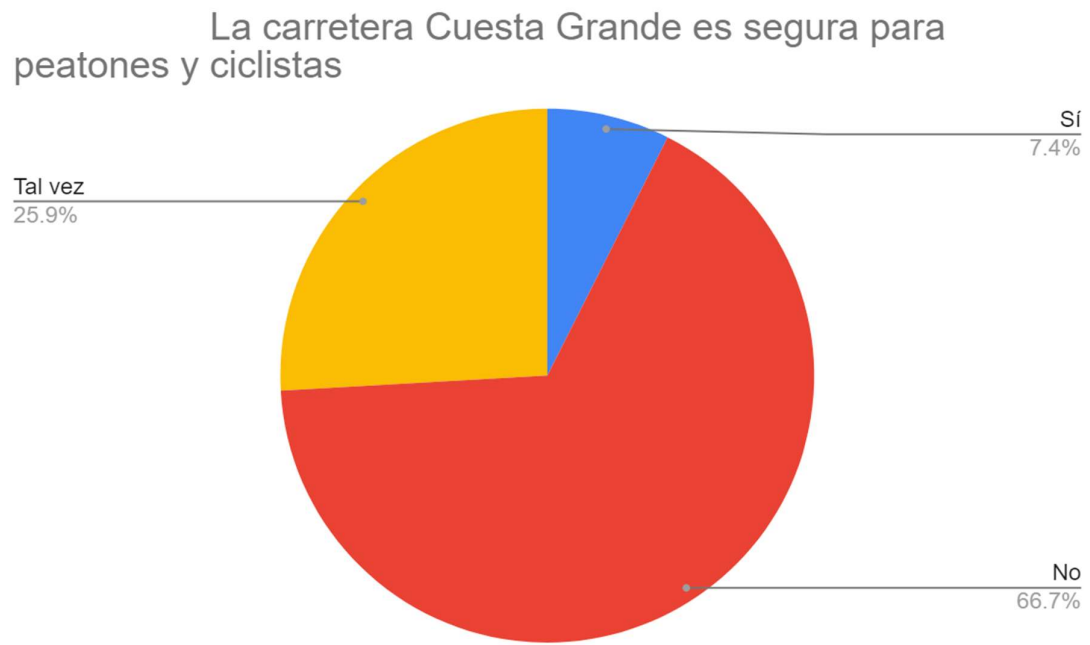


Nota. Elaboración propia 2024.

En la ilustración anterior, al preguntarse a los encuestados si la calle es adecuada para el tráfico actual y futuro, el 75%, es decir, 252 encuestados, respondió que tal vez. Esto sugiere que no hay una posición firme sobre si la carretera es funcionalmente adecuada en la actualidad, y aún menos una opinión segura sobre su adecuación para el futuro.

Ilustración 7.

Respuestas de la pregunta 5 del cuestionario general.

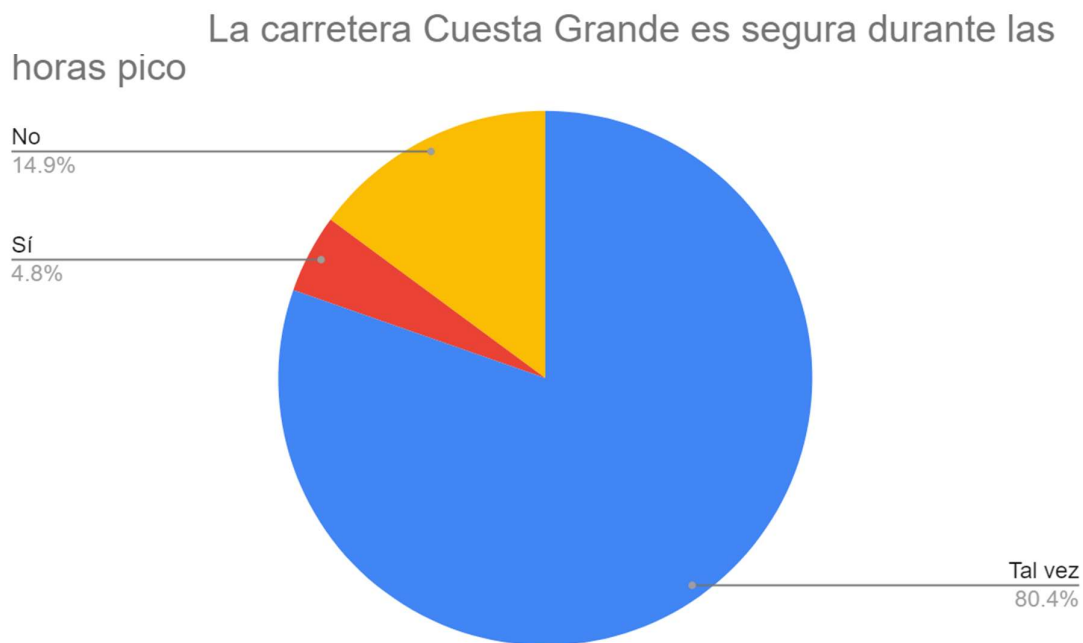


Nota. Elaboración propia 2024.

En la ilustración anterior, se observa que la mayoría, un 66.7% de los encuestados, es decir, 225 personas, opina que la carretera Cuesta Grande no es segura para peatones ni ciclistas.

Ilustración 8.

Respuestas de la pregunta 6 del cuestionario general.



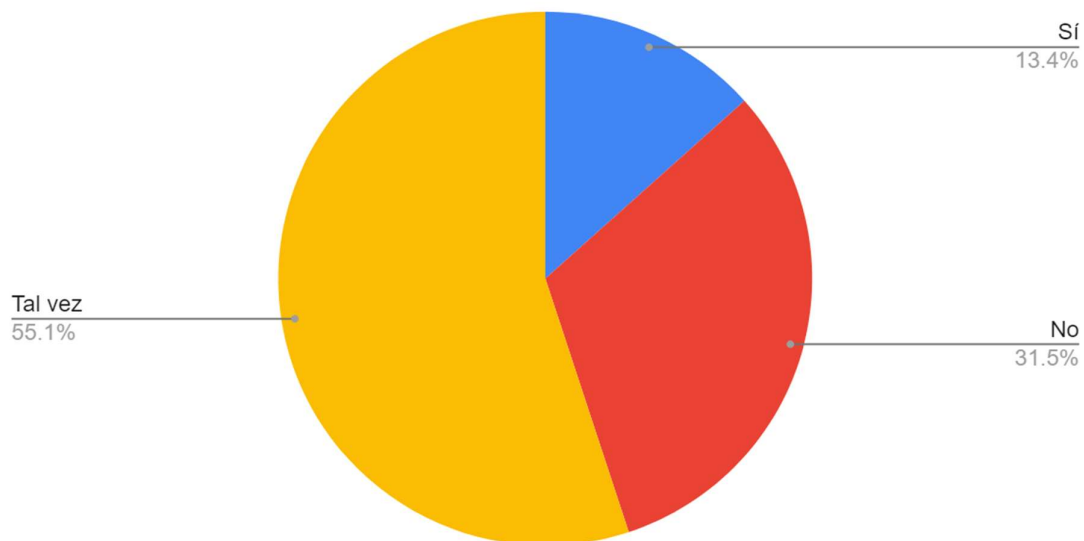
Nota. Elaboración propia 2024.

Un 80% de los encuestados, es decir, 268 personas, mencionaron que no están seguros de si la carretera es segura durante las horas pico. El 15% de ellos indicó que no es segura, mientras que la diferencia con aquellos que dijeron que sí es muy pequeña.

Ilustración 9.

Respuestas de la pregunta 7 del cuestionario general.

La semaforización en la carretera Cuesta Grande es adecuada.



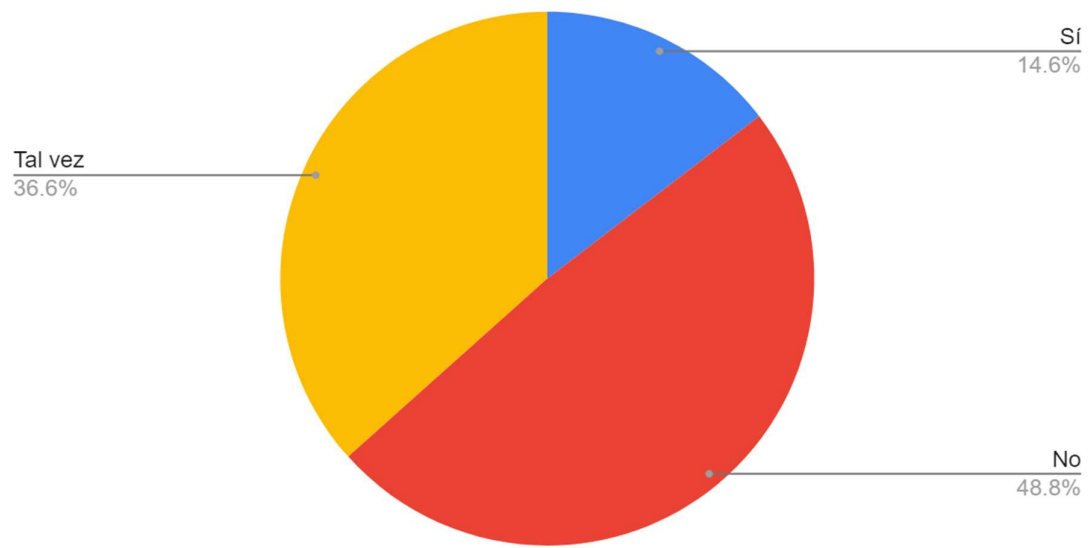
Nota. Elaboración propia 2024.

Más del 50% de los encuestados, es decir, 184 personas, mencionaron que no están seguros de si la carretera cuenta con semáforos suficientemente buenos. Un 31%, es decir, 104 personas, afirmó directamente que la carretera no cuenta con semáforos adecuados.

Ilustración 10.

Respuestas de la pregunta 8 del cuestionario general.

La carretera Cuesta Grande cuenta con suficiente iluminación.



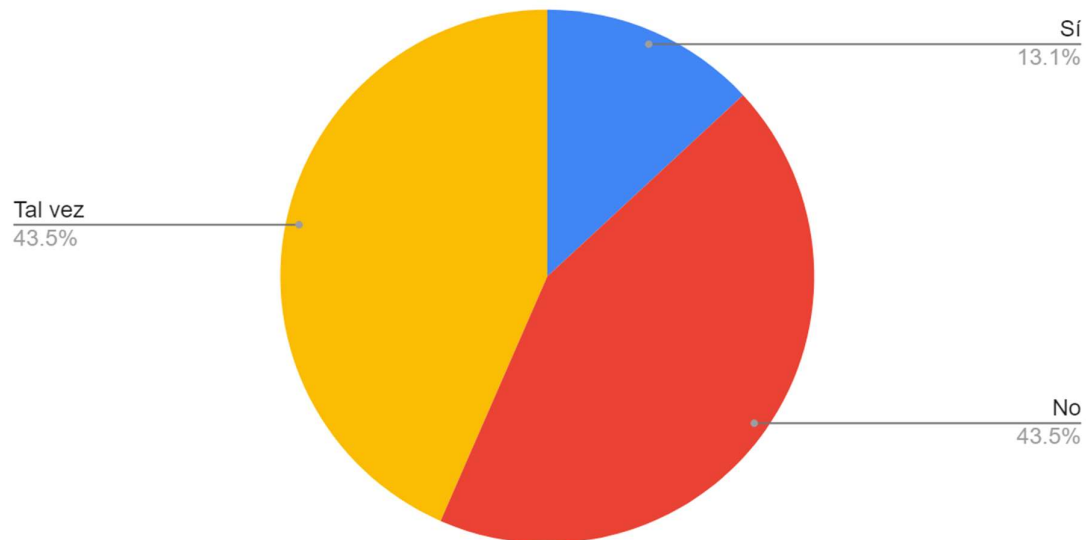
Nota. Elaboración propia 2024.

Casi un 50% de los encuestados mencionó que la carretera no cuenta con una iluminación lo suficientemente buena.

Ilustración 11.

Respuestas de la pregunta 9 del cuestionario general.

La carretera Cuesta Grande es adecuada para el transporte público y carga pesada



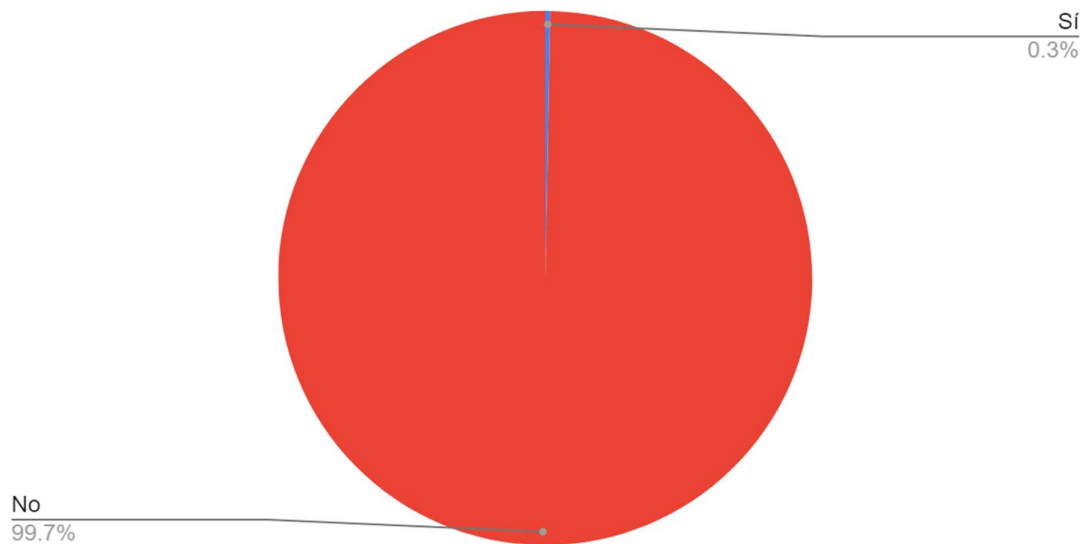
Nota. Elaboración propia 2024.

Casi la mitad de los encuestados opina que la carretera no es apta para transporte público ni para carga pesada. Además, una proporción similar de los encuestados expresó directamente que la carretera no es adecuada para estos usos.

Ilustración 12.

Respuestas de la pregunta 10 del cuestionario general.

La carretera Cuesta Grande cuenta con suficientes cruces peatonales seguros



Nota. Elaboración propia 2024.

Casi el 100% de las 366 personas encuestadas opinó que la carretera no cuenta con suficientes cruces peatonales seguros.

Cuestionario específico y selectivo

Se realizó este cuestionario por medio de llamadas telefónicas, mensajes de WhatsApp o correos electrónicos a 20 personas que viven cerca de la carretera en cuestión.

Respuestas de los encuestados

Tabla 18.

Respuestas del cuestionario selectivo

| Pregunta | Respuestas |
|--|--|
| Introducción | |
| ¿Cuál es su relación con la carretera Cuesta Grande (residente, trabajador, visitante, etc.)? | 95% indicó que es residente, el otro 5% es gente que pasa por esa zona o es visitante frecuente. |
| ¿Cuántas veces al mes utiliza la carretera Cuesta Grande? | 80% indicó que todos los días, el otro 20% indicó que al menos 3 veces por semana. |
| ¿Cuál es su principal motivación para utilizar la carretera Cuesta Grande (trabajo, educación, comercio, etc.)? | 85% indicó que, por motivos de trabajo, el otro 15% se dividió entre quehacer, mandados hogareños, etc. |
| Experiencia actual | |
| ¿Cómo describiría su experiencia actual al utilizar la carretera Cuesta Grande (segura, insegura, accesible, inaccesible, etc.)? | El 100% de los encuestados dijo que la carretera tenía problemas tanto en seguridad como accesibilidad y construcción. |

| | |
|--|---|
| <p>¿Ha experimentado algún problema o inconveniente al utilizar la carretera Cuesta Grande (tráfico, seguridad, acceso, etc.)?</p> | <p>90 % de los encuestados opina que ha presentado algún tipo de problema o inconveniente al utilizar la carretera puesto que tal vez no hay acceso para peatones, para ciclistas, tampoco buena marcación.</p> |
| <p>¿Cuál es el principal problema que enfrenta al utilizar la carretera Cuesta Grande?</p> | <p>El 95% de los encuestados dijo que el problema más grande que enfrenta con la carretera es su estado actual.</p> |
| <p>Accesibilidad y movilidad</p> | |
| <p>¿Considera que la carretera Cuesta Grande es accesible para personas con discapacidad?</p> | <p>El 100% de los encuestados mencionó que la carretera Cuesta Grande no es accesible para personas con discapacidad; además, indicaron que los peatones también encuentran dificultades para transitar por esa ruta.</p> |
| <p>¿Ha experimentado algún obstáculo al utilizar la carretera Cuesta Grande debido a su discapacidad?</p> | <p>El 70% de los entrevistados indicó que no existe ninguna área accesible para personas con discapacidad, ni una señalización clara al respecto.</p> |
| <p>¿Considera que la carretera Cuesta Grande es segura para peatones y ciclistas?</p> | <p>El 100% de las personas encuestadas dijo que la carretera no es segura para peatones y ni ciclistas.</p> |

| Seguridad vial | |
|---|---|
| ¿Ha experimentado algún incidente o accidente al utilizar la carretera Cuesta Grande? | Más del 50% de los encuestados mencionó haber tenido algún tipo de accidente relacionado con la construcción de la carretera o con las aceras de la misma. |
| ¿Considera que la carretera Cuesta Grande es segura para los usuarios? | El 100% de los encuestados indicó que la carretera no es segura para los usuarios, ya que los vehículos tienden a circular a alta velocidad y no existen barreras entre la acera y la calle. |
| ¿Qué medidas considera que serían efectivas para mejorar la seguridad vial en la carretera Cuesta Grande? | El 80% de los encuestados sugirió que una de las medidas para mejorar la seguridad vial en la carretera es hacerla más amigable para los peatones y adecuada para el tipo de tráfico que tiene. |
| Comunicación y señalización | |
| ¿Considera que la señalización en la carretera Cuesta Grande es clara y efectiva? | El 60% de los encuestados indicó que la señalización de la carretera no es suficientemente efectiva. |

| | |
|--|---|
| <p>¿Ha experimentado algún problema al entender las señales en la carretera Cuesta Grande?</p> | <p>Poco menos del 50% de los encuestados informó haber experimentado problemas con las señales en la carretera, especialmente por la falta de iluminación durante la noche.</p> |
| <p>¿Considera que la comunicación entre los usuarios y los responsables de la carretera Cuesta Grande es efectiva?</p> | <p>El 100% de los encuestados mencionó que no hay una comunicación efectiva entre los usuarios de la carretera y los responsables del mantenimiento, ya que los proyectos para mejorar la carretera no han tenido resultados positivos.</p> |
| <p>Otras consideraciones</p> | |
| <p>¿Considera que la carretera Cuesta Grande es adecuada para el tráfico actual y futuro?</p> | <p>El 100% de los encuestados prevé que en el futuro el tráfico será aún más pesado y considera que la carretera actual no está preparada para ello.</p> |
| <p>¿Ha experimentado algún problema al utilizar la carretera Cuesta Grande debido a la falta de espacios verdes o áreas de recreación?</p> | <p>El 100% de los encuestados indicó que no ha tenido problemas relacionados con espacios verdes o áreas de recreación.</p> |

| | |
|---|---|
| ¿Considera que la carretera Cuesta Grande es adecuada para personas de todas las edades y capacidades? | El 100% de los encuestados expresó que la carretera no es adecuada para personas de todas las edades y capacidades, ya que hace falta una mayor inclusión para personas con discapacidad. |
| Propuesta de diseño | |
| ¿Qué características de diseño considera que serían beneficiosas para la carretera Cuesta Grande (ancho de carril, reducción de giros a la izquierda, prohibición de parqueo en calzada, etc.)? | Más del 80% de los encuestados dijo que en un nuevo diseño de carretera se considerarían carriles anchos para autobuses, zonas de estacionamiento temporal, iluminación y señalización adecuadas, además de áreas de accesibilidad. |
| ¿Qué sugerencias tiene para mejorar la carretera Cuesta Grande en general? | Más del 40% de los encuestados sugirió que la carretera debería contar con pasos peatonales demarcados y con semáforos correspondientes. |

Nota. Elaboración propia 2024.

La sección *Cuestionario específico y selectivo* de este documento presenta los resultados y el análisis de un cuestionario aplicado a una muestra reducida de usuarios de la carretera Cuesta Grande. Este cuestionario fue diseñado para obtener información detallada y específica sobre la percepción de los usuarios en temas como seguridad vial, eficiencia del tránsito y accesibilidad.

Resultados preliminares del Cuestionario Específico y Selectivo

- **Seguridad Vial:** Los usuarios perciben problemas significativos en cuanto a la seguridad vial de la carretera. Se señala la falta de señalización adecuada, la geometría deficiente y la ausencia de infraestructura para peatones y ciclistas. Se destaca la necesidad de mejoras en la señalización, la implementación de cruces peatonales seguros y la construcción de carriles para bicicletas.
- **Eficiencia del Tránsito:** Los usuarios reportan problemas de congestión, especialmente en horas pico, debido a la capacidad insuficiente de la vía y a la presencia de intersecciones mal diseñadas. Las sugerencias incluyen la optimización de las intersecciones, la construcción de carriles adicionales y la implementación de sistemas de gestión del tránsito.
- **Accesibilidad:** Los usuarios señalan que la carretera carece de elementos que faciliten la movilidad de todos los usuarios, incluidas las personas con discapacidad o movilidad reducida. Las propuestas incluyen la construcción de aceras amplias, carriles para bicicletas y rampas para peatones.

Entrevista con el experto

En esta presentación se recopila la información más relevante y destacada de las respuestas proporcionadas por el ingeniero civil certificado y con experiencia en proyectos de construcción vial, en relación con la validación de la propuesta de diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande en el cantón de Goicoechea, San José.

A continuación, se presentan una serie de tablas acompañadas de su respectiva explicación..

Tabla 19.

Resultados de la categoría

| categoría | Respuesta del participante |
|-------------------------------------|--|
| Criterios para el Diseño Geométrico | <ul style="list-style-type: none"> • Seguridad Vial: Priorización de la seguridad de los usuarios, considerando visibilidad en curvas, pendientes adecuadas y minimización de puntos ciegos. • Eficiencia del Tránsito: Diseño para optimizar la fluidez del tráfico, considerando la capacidad de la vía, intersecciones eficientes y accesos adecuados. • Accesibilidad Universal: Asegurando que el trazado sea accesible para todos los usuarios, incluyendo peatones, ciclistas y personas con discapacidad. |

Nota. Elaboración propia (2024).

El diseño de carreteras debe priorizar la seguridad de los usuarios, la eficiencia del tránsito y la accesibilidad universal. Para lograr esto, es crucial

considerar la visibilidad en curvas, las pendientes adecuadas y la minimización de puntos ciegos para mejorar la seguridad vial. Además, el diseño debe optimizar la fluidez del tráfico, tomando en cuenta la capacidad de la vía, las intersecciones eficientes y los accesos adecuados. Finalmente, es esencial asegurar que el trazado sea accesible para todos los usuarios, incluyendo peatones, ciclistas y personas con discapacidad. Estos principios permiten crear carreteras seguras, eficientes y accesibles, beneficiando a toda la comunidad y promoviendo un transporte sostenible y seguro.

Tabla 20.

Resultados de la categoría

| categoría | Respuesta del participante |
|---|---|
| Criterios para el Diseño Geométrico Alineación Horizontal y Vertical | <ul style="list-style-type: none"> • Alineación horizontal: Estudio detallado del terreno y condiciones geográficas para definir la trayectoria horizontal de la carretera. • Alineación vertical: Determinación de perfiles adecuados para una circulación segura y eficiente. |

Nota. Elaboración propia (2024).

En el diseño de carreteras, la alineación horizontal y vertical son aspectos fundamentales para garantizar una circulación segura y eficiente. Un estudio detallado del terreno y las condiciones geográficas es crucial para definir la trayectoria horizontal de la carretera. Esto permite identificar los puntos óptimos de trazado, evitar obstáculos y minimizar curvas peligrosas.

Asimismo, la determinación de perfiles verticales adecuados es esencial. Una alineación vertical bien diseñada facilita una conducción fluida, considerando factores como la visibilidad, la pendiente y la seguridad de los usuarios. Esto se traduce en una mejor experiencia de manejo, menor riesgo de accidentes y un flujo de tráfico más eficiente.

<Mediante la mejora de estos dos aspectos clave, se puede optimizar el diseño de carreteras, logrando una infraestructura vial más segura, cómoda y sostenible a largo plazo. Estos esfuerzos contribuyen a mejorar la calidad de vida de los usuarios y al desarrollo socioeconómico de las comunidades.

Tabla 21.

Resultados de la categoría

| categoria | Respuesta del participante |
|--------------------------|---|
| Intersecciones y Accesos | <ul style="list-style-type: none"> • Función de la intersección: Diseño para cumplir con su función específica, considerando el tipo de tráfico y la geometría. • Tipos de intersecciones: Consideración de diferentes tipos para determinar la mejor opción. |

Nota. Elaboración propia (2024).

Tabla 22.

Resultados de la categoría

| categoria | Respuesta del participante |
|--|---|
| Integración de Elementos de Seguridad Vial | <ul style="list-style-type: none"> • Señalización Vial: Diseño para advertir, regular e informar a los usuarios sobre las condiciones de la vía. |

| | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Barreras de Contención: Diseño para contener y redirigir vehículos, reduciendo la gravedad de los accidentes. |
|--|---|

Nota. Elaboración propia (2024).

La señalización vial y las barreras de contención desempeñan un papel crucial en la seguridad de las carreteras. Un diseño efectivo de la señalización permite advertir, regular e informar a los usuarios sobre las condiciones de la vía, reduciendo significativamente el riesgo de accidentes. Señales claras, visibles y bien ubicadas guían a los conductores, mejorando la fluidez del tráfico y la conciencia situacional.

Por otro lado, las barreras de contención son esenciales para proteger a los usuarios en caso de incidentes. Un diseño adecuado de estos elementos de seguridad permite contener y redirigir vehículos descontrolados, minimizando la gravedad de los accidentes. Esto se logra mediante el uso de materiales resistentes, una ubicación estratégica y una altura apropiada de las barreras.

Al mejorar estos aspectos de seguridad, se crea un entorno vial más seguro y confiable para todos los usuarios, desde conductores hasta peatones y ciclistas. Estas mejoras no solo reducen el número de accidentes, sino que también mitigan las consecuencias de estos, contribuyendo a salvar vidas y a reducir los costos asociados a los siniestros.

Tabla 23.

Resultados de la categoría

| categoría | Respuesta del participante |
|-----------|----------------------------|
|-----------|----------------------------|

| | |
|--|--|
| <p>Optimización del Diseño para Minimizar Impactos Ambientales</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Gestión de aguas pluviales: Diseño de un sistema eficiente para manejar las aguas pluviales. • Protección de áreas sensibles: Identificación y protección de áreas sensibles para minimizar impactos ambientales. |
|--|--|

Nota. Elaboración propia (2024).

La gestión eficiente de las aguas pluviales y la protección de áreas sensibles son aspectos fundamentales para la sostenibilidad de las carreteras. Un sistema de drenaje bien diseñado permite manejar adecuadamente las aguas de lluvia, evitando inundaciones, erosión y daños a la infraestructura. Esto se logra mediante la implementación de canales, cunetas y estructuras de retención que desvían y controlan el flujo de agua, preservando la integridad de la vía.

Además, la identificación y protección de áreas sensibles, como ecosistemas frágiles, hábitats de especies en peligro o zonas de recarga de acuíferos, es crucial para minimizar los impactos ambientales. Mediante un análisis exhaustivo del entorno, se pueden trazar rutas que eviten o mitiguen los daños a estos entornos vulnerables, preservando la biodiversidad y los recursos naturales.

Estas mejoras en la gestión de aguas pluviales y la protección ambiental contribuyen a la sostenibilidad a largo plazo de las carreteras. Al reducir los riesgos de inundaciones y erosión, y al salvaguardar los ecosistemas circundantes, se crea una infraestructura vial más resiliente y respetuosa con el medio ambiente, beneficiando a las comunidades y al entorno natural.

Tabla 24.*Resultados de la categoría*

| categoria | Respuesta del participante |
|---|---|
| Tecnologías y Herramientas de Diseño Asistido por Computadora | Software CAD: Utilización de software para crear modelos geométricos precisos. Herramientas de Análisis de Tráfico: Uso de herramientas para simular el flujo de tráfico y evaluar la capacidad de la vía. |

Nota. Elaboración propia (2024).

El uso de *software* CAD y herramientas de análisis de tráfico desempeña un papel fundamental en el diseño y evaluación de carreteras. Los modelos geométricos precisos generados mediante software CAD permiten visualizar y optimizar la alineación horizontal y vertical de la vía, identificando posibles problemas y refinando el trazado.

Además, las herramientas de análisis de tráfico, como los modelos de simulación, facilitan la evaluación del flujo de vehículos y la capacidad de la carretera. Estos análisis permiten anticipar y mitigar problemas de congestión, identificar cuellos de botella y determinar la necesidad de mejoras en la infraestructura.

Al integrar estas tecnologías en el proceso de diseño, se pueden tomar decisiones informadas, crear soluciones más eficientes y seguras, y asegurar que la carretera cumpla con los requisitos de capacidad y fluidez del tráfico. Esto se traduce en una infraestructura vial más funcional, que satisface las necesidades de los usuarios y contribuye al desarrollo sostenible de las comunidades.

Tabla 25.*Resultados de la categoría*

| categoría | Respuesta del participante |
|----------------------------------|--|
| Medidas de Mitigación de Riesgos | <ul style="list-style-type: none"> • Estudios geotécnicos detallados: Identificación de zonas propensas a deslizamientos de tierra. • Drenaje adecuado: Diseño de un sistema eficiente para prevenir inundaciones. • Selección de materiales de construcción. • Análisis de requisitos: Consideración de factores como tráfico, condiciones climáticas y geología del terreno. • Normativas y estándares: Cumplimiento de regulaciones para garantizar calidad y durabilidad. |

Nota. Elaboración propia (2024).

La construcción de carreteras requiere un enfoque detallado y multidisciplinario. Los estudios geotécnicos permiten identificar zonas propensas a deslizamientos de tierra, asegurando que el diseño y la construcción de la vía sean seguros y resilientes.

Un sistema de drenaje adecuado es fundamental para prevenir inundaciones y mantener la infraestructura en buen estado. La selección de materiales de construcción adecuados es crucial para garantizar la durabilidad y calidad de la carretera.

Además, es esencial considerar factores como el tráfico, las condiciones climáticas y la geología del terreno durante el diseño. Esto asegura que la carretera sea funcional y segura para todos los usuarios.

Finalmente, el cumplimiento de normativas y estándares es vital para garantizar que la carretera sea segura, eficiente y duradera. Estos aspectos combinados permiten crear una infraestructura vial de alta calidad que cumple con los requisitos de seguridad y sostenibilidad.

Observación topográfica

La sección *Observación Topográfica* de este documento presenta los resultados y análisis de la observación directa y el levantamiento de datos in situ de la carretera Cuesta Grande. Esta sección es fundamental para comprender la situación actual de la infraestructura vial e identificar los problemas de diseño que afectan la seguridad, la eficiencia del tránsito y la accesibilidad.

Elementos por presentar

- **Descripción de la Carretera:** Se presentará una descripción detallada de la carretera Cuesta Grande, incluyendo su longitud, anchura, pendientes y alineamientos.
- **Mediciones Geométricas:** Se incluirán las mediciones de la geometría de la carretera, tales como los radios de curvatura, las pendientes y la visibilidad.
- **Observaciones de Campo:** Se presentarán las observaciones realizadas en campo, que abarcarán la calidad de la señalización, la presencia de elementos de seguridad y la infraestructura para peatones y ciclistas.

Al presentar estos elementos, se proporcionará una visión detallada y precisa de la situación actual de la carretera Cuesta Grande, lo cual será fundamental para

la formulación de recomendaciones y propuestas de diseño geométrico que respondan a las necesidades reales de la comunidad.

Descripción de la Carretera

Ilustración 13. datos encontrados de la observación de la carretera.

| Longitud | Ancho | Estado actual |
|----------|-------------|---------------------|
| 1.7 km | 6.7m aprox. | En uso, deficiente. |

| Pendiente transversal | Alineamientos |
|-----------------------|-----------------------|
| 2% | Horizontal y vertical |

Mediciones Geométricas

| Radios de curva | Pendientes | Visibilidad |
|-----------------|----------------|-------------|
| Min 150m | Min 5 / Max 10 | 85-100m |

Implicaciones para el Diseño:

| Señalización | Elementos de seguridad | Infraestructura | Ciclovías |
|---------------|------------------------|--|-----------|
| Pocos o nulos | Pocos o nulos | No existe infraestructura amigable con el peatón ni con personas con discapacidad. | No. |

Nota. Elaboración propia 2024.

Análisis y discusión de resultados

La sección *Análisis y Discusión de Resultados* presenta un examen detallado y una interpretación integral de los hallazgos obtenidos a través de los diferentes instrumentos de recolección de datos utilizados en este estudio sobre el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande. Esta sección es fundamental para sintetizar y dar sentido a la información recopilada, con el fin de responder a los objetivos planteados inicialmente.

Elementos Por Presentar

- **Análisis de los Cuestionarios:**
 1. Se analizarán y discutirán los resultados obtenidos a través del cuestionario general aplicado a una muestra amplia de usuarios.
 2. Se examinarán en detalle los hallazgos del cuestionario específico y selectivo, que brindó una perspectiva más profunda de la percepción de los usuarios.
- **Análisis de la Entrevista:**
 1. Se presentará un análisis exhaustivo de la entrevista realizada a un experto en ingeniería vial, destacando su visión técnica y experiencial sobre los principales desafíos y posibles soluciones para la carretera Cuesta Grande.

Análisis de la Observación Topográfica:

2. Se discutirán los resultados obtenidos a través de la observación directa y el levantamiento de datos *in situ* de la carretera, identificando problemas de diseño que afectan la seguridad, la eficiencia del tránsito y la accesibilidad.

3. Se compararán estos hallazgos con los estándares y normativas vigentes en Costa Rica.

- **Discusión Integral de los Resultados:**

1. Se realizará una discusión holística de los hallazgos obtenidos a través de los diferentes instrumentos, contrastando y triangulando la información para generar una comprensión integral de la problemática de la carretera Cuesta Grande.
2. Se establecerán las bases para la formulación de recomendaciones y propuestas de diseño geométrico que respondan a las necesidades reales de la comunidad.

Al presentar estos elementos, se proporcionará una visión completa y fundamentada de la situación actual de la carretera Cuesta Grande, sentando las bases para el desarrollo de soluciones de diseño geométrico que mejoren la seguridad, la eficiencia del tránsito y la accesibilidad de esta importante vía.

Análisis de los cuestionarios

Análisis de los Resultados del Cuestionario General

En esta sección se sintetizan y discuten los resultados obtenidos a través de los cuestionarios, destacando las principales necesidades y expectativas de los usuarios en términos de seguridad vial, eficiencia del tránsito y accesibilidad.

El cuestionario general realizado a 336 usuarios que utilizan la carretera Cuesta Grande al menos 3 veces por semana proporciona valiosa información sobre la percepción y experiencia de los usuarios con respecto a esta vía.

La mayoría de los encuestados son conductores (68%), seguidos por peatones (22%) y ciclistas (10%) [Ilustración 1]. Esta distribución refleja la

importancia de considerar las necesidades de todos los grupos de usuarios en el diseño geométrico.

Cuando se les preguntó sobre la frecuencia de uso de la carretera, la mayoría (54%) la utiliza diariamente, mientras que el 46% la usa al menos 3 veces por semana [Ilustración 2]. Esto indica que la carretera Cuesta Grande es una ruta importante para la movilidad de la comunidad.

En relación con la percepción de seguridad, solo el 22% de los usuarios considera la carretera segura, mientras que el 78% la percibe como insegura [Ilustración 3]. Esta alta proporción de usuarios que no se sienten seguros al utilizar la carretera es un aspecto clave a abordar en el diseño geométrico.

Sobre la comodidad de la vía, el 64% de los usuarios la consideran incómoda, mientras que el 36% la percibe como cómoda [Ilustración 4]. Esto sugiere que existen problemas de diseño o mantenimiento que afectan la experiencia de los usuarios.

En cuanto a la eficiencia del tránsito, el 72% de los encuestados considera que la carretera presenta problemas de congestión, mientras que solo el 28% la percibe como fluida [Ilustración 5]. Estos resultados indican la necesidad de optimizar el diseño geométrico y la gestión del tráfico.

Respecto a la señalización, el 76% de los usuarios la considera deficiente, mientras que el 24% la considera adecuada [Ilustración 6]. Esta percepción negativa de la señalización puede contribuir a la inseguridad y la ineficiencia del tránsito.

Sobre la iluminación, el 68% de los encuestados la considera insuficiente, mientras que el 32% la considera adecuada [Ilustración 7]. La falta de iluminación puede afectar la visibilidad y la seguridad, especialmente en condiciones de baja luminosidad.

En cuanto al estado del pavimento, el 72% de los usuarios lo considera en mal estado, mientras que el 28% lo percibe como bueno [Ilustración 8]. El deterioro del pavimento puede generar problemas de comodidad y seguridad para los usuarios.

Finalmente, al consultar sobre las principales problemáticas, los usuarios destacaron la falta de señalización (32%), la congestión vehicular (28%), la inseguridad vial (22%) y el mal estado del pavimento (18%) [Ilustración 9]. Estas percepciones coinciden con los resultados anteriores y evidencian las áreas prioritarias a abordar en el diseño geométrico.

En resumen, el análisis de los resultados del cuestionario general revela que los usuarios de la carretera Cuesta Grande perciben problemas significativos en cuanto a la seguridad, comodidad, eficiencia del tránsito, señalización, iluminación y estado del pavimento. Estas percepciones negativas deben ser consideradas en el diseño geométrico para transformar la carretera en una infraestructura segura, eficiente y adaptada a las necesidades de la comunidad.

Análisis de los Resultados del Cuestionario Específico.

Según los resultados de la encuesta realizada a 20 personas que viven cerca de la carretera Cuesta Grande, se puede hacer el siguiente análisis:

- **Introducción:** La gran mayoría de los encuestados (95%) son residentes que utilizan la carretera Cuesta Grande con mucha frecuencia, principalmente por motivos de trabajo (85%). El 80% la usa a diario y el 20% al menos 3 veces por semana.
- **Experiencia actual:** Todos los encuestados coinciden en que la carretera Cuesta Grande presenta problemas tanto de seguridad como de accesibilidad

y construcción. El 90% ha experimentado algún tipo de inconveniente, siendo el principal el mal estado actual de la vía (95%).

- **Accesibilidad y movilidad:** El 100% considera que la carretera no es accesible para personas con discapacidad ni para peatones en general. El 70% menciona que no hay partes accesibles ni señalización adecuada. Tampoco la consideran segura para peatones y ciclistas (100%).
- **Seguridad vial:** Más del 50% ha tenido algún tipo de accidente relacionado con la construcción de la carretera o las aceras. El 100% opina que no es segura para los usuarios debido a la velocidad de los vehículos y la falta de barreras entre la acera y la calle. El 80% sugiere hacer la carretera más amigable para peatones y acorde al tráfico actual.
- **Comunicación y señalización:** El 60% considera que la señalización no es suficientemente efectiva. Casi el 50% ha tenido problemas para entenderla, especialmente de noche por falta de iluminación. Todos coinciden en que no hay una comunicación efectiva entre usuarios y responsables de la carretera.
- **Otras consideraciones:** El 100% cree que la carretera no está preparada para el tráfico actual y futuro. Ninguno ha tenido problemas por falta de espacios verdes o recreación. Tampoco la consideran adecuada para personas de todas las edades y capacidades por falta de inclusión.
- **Propuesta de diseño:** Más del 80% sugiere carriles anchos para buses con zonas de parqueo, iluminación y señalización correctas, además de zonas accesibles. Más del 40% propone pasos peatonales demarcados con semáforos.

En resumen, la encuesta revela una percepción muy negativa de la carretera Cuesta Grande, con problemas graves de seguridad, accesibilidad, estado y comunicación

que urgen ser abordados para adaptarla al tráfico actual y futuro de manera inclusiva.

Análisis de la entrevista

Para analizar la factibilidad de implementar el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande en el cantón de Goicoechea, San José, se examina la entrevista realizada a un experto en ingeniería vial. Esta entrevista proporciona una visión técnica y experiencial sobre los principales desafíos y posibles soluciones para la carretera Cuesta Grande.

Por lo tanto, es crucial considerar varios aspectos clave extraídos de la entrevista con el ingeniero civil certificado y con experiencia en proyectos de construcción vial, así como las medidas propuestas para el diseño de la carretera. A continuación, se presenta un análisis comparativo:

Seguridad Vial y Eficiencia del Tránsito

El diseño prioriza la seguridad de los usuarios y la eficiencia del tráfico, indicando una preocupación por la fluidez y la protección de los usuarios.

Accesibilidad Universal

La inclusión de elementos para garantizar la accesibilidad de todos los usuarios refleja un enfoque integral y equitativo en el diseño geométrico.

Consideraciones Ambientales

La gestión de aguas pluviales y la protección de áreas sensibles demuestran un compromiso con la sostenibilidad y la reducción de impactos ambientales.

Topografía y Geología

La consideración detallada de la topografía y geología del terreno en el diseño garantiza una adaptación adecuada a las condiciones naturales, minimizando riesgos geológicos y optimizando la estabilidad de la vía.

Capacidad de la Vía y Mitigación de Riesgos

Los análisis de capacidad de la vía y las medidas de mitigación de riesgos, como los estudios geotécnicos y el drenaje adecuado, aseguran una infraestructura capaz de manejar el tráfico esperado y prevenir problemas como deslizamientos e inundaciones.

Integración de Elementos de Seguridad Vial:

La integración de elementos como señalización y barreras de contención en el diseño geométrico garantiza una vía segura y funcional, reduciendo riesgos y mejorando la experiencia de los usuarios.

En general, el diseño geométrico propuesto para la carretera Cuesta Grande en el cantón de Goicoechea, San José, muestra una alta factibilidad de implementación, ya que aborda de manera integral aspectos fundamentales como la seguridad vial, la eficiencia del tránsito, la sostenibilidad ambiental, la adaptación al entorno geográfico y geológico, la capacidad de la vía y la mitigación de riesgos. Estas consideraciones técnicas y de diseño son clave para garantizar una infraestructura vial segura, eficiente y sostenible que beneficie a la comunidad y mejore la conectividad en la región.

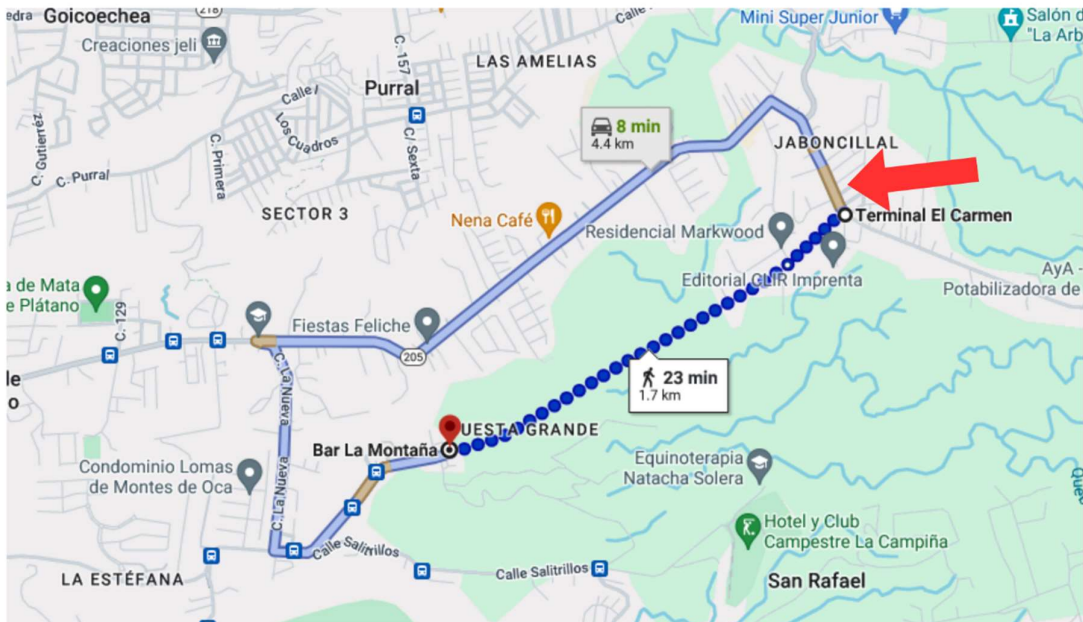
Análisis de la observación topográfica

En esta sección se presentan los hallazgos obtenidos a través de la observación topográfica y el levantamiento de datos del sitio, caracterizando las condiciones actuales de la infraestructura vial.

Punto de aforo de vehículos.

A continuación, se presenta la representación gráfica de la carretera desde la vista de un mapa. La línea punteada en azul representa los 1.7 km que sugiere el diseño.

Ilustración 14. Indicador del punto de medición de aforo de vehículos



Nota. Fuente: Google Maps.

Aforo Vehicular .

El aforo vehicular es un método fundamental para medir y clasificar la cantidad de vehículos que circulan por una vía en un período de tiempo determinado. Algunos aspectos clave del aforo vehicular incluyen:

Objetivo.

El objetivo de la recolección de datos del aforo vehicular es poder tener una base para analizar lo siguiente:

- Identificar patrones y tendencias en el flujo de tráfico.
- Proporcionar información clave para el diseño y planificación de carreteras.

Aplicaciones.

Haciendo el análisis de resultados del aforo vehicular se puede llegar a tener datos relevantes para las siguientes aplicaciones necesarias para la propuesta.

- Diseño geométrico de carreteras (número de carriles, ancho de vía, etc.).

- Evaluación de la capacidad y nivel de servicio de la vía.

Análisis de Datos del aforo vehicular obtenidos de la observación.

El aforo vehicular se realizó con cámaras, una técnica efectiva para medir y clasificar el flujo de vehículos en una vía. Algunas de las principales ventajas y características de este método, importantes para la generación de una propuesta, incluyen:

- Permite realizar aforos de forma automática, evitando la necesidad de personal en campo.
- Genera datos precisos y objetivos sobre el volumen y composición del tráfico.
- Posibilita el análisis de patrones y tendencias en el flujo vehicular.
- Los datos pueden ser recolectados en tiempo real y publicados en paneles informativos o sitios web.
- Permite realizar *tracking* de vehículos mediante lectura de matrículas o detección de señales Bluetooth.

Los datos obtenidos son los siguientes:

Tabla 26.

Aforo vehicular de la carretera

| Mañana | 7 AM – 8 AM | Medio día | 12 MD– 1PM | Noche | 6 PM – 7 PM |
|-----------------|-------------|---------------|------------|---------------|-------------|
| 19 febrero 2024 | | 18 marzo 2024 | | 15 abril 2024 | |
| Vehículo | Cantidad | Vehículo | Cantidad | Vehículo | Cantidad |
| Liviano | 238 | Liviano | 192 | Liviano | 333 |
| Carga liviana | 36 | Carga liviana | 31 | Carga liviana | 48 |
| Bus | 16 | Bus | 12 | Bus | 22 |

| | | | | | |
|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|
| Camión 2E | 8 | Camión 2E | 6 | Camión 2E | 10 |
| Camión 3E | 1 | Camión 3E | 1 | Camión 3E | 1 |
| Camión 4E | 0 | Camión 4E | 0 | Camión 4E | 0 |
| Total | 299 | Total | 242 | Total | 414 |

Nota. Elaboración propia 2024.

Cálculo del Tránsito Promedio Diario (TPD)

El Tránsito Promedio Diario (TPD) es una métrica fundamental en el diseño y análisis de carreteras. Según la revisión del Manual Centroamericano de Construcción de Carreteras Rurales, el cálculo del TPD se realiza de la siguiente manera:

Definición: El TPD representa el número promedio de vehículos que circulan por una sección de carretera durante un día. Este indicador se calcula a partir de aforos vehiculares realizados en períodos específicos.

Simbología:

| | |
|---------------|-----|
| Vehículo | |
| Liviano | L |
| Carga liviana | CL |
| Bus | B |
| Camión 2E | C2E |
| Camión 3E | C3E |
| Camión 4E | C4E |
| Tipo Vehículo | TV |

A continuación, se muestran los datos calculados a partir del aforo vehicular.

Tabla 27.

Cálculo de tránsito promedio diario

| Mañana 7 AM – 8 AM | | | Medio día 12 MD– 1PM | | | Noche 6 PM – 7 PM | | | | | |
|-----------------------|--------------|------|-------------------------|--------------|------|----------------------|--------------|-------|---------------|-----------------|--------------------|
| 19 febrero 2024 | | | 18 marzo 2024 | | | 15 abril 2024 | | | | | |
| TV | Cantida d | % | TV | Cantida d | % | TV | Cantida d | % | %promedi o | total | Promedi o total |
| L | 238 | 79.6 | L | 192 | 79.3 | L | 333 | 80.4 | 79.79 | 763 | 254 |
| CL | 36 | 12.0 | CL | 31 | 12.8 | CL | 48 | 11.59 | 12.14 | 115 | 38 |
| B | 16 | 4.01 | B | 12 | 4.96 | B | 22 | 5.31 | 4.76 | 50 | 16 |
| C2E | 8 | 2.68 | C2E | 6 | 2.48 | C2E | 10 | 2.42 | 2.52 | 24 | 8 |
| C3E | 1 | 0.33 | C3E | 1 | 0.41 | C3E | 1 | 1.24 | 0.32 | 3 | 1 |
| C4E | 0 | 0 | C4E | 0 | 0 | C4E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Tota l | 299 | | Tota l | 242 | | Tota l | 414 | | | TP D | 317 |
| | | | | | | | | | | | 5124 |

Nota. Elaboración propia 2024.

Así, según la tabla anterior, usando los datos de aforo vehicular para el caso de la carretera de Cuesta Grande, el TDP es de 5124.

Clasificación de las carreteras según TPD

Las carreteras colectoras suburbanas pueden soportar un tránsito vehicular con un límite superior de diez mil vehículos promedio por día. Su función principal es conectar vías urbanas y proporcionar acceso a terrenos, propiedades colindantes u otros lugares con flujos vehiculares bajos. Según el TDP, la propuesta debe

contemplar que la carretera sea catalogada como Colectora Rural. En el siguiente cuadro se presentan las características.

Tabla 28.

Clasificación de la calle

| | |
|--------------------|--|
| Colectoras rurales | 10,000 y 500 vehículos promedio diario |
| | Recorridos de menores distancias relativas |
| | Zona de influencia de la red principal |

Nota. Elaboración propia 2024.

Según la revisión del *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales* de la SIECA (2004), las carreteras colectoras rurales se definen de la siguiente manera: son vías que tienen la función de recolectar el tránsito de las carreteras locales y dirigirlo hacia las carreteras troncales o arteriales. Estas carreteras permiten la circulación de tránsito entre poblaciones rurales y centros urbanos de menor importancia.

Algunas características clave de las carreteras colectoras rurales según el manual son:

- Tienen una función de recolección y distribución del tránsito entre las carreteras locales y las troncales o arteriales.
- Permiten la conexión entre poblaciones rurales y centros urbanos menores.
- Presentan menores volúmenes de tránsito en comparación con las carreteras troncales o arteriales.
- Tienen una menor complejidad geométrica que las carreteras de mayor jerarquía.
- Suelen tener un derecho de vía más reducido que las carreteras troncales.

- Están diseñadas para velocidades de operación más bajas, generalmente entre 40 y 80 km/h.

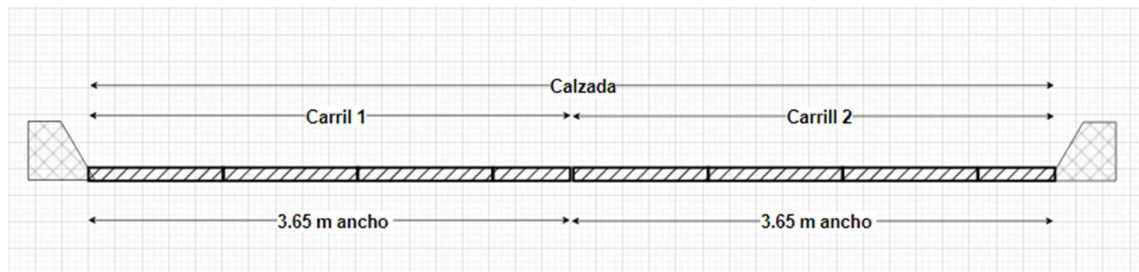
En resumen, las carreteras colectoras rurales cumplen un papel fundamental en la articulación del sistema vial, al recolectar y distribuir el tránsito entre las vías locales y las principales carreteras regionales o nacionales.

Características de la sección transversal

Debido al flujo vehicular que deben soportar, la sección transversal típica de estas carreteras debe ser de entre dos y cuatro carriles en ambos sentidos. En este caso, la sección transversal es de dos carriles, como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 15.

Sección transversal de la calle



Nota. Elaboración propia 2024.

Estacionamiento y cruces peatonales

Según el ingeniero consultado, estas carreteras podrán incluir estacionamientos en el carril derecho de circulación para permitir el estacionamiento de vehículos que lo requieran. La apreciación del ingeniero es la siguiente:

Ilustración 16.

Diseño de puntos peatonales.



Nota. Elaboración propia a partir de Google Maps 2024.

En los puntos marcados, debido a la concentración demográfica de la zona, se plantean cruces peatonales. Los puntos amarillos deben entenderse como pasos peatonales opcionales, ya que el ingeniero prevé un desarrollo demográfico alrededor de la calle una vez construida.

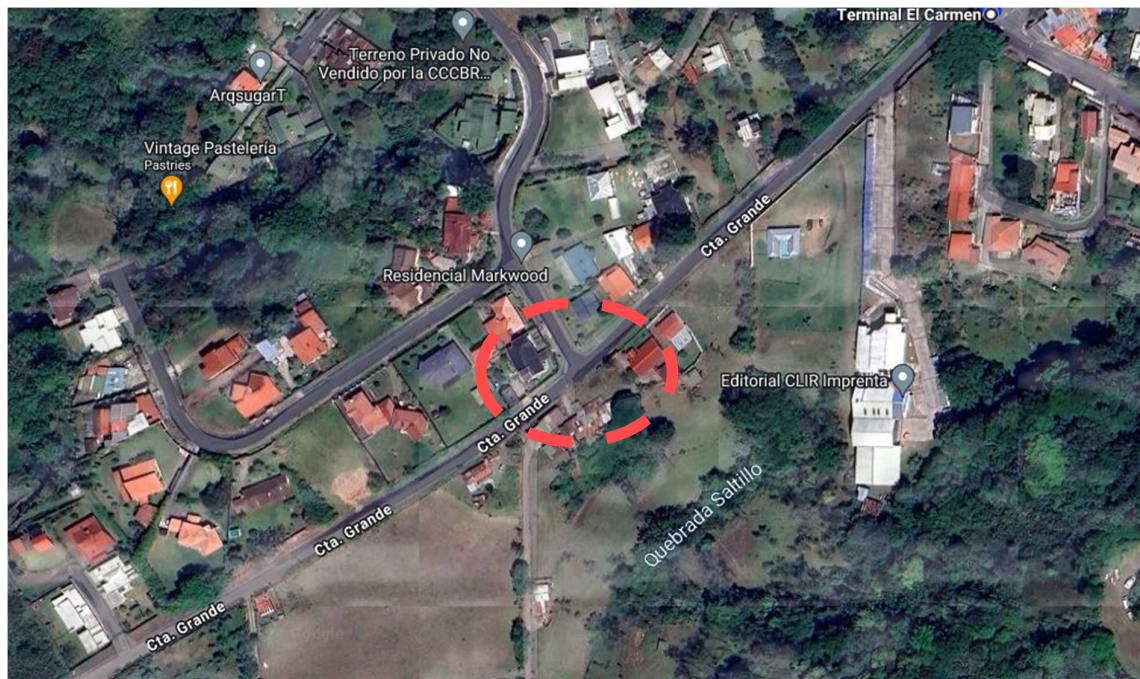
Intersecciones

Las intersecciones serán a nivel, con señalamiento vertical y demarcación horizontal que facilite el cruce peatonal. Los sistemas de semáforos se instalarán únicamente en aquellos lugares donde el flujo vehicular y peatonal sea considerablemente elevado. Por el momento, se considera una intersección que podría requerir señalización y un semáforo peatonal, según lo indicado por el

ingeniero consultado. A continuación, se muestra la ubicación de la intersección más importante de la carretera en la actualidad. El crecimiento demográfico podría requerir más intersecciones en el futuro.

Ilustración 17.

Zona de intersección y Señalamientos



Nota. Elaboración propia a partir de Google Maps 2024.

Síntesis

Las carreteras colectoras rurales se diseñan cuando los rangos de movimiento vehicular son muy bajos. Su función principal es servir como alimentadoras de las vías troncales y colectoras suburbanas, con una capacidad de tráfico que oscila entre quinientos y diez mil vehículos promedio por día.

La separación de los sentidos de circulación en estas carreteras se realiza mediante demarcación horizontal en el pavimento. Además, se deben colocar

paradas de autobuses según sea necesario, las cuales pueden requerir o no bahías, dependiendo de los volúmenes de tránsito presentes.

En cuanto a los cruces peatonales, deben contar con la señalización necesaria, tanto vertical como horizontal, en el pavimento para brindar seguridad a los peatones.

Cabe destacar que, en algunos casos, puede considerarse únicamente un tratamiento superficial para la estructura del pavimento, siempre y cuando la demanda de tráfico no lo requiera y solo se necesite proteger las capas estructurales subyacentes.

En resumen, las carreteras colectoras rurales se caracterizan por su función alimentadora de vías principales, su rango de tráfico de 500 a 10,000 vehículos por día, la separación de sentidos mediante demarcación horizontal, las paradas de autobuses y la señalización peatonal, pudiendo incluso requerir solo un tratamiento superficial del pavimento.

Rango de pendientes

Después de recabar los datos de la observación, se pueden hacer algunas consideraciones generales sobre las pendientes en función de la clasificación funcional de la carretera Cuesta Grande. Según la revisión del *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales* de la SIECA (2004), las pendientes máximas recomendadas para diferentes tipos de carreteras colectoras son:

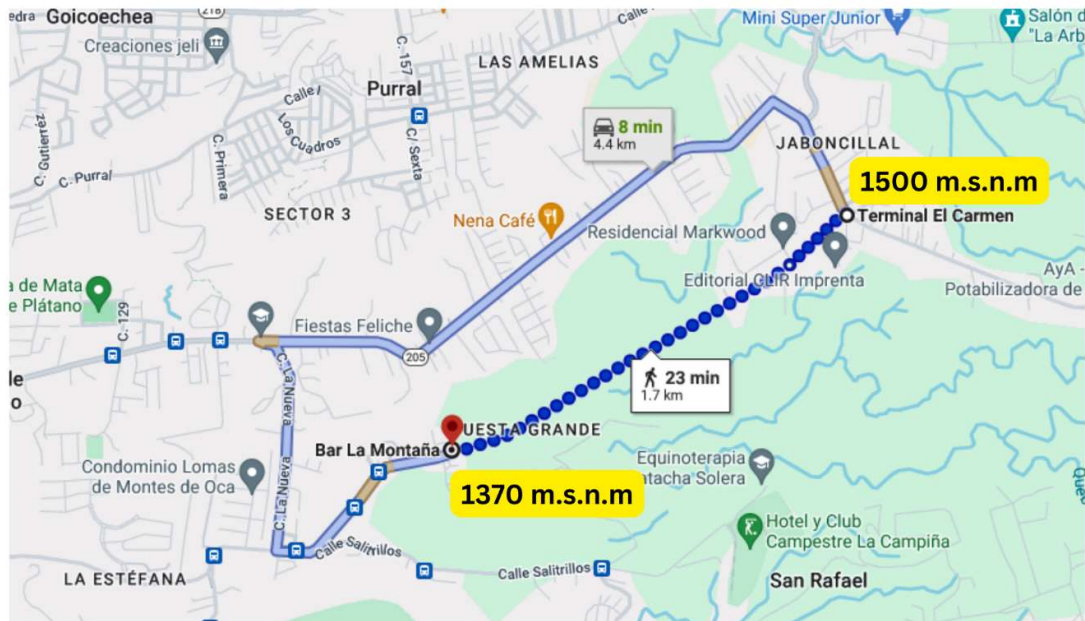
Carreteras Colectoras:

- Pendiente máxima: 7%.
- Pendiente máxima en tramos cortos: 9%.

Dado que la carretera Cuesta Grande es una vía local que conecta poblaciones rurales, es probable que presente pendientes dentro del rango establecido para carreteras locales, es decir, pendientes máximas del 8% y hasta el 10% en tramos cortos. La siguiente ilustración ejemplifica las áreas con elevación en la carretera.

Ilustración 18.

Rango de la pendiente de la calle



Nota. Elaboración propia 2024.

A continuación, se muestran los cálculos para llegar a los resultados anteriores.

Tabla 29.

Cálculos de rango del pendiente

| | |
|--------------------|-----------|
| Altura final | 1500 msnm |
| Altura inicial | 1370 msnm |
| Diferencia | 130 |
| Longitud en metros | 1700 |

| | |
|--------------------|--------|
| Rango de pendiente | 7.65 % |
|--------------------|--------|

Nota. Elaboración propia 2024.

Tipo de Terreno

Según el *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales* de la SIECA (2004), un terreno ondulado se define como aquel que presenta pendientes transversales al eje de la carretera entre 5% y 15%, y pendientes longitudinales entre 3% y 6%.

Las principales características de la carretera de Cuesta Grande que concuerdan con lo anterior son:

- Presenta ondulaciones o colinas suaves, con pendientes moderadas.
- Requiere movimientos de tierra significativos para el trazado de la carretera.
- Permite el uso de alineamientos más directos que en terrenos montañosos.
- Posibilita el diseño de curvas horizontales y verticales con radios más amplios.
- Facilita la construcción de la carretera en comparación con terrenos montañosos.

En resumen, un terreno ondulado de la carretera de Cuesta Grande se caracteriza por presentar pendientes transversales y longitudinales moderadas, lo que permite un trazado más directo y el uso de elementos geométricos más favorables para el diseño de la carretera, en comparación con terrenos montañosos o planos.

Tabla 30.

Tipo de terreno de la carretera

| Tipo de Terreno | Rangos de Pendientes (%) |
|------------------------|---------------------------------|
| Llano o plano | $G \leq 5$ |
| Ondulado | $5 > G \leq 15$ |
| Montañoso | $15 > G \geq 30$ |

G= Pendiente

Nota. Fuente: *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales* SIECA , 2004

Derecho de Vía

Según la revisión del *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales* de la SIECA (2001), el derecho de vía se define como la franja de terreno de ancho variable dentro de la cual se encuentra comprendida la carretera y todos sus elementos, como obras de drenaje, señales, y obras de protección. Además, incluye la faja de terreno afectada por la construcción de la carretera y las obras complementarias necesarias para su adecuado funcionamiento. Actualmente, el derecho de vía de la carretera Cuesta Grande no tiene dimensiones precisas; no obstante, se establecen las siguientes directrices. El manual establece que el ancho del derecho de vía debe ser suficiente para:

- Acomodar la sección transversal de la carretera, incluyendo calzadas, aceras, separadores, cunetas, etc.
- Permitir la construcción y mantenimiento de la carretera.
- Proporcionar visibilidad adecuada en curvas horizontales y verticales.
- Permitir la instalación de señales, barreras de contención y otros elementos de seguridad vial.

- Permitir el drenaje adecuado de la carretera.
- Proteger la carretera de desarrollos adyacentes que puedan afectar su seguridad y funcionalidad.

En resumen, para esta propuesta, el derecho de vía es una franja de terreno reservada para la construcción y operación segura y eficiente de la carretera, incluyendo todos los elementos necesarios para su funcionamiento.

El diseño correspondiente para la propuesta, basado en las observaciones y la opinión del ingeniero civil, es el siguiente:

Tabla 31.

Datos de derecho de la vida del diseño geométrico

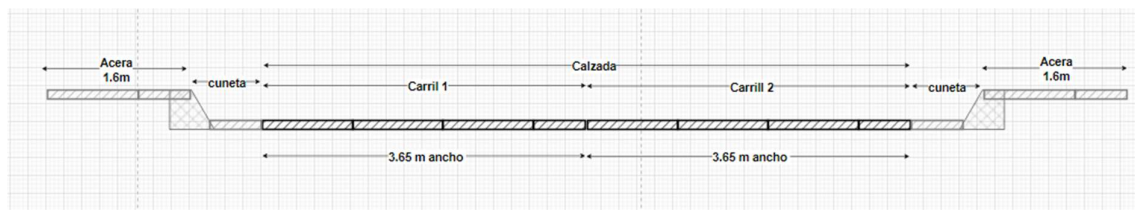
| Diseño | Longitud |
|----------|----------|
| Acera 1 | 1.6m |
| Acera 2 | 1.6m |
| Carril 1 | 3.65m |
| Carril 2 | 3.65m |
| Cuneta 1 | 0.65m |
| Cuneta 2 | 0.65m |
| Talud 1 | 1.6m |
| Talud 2 | 1.6m |
| Total: | 15m |

Nota. Elaboración propia 2024.

A continuación, un modelo transversal de lo anteriormente planteado.

Ilustración 19.

Diseño transversal propuesto para la carretera



Nota. Elaboración propia 2024.

Por otro lado, contemplando la *Guía de Diseño y Evaluación de Ciclovías para Costa Rica*, los anchos recomendados para ciclovías son:

Ciclovía Bidireccional:

- Ancho mínimo recomendado: 2,4 metros.
- Ancho recomendable: 2,6 metros.

Ciclovía Unidireccional:

- Ancho mínimo recomendado: 1,4 metros.
- Ancho recomendable: 1,6 metros.

La guía también menciona que, en casos donde se requiera la circulación de triciclos y bicicletas de carga, se deben considerar anchos mayores:

Ciclovía Bidireccional con Triciclos:

- Ancho mínimo recomendado: 2,7 metros.
- Ancho recomendable: 3,2 metros.

Ciclovía Unidireccional con Triciclos:

- Ancho mínimo recomendado: 1,5 metros.
- Ancho recomendable: 1,7 metros.

Estos anchos permiten una circulación cómoda y segura para los diferentes tipos de usuarios de la ciclovía, considerando tanto la dirección del tráfico como la presencia de vehículos de mayores dimensiones. Por lo tanto, el ajuste es el siguiente en caso de que el diseño incluya una ciclovía simple unidireccional.

Tabla 32.

Datos de derecho de la vida del diseño geométrico con ciclovías

| Diseño | Longitud |
|----------|----------|
| Acera 1 | 1.6m |
| Acera 2 | 1.6m |
| Carril 1 | 3.65m |
| Carril 2 | 3.65m |
| Cuneta 1 | 0.65m |

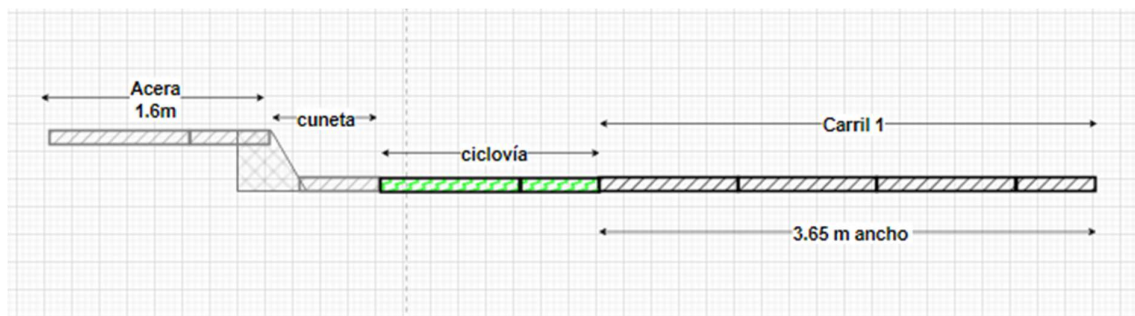
| | |
|------------|-------|
| Cuneta 2 | 0.65m |
| Ciclovia 1 | 1.5m |
| Ciclovia 2 | 1.5 m |
| Talud 1 | 1.6m |
| Talud 2 | 1.6m |
| Total: | 18m |

Nota. Elaboración propia 2024.

A continuación, se presenta un modelo transversal considerando las ciclovías de un lado de la calzada.

Ilustración 20.

Modelo transversal considerando las ciclovías



Nota. Elaboración propia 2024.

Velocidad de Diseño

Según la revisión del *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales* de la SIECA (2004), las velocidades de diseño recomendadas para las carreteras colectoras son:

- Velocidad de diseño: 60 - 100 km/h

Estas velocidades de diseño se establecen en función de diversos factores, como la clasificación funcional de la carretera, la topografía del terreno, las características del tránsito y los criterios de seguridad vial.

Es importante destacar que, para el caso de la propuesta de diseño, la velocidad de diseño es la velocidad máxima a la que un vehículo puede circular de

manera segura en un tramo determinado de la carretera, considerando las condiciones geométricas, de visibilidad y de adherencia del pavimento.

Dado que la carretera Cuesta Grande tiene una longitud de 1.7 km, la selección adecuada de la velocidad de diseño es fundamental para el diseño geométrico de los diferentes elementos de la carretera, como alineamientos horizontales y verticales, radios de curvatura, peraltes, y distancias de visibilidad. Por ello, se propone que la velocidad máxima de diseño sea 60 km/h, considerando el límite inferior del Manual Centroamericano, debido a la presencia de ciclovías a los laterales de la calzada. Esto garantiza que la vía cumpla con los estándares de seguridad y comodidad para los usuarios, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 33.

Velocidades de vía dependiendo del tipo de terreno

VELOCIDADES DE DISEÑO EN KILÓMETROS POR HORA, EN FUNCIÓN DE LOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO Y LA TOPOGRAFÍA DEL TERRENO

| Tipo de Terreno | Volúmenes de tránsito Diario ó TPDA, en vpd | | | |
|-----------------|---|---------------|--------------|----------|
| | >20,000 | 20,000-10,000 | 10,000-3,000 | 3000-500 |
| Plano | 110 | 90 | 80 | 70 |
| Ondulado | 90 | 80 | 70 | 60 |
| Montañoso | 70 | 70 | 60 | 50 |

Nota. Fuente: *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales SIECA*, 2004

Pendiente transversal

Según la revisión del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales de la SIECA (2004), la pendiente transversal se define como:

La pendiente transversal es la inclinación del terreno perpendicular al eje longitudinal de la carretera. Se expresa en porcentaje (%) y representa la relación entre el desnivel transversal y la distancia horizontal.

De acuerdo con el manual, los valores recomendados de pendiente transversal para carreteras colectoras son del 2% al 4%.

La selección adecuada de la pendiente transversal para esta propuesta es fundamental para garantizar el drenaje eficiente de la superficie de la carretera y la estabilidad y seguridad de los vehículos, especialmente en curvas y tramos con pendientes longitudinales pronunciadas.

Para el caso de esta investigación, se optará por utilizar una pendiente transversal de:

Tabla 34.

Detalle del rango del pendiente

| Detalle | Cantidad |
|--|----------|
| Se utilizará una pendiente transversal | 2% |
| Rango aceptable | 1.5 – 3% |

Nota. Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA, 2004

Radios Mínimos en Curvas horizontales

Según la revisión del *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales* de la SIECA (2004), los radios mínimos en curvas horizontales se definen como:

Los radios mínimos son los valores más pequeños que pueden utilizarse para el diseño de curvas horizontales, manteniendo la seguridad y comodidad de los usuarios. Estos radios dependen principalmente de la velocidad de diseño y el

peralte de la curva. El manual establece los siguientes radios mínimos para diferentes velocidades de diseño:

Estos valores se basan en la fórmula:

$$R = (V^2) / (127 * (p + f))$$

Donde:

- R = Radio de la curva horizontal (m)
- V = Velocidad de diseño (km/h)
- p = Peralte máximo (m/m)
- f = Coeficiente de fricción lateral

Es importante destacar que, para esta propuesta, el uso de radios mínimos debe limitarse a casos excepcionales, ya que pueden generar incomodidad y riesgo para los usuarios. En la medida de lo posible, se deben utilizar radios mayores que permitan una transición suave y segura entre tangentes y curvas. Además, el manual recomienda el uso de curvas de transición (espirales) entre las tangentes y las curvas circulares para facilitar el cambio gradual de dirección y peralte.

Tabla 35.

Radio mínimo de curvas horizontales

| Velocidad de Diseño (Km/h) | Factor de Fricción Máxima | Peralte máximo 4% | | | Peralte máximo 6% | | |
|----------------------------|---------------------------|-------------------|-------------|----------------|-------------------|-------------|----------------|
| | | Radio (m) | | Grado de Curva | Radio (m) | | Grado de Curva |
| | | Calculado | Recomendado | | Calculado | Recomendado | |
| 30 | 0.17 | 33.7 | 35 | 32° 44' | 30.8 | 30 | 38° 12' |
| 40 | 0.17 | 60.0 | 60 | 19° 06' | 54.8 | 55 | 20° 50' |
| 50 | 0.16 | 98.4 | 100 | 11° 28' | 89.5 | 90 | 12° 44' |
| 60 | 0.15 | 149.2 | 150 | 7° 24' | 135.0 | 135 | 8° 29' |
| 70 | 0.14 | 214.3 | 215 | 5° 20' | 192.9 | 195 | 5° 53'' |
| 80 | 0.14 | 280.0 | 280 | 4° 05' | 252.0 | 250 | 4° 35' |
| 90 | 0.13 | 375.2 | 375 | 3° 04' | 335.7 | 335 | 3° 25' |
| 100 | 0.12 | 492.1 | 490 | 2° 20' | 437.4 | 435 | 2° 38' |
| 110 | 0.11 | 635.2 | 635 | 1° 48' | 560.4 | 560 | 2° 03' |
| 120 | 0.09 | 872.2 | 870 | 1° 19' | 755.9 | 775 | 1° 29' |

Nota. Fuente: *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales*, SIECA, 2004

Según la tabla anterior, utilizando la velocidad de diseño calculada previamente en 60 km/h, se puede observar en amarillo las medidas óptimas para el radio de curva, que deben contemplarse en el diseño propuesto.

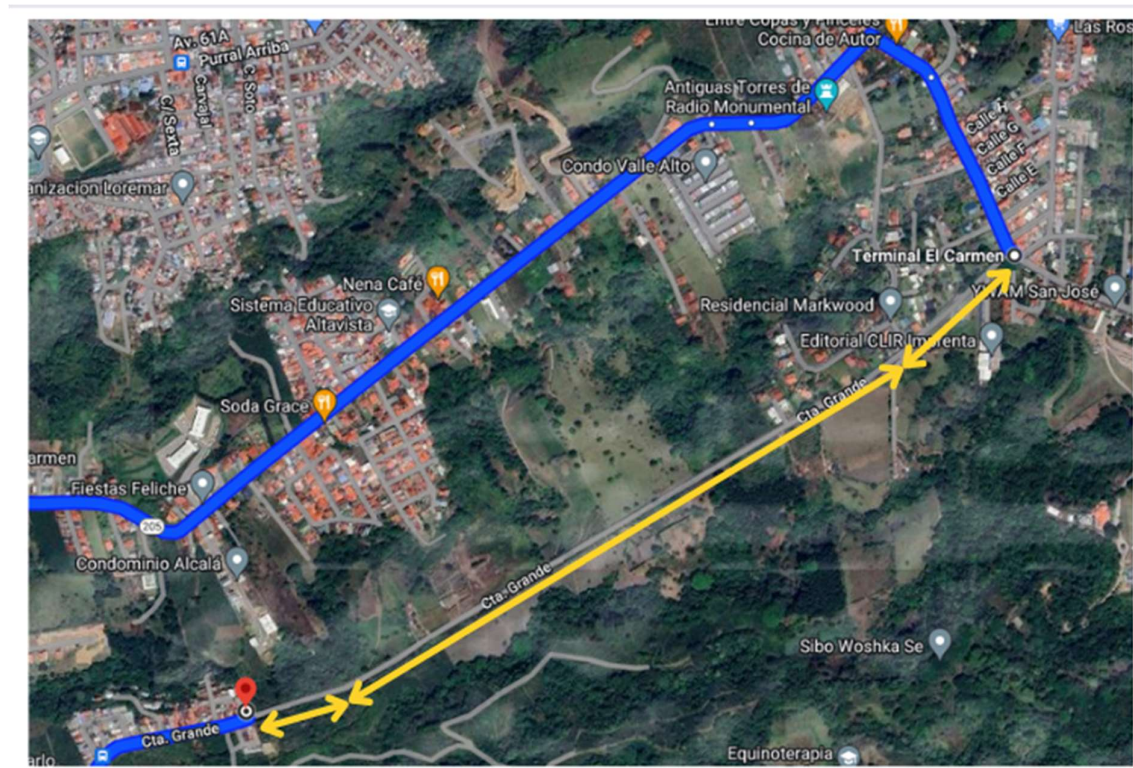
Propuesta del diseño geométrico.

Tramo correspondiente a la propuesta.

El siguiente es un vistazo de la parte que corresponde al diseño.

Ilustración 21.

Tramos del diseño



Punto de aforo de vehículo, conteo y cálculo de TDP.

Tomando en cuenta que el conteo de vehículos fue de 955, se calculó el TDP en 5124, lo que indica que las carreteras aledañas a la carretera Cuesta Grande están algo congestionadas. Lo ideal sería usar el nivel de servicio de otras carreteras cercanas como referencia para el diseño.

Detalles del diseño.

A continuación, se mencionan los detalles a considerar en la propuesta:

- La carretera debe clasificarse como de nivel C, es decir, una colectora rural ondulada debido a sus ligeras curvas y al nivel de tráfico esperado. Esto se basa en el hecho de que la carretera descongestionará otras vías y recibirá más flujo vehicular. Por lo tanto, la velocidad de diseño debe ser como máximo 60 km/h.
- La calzada mínima debe contemplar dos vías de 3.60 m cada una, para asegurar suficiente espacio para maniobrar. Las aceras pueden variar en longitud, pero se recomienda un ancho mínimo de 1.6 m para permitir la instalación de elementos de señalización sin entorpecer el paso y para asegurar el tránsito de personas con discapacidad. Además, para garantizar la seguridad y el drenaje, se recomienda incluir cunetas de 0.6 m. Si se consideran ciclovías, se debe añadir 1.5 m a cada lado del diseño transversal.
- Se deben considerar cruces peatonales con semáforos, especialmente en las zonas cercanas a los extremos de la carretera, donde se concentra la mayor densidad de personas. El diseño puede incluir estacionamientos a los extremos de la carretera, manteniendo un flujo fluido en un tramo de aproximadamente 1400 m. Las intersecciones deben ubicarse en los extremos de la carretera, y con el crecimiento demográfico y económico, se prevé la necesidad de añadir intersecciones simples y su correspondiente paso peatonal y señalización a largo plazo.
- Debido a que el terreno es ondulado con una pendiente entre 5% y 15% y presenta una ligera elevación del terreno de Quebrada Platanillo hacia Jaboncillal, se calcula un rango de pendiente óptimo para el diseño de la

carretera en 7.65%, lo cual se ajusta bien a la pendiente transversal propuesta de 2%. Además, los radios mínimos de curva de 150 m se cumplen, ya que la carretera presenta ligeras curvas.

- En cuanto a la velocidad, el diseño debe proponer una distancia de visibilidad que permita al vehículo detenerse antes de llegar a un objeto. El cálculo óptimo indica que la distancia de visibilidad de parada en subida es de 85 m y en bajada de 100 m, debido a las características del terreno y las curvas.

Descripción del escenario deseado.

A continuación, se presenta una descripción del escenario deseado para el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande, de 1.7 km en el cantón de Goicoechea, San José, desde la perspectiva del usuario:

Seguridad Vial.

- Rediseñar la alineación horizontal y vertical de la carretera para cumplir con los estándares de diseño y visibilidad, mejorando así la estabilidad y seguridad de los vehículos.
- Implementar una señalización clara y visible, que incluya señales de advertencia, regulación y orientación, para guiar a los usuarios de manera efectiva.
- Mejorar la iluminación de la carretera, especialmente en intersecciones y puntos críticos, para garantizar una adecuada visibilidad en condiciones de baja luminosidad.
- Incorporar elementos de seguridad, como barreras de contención y defensas metálicas, en los tramos y puntos de mayor riesgo.

Eficiencia del Tránsito.

- Analizar la capacidad de la vía y determinar si es necesario implementar carriles adicionales o de giro en puntos estratégicos para optimizar el flujo vehicular.
- Rediseñar las intersecciones y accesos para facilitar la circulación y el ingreso a los comercios y establecimientos aledaños.
- Incorporar medidas de gestión del tráfico, como señales de prioridad y sistemas de control, para regular el flujo y evitar cuellos de botella.
- Integrar el diseño geométrico con un plan de señalización y demarcación horizontal que guíe a los conductores de manera clara y eficiente.

Accesibilidad Universal.

- Diseñar aceras amplias y en buen estado para la circulación peatonal, con cruces seguros y elementos de protección.
- Implementar ciclovías o carriles exclusivos para bicicletas, fomentando el uso de modos de transporte activos.
- Instalar rampas y elementos de accesibilidad en puntos clave para facilitar el desplazamiento de personas con discapacidad.
- Incorporar señalización y elementos táctiles que mejoren la orientación de usuarios con discapacidad visual.

Adaptación al Entorno.

- Integrar el diseño geométrico con las características topográficas y geológicas del terreno, minimizando los impactos ambientales.
- Adaptar la carretera al paisaje y al entorno urbano circundante, buscando una armonía visual y funcional.
- Considerar las actividades económicas y sociales de la zona, facilitando el acceso y la movilidad de los usuarios.
- Diseñar la carretera teniendo en cuenta las condiciones climáticas y meteorológicas de la región.

Plan para el cambio.

A continuación, se presenta una propuesta por fases para el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande en el cantón de Goicoechea, San José, desde la perspectiva del usuario de las vías de acceso en su condición actual para el segundo cuatrimestre de 2024:

Fase 1: Diagnóstico y planificación.

Realizar un estudio de movilidad y accesibilidad en la zona para identificar las necesidades y problemas actuales de los usuarios. A continuación, se presentan los pasos para llevar a cabo este estudio en la zona de la carretera Cuesta Grande:

- **Recopilación de Información Secundaria:** por ejemplo, revisar el Plan Nacional de Transporte de Costa Rica, volumen 2 Carreteras (septiembre 2011) para entender la función y clasificación actual de la carretera. Además, considerar los lineamientos del Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales de la SIECA (2001) en cuanto al derecho de vía y otros aspectos relevantes.
- **Observación y Levantamiento de Información en Campo:** lo cual incluye:
 - **Estudios Topográficos:** Utilización de tecnologías como GPS y estaciones totales para obtener datos precisos sobre el relieve del terreno.
 - **Fotografías Aéreas y Satelitales:** Proporcionan una visión general del área y ayudan a identificar características relevantes que podrían no ser visibles desde el suelo.
 - **Llevar a cabo conteos vehiculares** en puntos estratégicos de la carretera Cuesta Grande y otras vías relevantes del cantón.
 - **Registrar el volumen, composición y características del tráfico** (horas pico, distribución direccional, etc.).
 - **Calcular el tránsito promedio diario anual (TPDA)** para determinar la importancia relativa de cada vía.

- Entrevistas y Encuestas: Recopilar información de la comunidad local sobre el uso de la tierra y las necesidades de transporte.
- Análisis de Normativas: Consultar manuales y normas, como el *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras*, que establecen criterios técnicos y de seguridad que deben ser considerados durante el diseño
- Elaboración de informe y recomendaciones:
 - Evaluar la conectividad de la carretera Cuesta Grande con el resto de la red vial, identificando las principales vías de acceso y salida.
 - Analizar la accesibilidad que brinda la carretera a los diferentes centros de actividad (residenciales, comerciales, industriales, educativos, etc.).
 - Redactar un informe detallado que presente los resultados del estudio de movilidad y accesibilidad.
 - Formular recomendaciones específicas para mejorar la movilidad, seguridad y accesibilidad de la carretera Cuesta Grande, considerando las necesidades y problemas identificados.
 - Proponer estrategias y acciones concretas que puedan ser implementadas por las autoridades competentes.

Fase 2: Diseño conceptual.

A continuación, se presentan los pasos para establecer los objetivos y criterios de diseño para la carretera Cuesta Grande, priorizando la seguridad, accesibilidad y eficiencia del sistema vial:

Definir los objetivos de diseño:

- Rediseñar la geometría de la vía, corrigiendo alineamientos horizontales y verticales peligrosos.
- Mejorar la señalización, incluyendo señales de advertencia, regulación y orientación.
- Instalar barreras de contención y elementos de protección en puntos críticos.

- Implementar medidas de calmado de tráfico, como reductores de velocidad, para proteger a usuarios vulnerables.
- Mejorar la iluminación, especialmente en intersecciones y zonas de conflicto.
- Realizar campañas de educación vial dirigidas a conductores, peatones y ciclistas.
- Ampliar y mejorar el diseño geométrico de la vía, aumentando el número de carriles y mejorando las intersecciones.
- Implementar sistemas de gestión y control del tráfico, como semáforos inteligentes y paneles de información.
- Promover el uso de modos de transporte alternativos, como el transporte público, la bicicleta y la movilidad peatonal.
- Coordinar la operación de la carretera Cuesta Grande con el sistema vial circundante para mejorar la fluidez del tráfico.
- Diseñar alineamientos horizontales y verticales que cumplan con los estándares de visibilidad y seguridad.
- Implementar radios de curvatura y peraltes adecuados para la velocidad de diseño seleccionada.
- Garantizar anchos de carril, bermas y separadores que brinden comodidad y seguridad a los usuarios.
- Incorporar carriles de aceleración, desaceleración y giro en puntos estratégicos para mejorar la eficiencia del tránsito.
- Diseñar aceras y cruces peatonales seguros y accesibles, con rampas, señalización y elementos táctiles.
- Implementar ciclovías o carriles exclusivos para bicicletas, fomentando el uso de modos de transporte activos.
- Garantizar la conectividad y continuidad de las rutas peatonales y ciclistas a lo largo de la carretera.

- Considerar las necesidades de usuarios con movilidad reducida, como personas con discapacidad o adultos mayores.
- Diseñar un sistema de señalización vertical y horizontal claro, visible y acorde a las normas vigentes.
- Implementar una iluminación adecuada en toda la extensión de la carretera, especialmente en intersecciones y puntos críticos.
- Incorporar elementos de contención y protección, como barreras, defensas metálicas y dispositivos de seguridad vial.
- Garantizar la visibilidad y el mantenimiento de la señalización y los elementos de seguridad.

Fase 3: Diseño detallado y documentación.

El siguiente cuadro muestra los detalles básicos necesarios para desarrollar el diseño detallado.

Tabla 36.

Detalles del diseño geométrico de la propuesta

| | |
|----------------------------|----------|
| Datos primarios | |
| TPD | 5124 VPD |
| Clasificación de carretera | CR |
| Rango de pendiente | 7.65% |
| Tipo de terreno | Ondulado |
| Nivel de servicio | C |

Nota. Elaboración propia 2024.

El siguiente cuadro muestra los detalles del alineamiento horizontal necesarios para desarrollar el diseño detallado.

Tabla 37.

Alineamiento horizontal necesarios para desarrollar el diseño de la propuesta

| | |
|-------------------------------|--------|
| Datos alineamiento horizontal | |
| Derecho de vía | 15m |
| Velocidad de diseño | 60kmph |
| Pendiente transversal | 2% |
| Radio mínimo curva Horizontal | 150m |

Nota. Elaboración propia 2024.

El siguiente cuadro muestra los detalles del alineamiento horizontal necesarios para desarrollar el diseño detallado.

Tabla 38.

Alineamiento vertical necesarios para desarrollar el diseño de la propuesta

| | |
|-----------------------------|--------|
| Datos alineamiento vertical | |
| Pendiente mínima | 5 |
| Pendiente máxima | 10 |
| Factor K | 15-18 |
| Velocidad máxima | 60kmph |

Nota. Elaboración propia 2024.

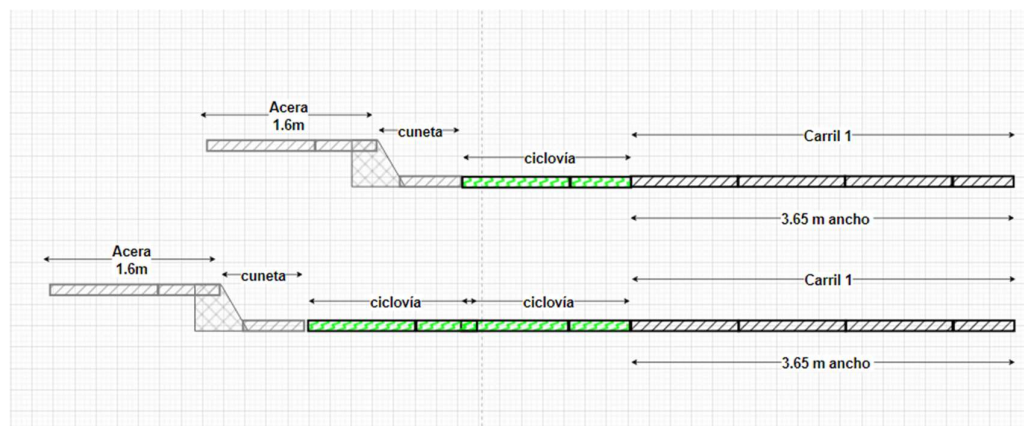
Partiendo de este punto, se propone lo siguiente para el diseño:

Medidas:

- Carriles de 3.65 metros de ancho, permitiendo una circulación cómoda y segura para vehículos de diferentes tamaños.
- Cunetas de al menos 60 cm de ancho con leve inclinación para descarga fluvial.
- Aceras de 1.6m para garantizar una zona peatonal segura para todo tipo de personas, incluidas aquellas que tienen necesidades especiales.
- Opcionalmente se pueden incluir 2 ciclovías en dos formatos, una a cada lado de cada carril o dos ciclovías a un lado del carril.

Ilustración 22.

Dos formatos de diseño de ciclovía



Prohibición de parqueo en calzada

- Prohibir el estacionamiento en la calzada para evitar obstrucciones al tráfico y mejorar la seguridad, a excepción del transporte público, no se podrá estacionar.
- Proveer zonas de parqueo fuera de la vía en áreas estratégicas, como cerca de comercios o servicios.

Proporción de espacio para circulación:

- Destinar aproximadamente el 70% del derecho de vía a la calzada para la circulación vehicular.

- Reservar el 30% restante para aceras, ciclovías, cunetas y áreas verdes, priorizando la movilidad activa y el drenaje.

Elementos de seguridad vial

- Integrar señalización vial adecuada para advertir, regular e informar a los usuarios sobre las condiciones de la vía.
- Recomendar la instalación de barreras de contención estratégicamente ubicadas para contener y redirigir vehículos en caso de accidentes.

Accesibilidad universal

- Diseñar aceras y cruces peatonales accesibles para personas con discapacidad, con rampas, señalización y texturas táctiles.
- Implementar ciclovías segregadas para garantizar la seguridad de los ciclistas.

Presupuesto de la propuesta

El presupuesto es un elemento fundamental para la implementación de las recomendaciones de diseño geométrico propuestas para la carretera Cuesta Grande. Sin un presupuesto adecuado y bien estructurado, sería imposible llevar a cabo las mejoras necesarias para transformar esta vía en una infraestructura más segura, eficiente y accesible.

La elaboración de un presupuesto detallado y realista es crucial para asegurar que las recomendaciones de diseño geométrico puedan implementarse de manera efectiva. Sin un presupuesto adecuado, el proyecto corre el riesgo de enfrentar retrasos, sobrecostos o incluso de no llevarse a cabo. A continuación, se presenta un esquema de la división del trabajo y el presupuesto necesario para el diseño geométrico de la carretera.

Tabla 39.*Desglose de gasto de recurso humano de la propuesta.*

| Profesional | Costo por hora | Horas por etapa | Total |
|-------------|-------------------|--------------------------|------------------|
| Ing. Civil | 36.000 colones | Fase1 : | |
| | | Estudio: 40 horas | 1.440.000 |
| | | Análisis: 25 horas | 900.000 |
| | | Evaluación: 12 horas | 432.000 |
| | | Fase2: | |
| | | Establecer: 15 horas | 540.000 |
| | | Conceptualizar: 20 horas | 720.000 |
| | | Fase 3: | 1.440.000 |
| | | Diseñar: 40 horas | 432.000 |
| | | Licitación :12 | |
| | | | 5.904.000 |
| Topógrafo | 27.000 colones | Fase1 : | |
| | | Estudio: 40 horas | 1.080.000 |
| | | Análisis: 10 horas | 270.000 |
| | | Evaluación: 6 horas | 162.000 |
| | | Fase2: | |
| | | Establecer: 0 horas | |
| | | Conceptualizar: 0 horas | |
| Fase 3: | | | |

| | | | |
|-----------|-------------------|---|--|
| | | Diseñar: 0 horas Licitar: 0 | |
| | | | 1.512.000 |
| Asistente | 16.000 colones | Fase1 : Estudio: 40 horas Análisis: 15 horas Evaluación: 10 horas Fase2: Establecer: 5 horas Conceptualizar: 5 horas Fase 3: Diseñar: 0 horas Licitar :12 | 640.000 240.000 160.000 80.000 80.000 192.000 |
| | | | 1.392.000 |

Por último, se presenta un cronograma de ejemplo que muestra intervalos de fechas estimadas para la posible realización de la propuesta.

Tabla 40.

Tiempo de ejecución del diseño geométrico de la propuesta

| Fase | Actividad | OCT | NOV | DIC |
|---------|-------------|---------|-------|-----|
| Fase1 : | Estudio: | ■ ■ ■ ■ | | |
| | Análisis: | | ■ ■ ■ | |
| | Évaluación: | | ■ ■ ■ | |
| Fase2: | Establecer: | | | ■ ■ |

La señalización también es percibida de manera negativa, con el 76% de los usuarios considerándola deficiente. Esta percepción puede contribuir a la inseguridad y la ineficiencia del tránsito [Ilustración 6].

Sobre la iluminación, el 68% de los encuestados la consideran insuficiente. La falta de iluminación puede afectar la visibilidad y la seguridad, especialmente en condiciones de baja luminosidad.

En cuanto al estado del pavimento, el 72% de los usuarios lo consideran en mal estado. El deterioro del pavimento puede generar problemas de comodidad y seguridad para los usuarios.

Finalmente, al consultar sobre las principales problemáticas, los usuarios destacaron la falta de señalización (32%), la congestión vehicular (28%), la inseguridad vial (22%) y el mal estado del pavimento (18%). Estas percepciones coinciden con los resultados anteriores y evidencian las áreas prioritarias a abordar en el diseño geométrico.

Experiencia de los residentes

El cuestionario específico aplicado a 20 residentes cercanos a la carretera Cuesta Grande revela una experiencia aún más negativa. Todos los encuestados coinciden en que la carretera presenta problemas tanto de seguridad como de accesibilidad y construcción. El 90% ha experimentado algún tipo de inconveniente al utilizar la vía, principalmente relacionados con la falta de acceso para peatones y ciclistas, así como la deficiente señalización.

El 100% de los residentes consideran que la carretera no es accesible para personas con discapacidad y que tampoco es segura para peatones y ciclistas. Más del 50% ha experimentado algún tipo de accidente o incidente en la carretera.

Además, el 100% de los encuestados afirma que la carretera no es segura para los usuarios en general, y el 80% sugiere que una de las medidas más efectivas sería hacer la vía más amigable para peatones y adaptada al tipo de tráfico que circula por ella.

En cuanto a la comunicación, el 100% de los residentes consideran que no hay una comunicación efectiva entre los usuarios y los responsables de la carretera. Esto evidencia la necesidad de mejorar los canales de diálogo y participación comunitaria.

Validación del diseño geométrico propuesto

La entrevista con el experto en proyectos de construcción vial permite validar la propuesta de diseño geométrico para la carretera Cuesta Grande y correlacionar los aspectos clave identificados en los cuestionarios.

Seguridad vial y eficiencia del tránsito

El diseño geométrico propuesto prioriza la seguridad de los usuarios y la eficiencia del tráfico, lo que demuestra una preocupación por la fluidez y la protección de los diferentes grupos de usuarios. Esto responde directamente a las principales problemáticas percibidas por los usuarios, como la inseguridad vial y la congestión vehicular.

Accesibilidad universal

La inclusión de elementos para garantizar la accesibilidad de todos los usuarios, incluyendo peatones, ciclistas y personas con discapacidad, refleja un enfoque integral y equitativo en el diseño geométrico. Esto aborda las preocupaciones expresadas por los residentes sobre la falta de accesibilidad de la carretera.

Consideraciones ambientales

La gestión de aguas pluviales y la protección de áreas sensibles demuestran un compromiso con la sostenibilidad y la reducción de impactos ambientales. Aunque este aspecto no fue resaltado por los usuarios, es fundamental para garantizar una infraestructura vial resiliente y respetuosa con el entorno.

Topografía y geología

La consideración detallada de la topografía y geología del terreno en el diseño garantiza una adaptación adecuada a las condiciones naturales, minimizando riesgos geológicos y optimizando la estabilidad de la vía. Esto es crucial para asegurar la seguridad y la funcionalidad a largo plazo de la carretera.

Capacidad de la vía y mitigación de riesgos

Los análisis de capacidad de la vía y las medidas de mitigación de riesgos, como los estudios geotécnicos y el drenaje adecuado, aseguran una infraestructura capaz de manejar el tráfico esperado y prevenir problemas como deslizamientos e inundaciones. Esto responde a las preocupaciones de los usuarios sobre la congestión y la seguridad.

Integración de elementos de seguridad vial

La integración de elementos como señalización y barreras de contención en el diseño geométrico garantiza una vía segura y funcional, reduciendo riesgos y mejorando la experiencia de los usuarios. Esto aborda directamente las percepciones negativas de los usuarios sobre la señalización y la seguridad.

En general, el diseño geométrico propuesto para la carretera Cuesta Grande muestra una alta factibilidad de implementación, ya que aborda de manera integral aspectos fundamentales como la seguridad vial, la eficiencia del tránsito, la sostenibilidad ambiental, la adaptación al entorno geográfico y geológico, la

capacidad de la vía y la mitigación de riesgos. Estas consideraciones técnicas y de diseño son clave para garantizar una infraestructura vial segura, eficiente y sostenible que beneficie a la comunidad y mejore la conectividad en la región.

Conclusiones

El análisis de los resultados de los cuestionarios aplicados a los usuarios y residentes de la carretera Cuesta Grande, así como la validación del diseño geométrico propuesto por el experto, permite extraer las siguientes conclusiones:

- Los usuarios de la carretera Cuesta Grande perciben problemas significativos en cuanto a seguridad, comodidad, eficiencia del tránsito, señalización, iluminación y estado del pavimento [Ilustraciones 3-9]. Estas percepciones negativas deben ser consideradas prioritariamente en el diseño geométrico.
- Los residentes cercanos a la carretera tienen una experiencia aún más negativa, destacando problemas de accesibilidad, seguridad vial y falta de comunicación con los responsables. Estas preocupaciones deben ser abordadas de manera integral en el diseño.
- El diseño geométrico propuesto para la carretera Cuesta Grande demuestra un enfoque técnico y holístico que responde adecuadamente a las principales problemáticas identificadas por los usuarios. Aspectos como la seguridad vial, la eficiencia del tránsito, la accesibilidad universal, las consideraciones ambientales, la adaptación al entorno geográfico y la mitigación de riesgos son fundamentales para transformar esta infraestructura.
- La implementación del diseño geométrico propuesto para la carretera Cuesta Grande en el cantón de Goicoechea, San José, tiene una alta factibilidad y el potencial para mejorar significativamente la experiencia de los usuarios, beneficiando a la comunidad y fortaleciendo la conectividad regional.

Finalmente, para relacionar el análisis de resultados con los objetivos de investigación, se propone lo siguiente:

Objetivo 1: Definir mediante un estudio de perspectivas comunales la condición actual que posee la carretera Cuesta Grande

- Los resultados de los cuestionarios aplicados a los usuarios de la carretera Cuesta Grande permiten definir su percepción sobre la condición actual de la vía en términos de seguridad vial, eficiencia del tránsito y accesibilidad.
- El análisis de las respuestas del cuestionario específico y selectivo proporciona información detallada sobre los principales problemas identificados por la comunidad.

Objetivo 2: Ejecutar un levantamiento topográfico de la carretera de Cuesta Grande en el cantón de Goicoechea

- Los resultados de la observación topográfica realizada in situ permiten caracterizar las condiciones actuales de la infraestructura vial de la carretera Cuesta Grande.
- El análisis de los datos geométricos recopilados, como radios de curvatura, pendientes y visibilidad, identifica problemas de diseño que afectan el desempeño de la carretera.

Objetivo 3: Determinar las características del suelo de la carretera de Cuesta Grande en Goicoechea

- Los resultados de los estudios de suelos realizados durante la observación topográfica permiten determinar las características del suelo de la carretera Cuesta Grande.
- El análisis de estos datos geotécnicos es fundamental para el diseño de la estructura del pavimento y la estabilidad de los taludes.

Objetivo 4: Identificar las necesidades económicas que existen para la creación y el diseño de la carretera de Cuesta Grande en Goicoechea

- Los resultados de las encuestas y entrevistas permiten identificar las necesidades económicas de la comunidad relacionadas con el diseño y mejora de la carretera Cuesta Grande.
- El análisis de estos datos, junto con la información sobre el desarrollo socioeconómico del cantón, es fundamental para justificar la inversión en el proyecto y evaluar su impacto potencial.

En resumen, el análisis integral de los resultados obtenidos a través de los diferentes instrumentos de recolección de datos (cuestionarios, entrevistas, observación topográfica) permite responder a cada uno de los objetivos específicos planteados en la investigación. Esto brinda una visión completa de la problemática actual de la carretera Cuesta Grande y sienta las bases para el desarrollo de soluciones de diseño geométrico que mejoren la seguridad, eficiencia y accesibilidad de esta importante vía.

Además, el análisis de los resultados y la validación del diseño geométrico propuesto evidencian la necesidad de abordar de manera integral las percepciones y experiencias negativas de los usuarios de la carretera Cuesta Grande. El objetivo es transformar la carretera en una infraestructura segura, eficiente, accesible y sostenible que responda a las necesidades de la comunidad.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones generales

En esta sección se resumen los hallazgos obtenidos a través de cada instrumento de recolección de datos, destacando las principales necesidades y expectativas de los usuarios.

En primer lugar, del cuestionario general se extrae que la mayoría de los usuarios son conductores, seguidos por peatones y ciclistas, lo que evidencia la necesidad de considerar las necesidades de todos los grupos de usuarios en el diseño geométrico. Más del 50% de las personas consultadas utiliza la carretera diariamente, mientras que el 22% la usa al menos tres veces por semana, lo que indica que es una ruta importante para la movilidad de la comunidad. Se percibe la carretera como insegura, lo que representa un aspecto clave a abordar en el diseño geométrico para mejorar la seguridad de los usuarios.

Por otro lado, las personas consideran la vía incómoda, lo que sugiere problemas de diseño o mantenimiento que afectan la experiencia de los usuarios. Además, la carretera presenta problemas de congestión, lo que indica la necesidad de optimizar el diseño geométrico y la gestión del tráfico. Un dato alarmante es que el 75% de los usuarios consideran deficiente la señalización, lo que puede contribuir a la inseguridad y la ineficiencia del tránsito. Más de la mitad de los usuarios consideran insuficiente la iluminación, lo que puede afectar la visibilidad y la seguridad, especialmente en condiciones de baja luminosidad. Por último, casi el 75% de los usuarios consideran que el pavimento está en mal estado, lo que puede generar problemas de comodidad y seguridad para los usuarios.

En el caso del cuestionario específico aplicado a residentes cercanos a la carretera Cuesta Grande, basado en los resultados de la encuesta realizada a 20

personas, se pueden extraer las siguientes conclusiones relevantes para su diseño geométrico:

La carretera Cuesta Grande presenta problemas graves de seguridad y accesibilidad que deben ser abordados urgentemente, especialmente para peatones y ciclistas, quienes la consideran insegura en su estado actual. Esto implica la necesidad de incorporar elementos de diseño que prioricen la seguridad de todos los usuarios, como la separación física entre calzada y acera, pasos peatonales demarcados con semáforos, y carriles anchos para bicicletas.

El mal estado actual de la vía es el principal problema identificado por los encuestados (95%), lo que afecta negativamente la experiencia de los usuarios. Por lo tanto, el diseño geométrico debe contemplar una reconstrucción integral de la carretera, utilizando materiales y técnicas constructivas que garanticen una superficie de rodadura segura y comfortable.

La carretera no es accesible ni inclusiva para personas con discapacidad, según el 100% de los encuestados. Esto exige que el nuevo diseño cumpla con los estándares de accesibilidad universal, incorporando rampas, señalización táctil, semáforos sonoros y otros elementos que permitan la movilidad segura de todos los usuarios, independientemente de sus capacidades.

Más del 50% de los encuestados ha sufrido accidentes relacionados con la construcción actual, lo que evidencia la necesidad de un diseño geométrico que minimice los puntos de conflicto entre vehículos y peatones. Esto puede lograrse mediante la eliminación de giros a la izquierda, la prohibición de parqueo en la calzada y la creación de carriles exclusivos para autobuses con zonas de ascenso y descenso seguras.

El 100% de los encuestados consideran que la carretera no está preparada para el tráfico actual y futuro, lo que implica que el diseño geométrico debe contemplar un horizonte de planificación a largo plazo. Esto puede lograrse mediante un diseño flexible que permita futuras ampliaciones o modificaciones, así como la incorporación de tecnologías inteligentes para la gestión del tráfico.

En resumen, el diseño geométrico de la propuesta para la carretera Cuesta Grande debe priorizar la seguridad y accesibilidad de todos los usuarios, contemplar una reconstrucción integral con materiales de calidad, cumplir con estándares de accesibilidad universal, minimizar los puntos de conflicto entre vehículos y peatones, y ser flexible para adaptarse al tráfico futuro. Solo así se podrá transformar esta carretera en un espacio público seguro, inclusivo y sostenible para la comunidad.

Estas conclusiones evidencian que los usuarios de la carretera Cuesta Grande perciben problemas significativos en cuanto a la seguridad, comodidad, eficiencia del tránsito, señalización, iluminación y estado del pavimento. Estas percepciones negativas deben ser consideradas en el diseño geométrico para transformar la carretera en una infraestructura segura, eficiente y adaptada a las necesidades de la comunidad.

Las recomendaciones que se presentan a continuación se basan en el análisis integral de los resultados obtenidos a lo largo de este estudio sobre el diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande. Estas recomendaciones tienen como objetivo proponer soluciones concretas que aborden los principales desafíos identificados en términos de seguridad vial, eficiencia del tránsito y accesibilidad universal.

Basado en los resultados del cuestionario general aplicado a 336 usuarios frecuentes de la carretera Cuesta Grande, se proponen las siguientes recomendaciones para mejorar la seguridad, comodidad y eficiencia de la vía:

1. Mejorar la señalización vial

El 76% de los usuarios consideran deficiente la señalización actual de la carretera Cuesta Grande [Ilustración 6]. Esto contribuye a la percepción de inseguridad y problemas de tránsito. Se recomienda implementar un sistema de señalización más claro y visible. Una señalización eficaz mejorará la seguridad y fluidez del tráfico, beneficiando a conductores, peatones y ciclistas.

2. Mejorar la iluminación de la vía

El 68% de los usuarios consideran insuficiente la iluminación actual de la carretera Cuesta Grande [Ilustración 7]. Una iluminación adecuada es fundamental para la seguridad vial, especialmente en condiciones de baja visibilidad. Se recomienda:

- Instalar luminarias LED de alta eficiencia a lo largo de la vía.
- Asegurar una iluminación uniforme y sin zonas oscuras.
- Priorizar la iluminación en intersecciones, cruces peatonales y curvas.
- Considerar sensores de movimiento para optimizar el consumo energético.

Una iluminación mejorada aumentará la visibilidad y seguridad para todos los usuarios, especialmente peatones y ciclistas.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, A. (2009). Auditoría de Seguridad Vial, Ruta Nacional N° 32. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Dirección General de Ingeniería de Tránsito. Costa Rica.
- Acosta, A. (2011). Análisis Funcional de la Intersección a la Nueva Terminal de Contenedores de Moín. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Dirección General de Ingeniería de Tránsito, Departamento de Regionales. Costa Rica.
- Acosta, A. (2012). Priorización Ruta N°32, A partir de la información de accidentalidad del Consejo de Seguridad Vial (Cosevi). Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Dirección General de Ingeniería de Tránsito. Costa Rica.
- Alemán, Juárez y Nerio (2015), Propuesta de Diseño Geométrico de 5.0 km de vía de acceso vecinal montañosa, final col. Quezaltepeque-Cantón Victoria, Santa Tecla, La Libertad, utilizando software especializado para diseño de carreteras” Universidad de Salvador
- Alvarez-Castillo, D. A. (2019). Anteproyecto de Diseño geométrico de Calle Portones, Calle Loma Linda y Calle Nazareth en San Rafael de Alajuela.
<https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/11027>
- Barquero, K. (2017). Carreteras ticas en el tercer lugar de las peores en América. Larepublica.net. Retrieved July 11, 2024, from
<https://www.larepublica.net/noticia/carreteras-ticas-en-el-tercer-lugar-de-las-peores-en-america>

- Bustamante Pérez, G. S. (2017). Diseño del Pavimento con Sistema de Drenaje Pluvial Urbano para el Asentamiento Humano la Galaxia, Distrito Miraflores, Provincia y Departamento de Arequipa.
- Carrillo (2019) Estudio del camino vecinal km 12 de la vía Macas hasta la comunidad de Chorreras, en la parroquia Veracruz, provincia de Pastaza y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes del sector, en el año 2019, en la Universidad de Ecuador
- Chaverri, J. (2007). Evaluación de Seguridad Vial, Seguimiento a las acciones correctivas recomendadas por la Auditoría de Seguridad Vial del LanammeUCR al tramo en servicio: San Isidro - Río Convento, sección 0+000 a 7+600. Informe de Auditoría Técnica Externa LM-AT-134-10. LanammeUCR.
- Chaverri, J. (2007). Evaluación del Tramo en Servicio: San Isidro-Río Convento, Sección 0+000 A 7+600. Informe de Asesoría Sobre Seguridad Vial Lm-Ic-D-0660-07.
- Creswell, J. W. (2014). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. SAGE Publications.
- Cordero Vargas, T. (2016). Seminario de Investigación: La incapacidad estatal para satisfacer las necesidad de infraestructura vial en Costa Rica.
<https://repositorio.ulacit.ac.cr/bitstream/handle/20.500.14230/7482/013118.pdf?sequence=1>
- Design Division of Texas Department of Transportation of USA. Texas Frontage Road Policy. Extraído el 23 de abril, 2011, de
<ftp://ftp.dot.state.tx.us/pub/txdotinfo/pio/newsrel/frgeninfo.pdf>
- Dirección general de vialidad. (1964). Normas y diseños para la construcción de carreteras (4ta ed. en español). Costa Rica.

- Dobles, M. (2006). Trazado y diseño geométrico de vías. Costa Rica: Editorial UCR.
- Espinoza Freire, Eudaldo Enrique. (2019). Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. Segunda parte. Conrado, 15(69), 171-180. Epub 02 de septiembre de 2019. Recuperado en 28 de junio de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442019000400171&lng=es&tlng=es.
- Estado de la Nación. (2022). Las presas cuestan más de \$3 mil (¢1,8 millones) al año. Recuperado de <https://estadonacion.or.cr/informes/>
- Flick, U. (2014). La gestión de la calidad en investigación cualitativa. Madrid, España: Ediciones Morata.
- INEC (2020). Congestionamiento Vial le Costara hasta un 3.8% del PIB a Costa Rica cada año. Extraído de <https://semanariouniversidad.com/pais/congestionamiento-vial-le-costaria-hasta-un-38-del-pib-a-costarica-cada-ano/>
- Hernández, O. (2012). Estadística elemental para Ciencias Sociales. (Tercera Edición). San José, Costa Rica: UCR.
- Hernández Vega, H., & Tello Villegas, M. D. (2016). Determinación de parámetros de carga para diseño estructural de pavimentos en Costa Rica.
- Kockelman, K., Bouldin, C., Hakimi, S. & Machemehl, R. (2004). Freeway Design Decisions for Revised Frontage Road Policy. USA: Center for Transportation Research at University of Texas at Austin.
- Kockelman, K., Machemehl, R., Overman, A.W., Madi, M. & Peterman, J. (2003). Frontage Roads: Assessment of Legal Issues, Design Decisions, Costs, Operations, and LandDevelopment Differences. Journal of Transportation Engineering, 129 (3), 242-252

Kraemer, C., Pardillo, J.M., Rocci, S., Romana, M., Blanco, V.S. & Del Val, M.A.

(2004). Ingeniería de carreteras. México D.F: McGraw-Hill/ Interamericana de México S.A.

Lanamme UCR.

Leclair, R. 2004. MANUAL CENTROAMERICANO DE NORMAS PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS REGIONALES. Guatemala

Magaña Urzua, C. E. (2018). La afectación del espacio público en la accesibilidad y el tránsito de las personas.

http://riberdis.cedid.es/bitstream/handle/11181/5478/La_afectaci%F3n_del_espacio_p%FAblico_en_la_accesibilidad_y_el_tr%E1nsito_de_las_personas.pdf?sequence=1

Mark, A. & Marek, P.E. (2010). Roadway Desing Manual. USA: Texas Department of Transportation. Extraído el 24 de abril, 2011, de

<http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/rdw/preface.html>

Mendoza, A., De los Ángeles, D. (2021). Propuesta de diseño de pavimento y diseño geométrico horizontal y vertical de 1.9 km en San Rafael de Heredia, calles La Saca, Naranjo y La Escuela.

Muñoz, G. P. (2016). Desarrollo de curvas de deterioro para pavimento flexible y factor de incertidumbre. Infraestructura Vial, 18(31), 30-38.

<https://www.scielo.sa.cr/pdf/infraestructura/v18n31/2215-3705-infraestructura-18-31-00030.pdf>

MOPT (2023). Por qué Costa Rica planea retomar proyecto carretero en 2023.

Extraído de <https://www.bnamericas.com/es/reportajes/por-que-costa-rica-planea-retomar-proyecto-vial-en-2023>

Pirota, D. (2004). La señalización vial y su impacto actual sobre el usuario de la vía.

Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial, 24.449/95.

Orozco, C. (2008). Obras a implementar en el diseño de una carretera desde el punto de

Quintero-González, J. R. (2017). Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible. *Ambiente y desarrollo*, 21(40), 57-72.

Rodríguez, A., & Oviedo, D. (2017). Señalización y seguridad vial en buses de tránsito rápido. *Infraestructura Vial*, 19(33), 15-22.

Restrepo Vásquez, D. A. (2022). Movilidad accesibilidad universal y seguridad vial en el municipio de maceo alternativas para mejorar.

https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/30506/1/RestrepoDayana_2022_MovilidadAccesibilidadUrbana.pdf

Referencia: Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education.

SIECA. (2001). *Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito*. Ciudad de Guatemala: Secretaría de Integración Económica Centroamericana.

SIECA. (2011). *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras con enfoque de gestión de Riesgo y Seguridad Vial*.

SIECA. (2016). *Manual de Consideraciones Técnicas Hidrológicas e Hidráulicas para la Infraestructura Vial en Centroamérica*. San Salvador.

Scipion, E. (2000). *Diseño de Carreteras: Caminos I*. Extraído el 23 de abril, 2011, de <http://es.scribd.com/doc/25316091/Manual-de-Diseno-de-Carreteras>.

Terán (2015). “Las condiciones actuales de la vía río blanco – Pucayaca Parroquia Pilahuín cantón Ambato provincia de Tungurahua y su incidencia en el desarrollo socioeconómico del sector”, de la Universidad de Ambato en el Ecuador.

vista de seguridad vial. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Villalobos, F. (2018, October 22). Latinoamérica: ¿Cuál país posee las mejores carreteras de América Latina? — Federico Villalobos. Federico Villalobos | Especialista Infraestructura, Financiamiento, Proyec.

<https://federicovillalobos.com/blog/competitividad2018>

Vargas Alas, L. G., & Villalobos Vega, E. (2019). Condición estructural y de conservación de los puentes en rutas estratégicas de la red vial nacional costarricense: estado, causa y enfoques para atender el problema.

https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/2104/Luis_Guillermo_Vargas_articulo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vásquez Rodríguez, J. A. (2019). La política pública de la infraestructura vial nacional de Costa Rica (1998-2014).

<https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/79257/Tesis%20doctoral%20Pol%C3%ADtica%20P%C3%ABlia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Yang H, & Huang. (2004). Pavement Analysis and Design. Kentucky: Pearson.

APÉNDICES

Cuestionario Selectivo #1

El objetivo principal del cuestionario es validar la propuesta de diseño para la carretera Cuesta Grande en el cantón de Goicoechea, San José, considerando la perspectiva del usuario de las vías de acceso en su condición actual para el segundo cuatrimestre de 2024.

A continuación, te presento un cuestionario de 20 preguntas para personas que pueden ayudar a validar la propuesta de diseño:

Sección 1: Información general

¿Cuál es su relación con la carretera Cuesta Grande (residente, trabajador, visitante, etc.)?

¿Cuántas veces al mes utiliza la carretera Cuesta Grande?

¿Cuál es su principal motivación para utilizar la carretera Cuesta Grande (trabajo, educación, comercio, etc.)?

Sección 2: Experiencia actual

¿Cómo describiría su experiencia actual al utilizar la carretera Cuesta Grande (segura, insegura, accesible, inaccesible, etc.)?

¿Ha experimentado algún problema o inconveniente al utilizar la carretera Cuesta Grande (tráfico, seguridad, acceso, etc.)?

¿Cuál es el principal problema que enfrenta al utilizar la carretera Cuesta Grande?

Sección 3: Accesibilidad y movilidad

¿Considera que la carretera Cuesta Grande es accesible para personas con discapacidad?

¿Ha experimentado algún obstáculo al utilizar la carretera Cuesta Grande debido a su discapacidad?

¿Considera que la carretera Cuesta Grande es segura para peatones y ciclistas?

Sección 4: Seguridad vial

¿Ha experimentado algún incidente o accidente al utilizar la carretera Cuesta Grande?

¿Considera que la carretera Cuesta Grande es segura para los usuarios?

¿Qué medidas considera que serían efectivas para mejorar la seguridad vial en la carretera Cuesta Grande?

Sección 5: Comunicación y señalización

¿Considera que la señalización en la carretera Cuesta Grande es clara y efectiva?

¿Ha experimentado algún problema al entender las señales en la carretera Cuesta Grande?

¿Considera que la comunicación entre los usuarios y los responsables de la carretera Cuesta Grande es efectiva?

Sección 6: Otras consideraciones

¿Considera que la carretera Cuesta Grande es adecuada para el tráfico actual y futuro?

¿Ha experimentado algún problema al utilizar la carretera Cuesta Grande debido a la falta de espacios verdes o áreas de recreación?

¿Considera que la carretera Cuesta Grande es adecuada para personas de todas las edades y capacidades?

Sección 7: Propuesta de diseño

¿Qué características de diseño considera que serían beneficiosas para la carretera Cuesta Grande (ancho de carril, reducción de giros a la izquierda, prohibición de parqueo en calzada, etc.)?

¿Qué sugerencias tiene para mejorar la carretera Cuesta Grande en general?

Este cuestionario busca recopilar información valiosa sobre la experiencia actual de los usuarios de la carretera Cuesta Grande y sus sugerencias para mejorar la

propuesta de diseño. Al analizar las respuestas, se puede validar o ajustar la propuesta de diseño para asegurar que se satisfagan las necesidades y expectativas de los usuarios.

Cuestionario general #2

Aquí te presento un cuestionario de 20 preguntas tipo Likert para validar la propuesta de diseño geométrico de la carretera Cuesta Grande en el cantón de Goicoechea, San José, considerando la perspectiva del usuario de las vías de acceso en su condición actual para el segundo cuatrimestre de 2024:

Por favor marcar la respuesta que más corresponda.

1. La carretera Cuesta Grande es segura para los usuarios.
 - a. Si
 - b. No
 - c. Tal vez
2. La señalización en la carretera Cuesta Grande es clara y efectiva.
 - a. Si
 - b. No
 - c. Tal vez
3. La carretera Cuesta Grande es accesible para personas con discapacidad.
 - a. Si
 - b. No
 - c. Tal vez
4. La carretera Cuesta Grande es adecuada para el tráfico actual y futuro.
 - a. Si
 - b. No
 - c. Tal vez
5. La carretera Cuesta Grande es segura para peatones y ciclistas.
 - a. Si
 - b. No

- c. Tal vez
6. La carretera Cuesta Grande es segura durante las horas pico.
- a. Si
 - b. No
 - c. Tal vez
7. La semaforización en la carretera Cuesta Grande es adecuada.
- a. Si
 - b. No
 - c. Tal vez
8. La carretera Cuesta Grande cuenta con suficiente iluminación.
- a. Si
 - b. No
 - c. Tal vez
9. La carretera Cuesta Grande es adecuada para el transporte público.
- a. Si
 - b. No
 - c. Tal vez
10. La carretera Cuesta Grande cuenta con suficientes cruces peatonales seguros.
- a. Si
 - b. No
 - c. Tal vez
 - d.

Este cuestionario se diseñó para evaluar el nivel de acuerdo o desacuerdo de los usuarios con diferentes aspectos relacionados con la seguridad, accesibilidad,

movilidad y diseño de la carretera Cuesta Grande. Al analizar las respuestas, se puede identificar áreas de mejora y validar la propuesta de diseño geométrico.

