

**DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN CALLE 12
(AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN
DE PASTO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**Ing. LEIDY DAYANA MONTENEGRO
Ing. CARMEN LUCIA VELASCO GALLEGO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE VÍAS Y TRANSPORTE
POPAYÁN
2022**

**DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN CALLE 12
(AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN
DE PASTO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**



**Ing. LEIDY DAYANA MONTENEGRO
Ing. CARMEN LUCIA VELASCO GALLEGO**

**Informe final de Trabajo de Grado
para optar al título de Magíster en Ingeniería de Vías Terrestres
Modalidad Profundización**

Director: Msc. Hernán Nope Rodríguez

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE VÍAS Y TRANSPORTE
POPAYÁN
2022**

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Civil
Posgrados

ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

Fecha: 16 de diciembre de 2022

Hora:

Lugar Facultad de ingeniería Civil

Programa: Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres

Modalidad: Investigación Profundización

Título del trabajo: DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN CALLE 12
(AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, EN EL MUNICIPIO
DE SAN JUAN DE PASTO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO.

Autores: Leidy Dayana Montenegro
Carmen Lucia Velasco Gallego

Director: Msc. Hernán Nope Rodríguez.

Concepto: Aprobado Aprobado con observaciones No aprobado

. Msc. Aldemar José González Fernández - Jurado Interno.

Msc. Leidy Alejandra Paz Ante - Jurado Externo.

Popayán, diciembre 2022

DEDICATORIA.

*A mi esposo Pablo Andrés y mis hijos
Juan Pablo y Santiago Andrés,
mis amores nunca olviden que mi esfuerzo y
cada paso que doy siempre es y será por ustedes.*

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su infinito amor y fuente inagotable de sabiduría; a mamita María por cuidar todos los días de mi vida e iluminarme siempre en todos los pasos que he dado, a San José mi guardián y fiel escudero.

A mis padres, Belmar y Carmen Helina († *Requiescat in pace*), por enseñarme la disciplina, responsabilidad, esfuerzo y dedicación al estudio, a ustedes mi eterno respeto, honra y gratitud.

A mi esposo, Pablo Andrés por ser mi mayor apoyo, por creer siempre en mí, por tu cariño, comprensión, paciencia, a ti, mi amor y fidelidad por siempre.

A mis hijos, Juan Pablo y Santiago Andrés, por su cariño, alegría, inocencia, entusiasmo, ustedes son mi motor y mi razón de ser una mejor mamá y profesional.

A mis hermanos Franklin Andrés, Leidy Johana, María Rosario y sobrinos Abril, Manuel Alejandro y Lina María por su fraternidad, confianza y ternura.

A mi tutor, Hernán Nope, infinitas gracias por ser mi apoyo y guía durante este proceso de aprendizaje.

A mi Universidad del Cauca, en especial al programa de Maestría en Vías Terrestres, por contribuir al desarrollo del país y a la formación de profesionales éticos al servicio de la sociedad, fiel a su lema "Posteris Lvmen Moritvrvs Edat" (Quién ha de morir deje su luz a la posteridad).

Carmen Lucía

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Alveiro y Jackelyne, por ser mi fuerza y mi soporte siempre, por estar para mí en todos los momentos de mi vida.

A mis hermanos Byron y Angie, por inspirarme a ser mejor cada día, por darme palabras de aliento siempre y porque nunca han dejado de creer en mí.

A mis preciosas hijas, Samantha y Celeste, mi razón de todo y quienes hacen posible, las amo con todo mi corazón.

También quiero agradecer a la Universidad del Cauca, directivos y profesores por la organización del programa de Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres.

Leidy Montenegro

TABLA DE CONTENIDO

| | PAG. |
|--|------|
| 1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA..... | 15 |
| 2. JUSTIFICACIÓN | 17 |
| 3. OBJETIVOS | 18 |
| 3.1 OBJETIVO GENERAL..... | 18 |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 18 |
| 4. MARCO TEÓRICO..... | 19 |
| 4.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO. | 19 |
| 4.1.1 Localización general..... | 19 |
| 4.1.2 Localización específica del proyecto. | 20 |
| 4.2 ESTUDIO DE TRÁNSITO..... | 23 |
| 4.2.1 Conteos de tránsito. | 23 |
| 4.2.2 Cálculo de la tasa de crecimiento..... | 23 |
| 4.3 ESTUDIO TOPOGRAFICO. | 24 |
| 4.3.1 Recopilación de información existente. | 24 |
| 4.3.2 Trabajo de oficina..... | 24 |
| 4.4 DISEÑO GEOMETRICO..... | 25 |
| 4.4.1 Metodología general del diseño geométrico..... | 25 |
| 4.4.1.1 Recopilación y revisión de estudios previos. | 25 |
| 4.4.1.2 Reconocimiento de la infraestructura vial. | 25 |
| 4.4.1.3 Parámetros de diseño geométrico | 25 |
| 4.4.1.4 Diseño y selección de la alternativa definitiva..... | 25 |
| 4.4.1.5 Edición final. | 25 |
| 5. METODOLOGIA..... | 27 |
| 5.1 ALCANCE | 27 |
| 5.2 LIMITACIONES | 27 |
| 5.3 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN..... | 27 |
| 5.3.1 Plan de ordenamiento territorial. | 27 |
| 5.3.2 Información Agencia Nacional de Infraestructura..... | 28 |

| | | |
|----------|--|----|
| 5.3.3 | Registros de siniestralidad. | 30 |
| 5.4 | VISITA DE CAMPO | 34 |
| 5.4.1 | Condiciones existentes seguridad vial. | 37 |
| 5.5 | ESTUDIO DE TRÁNSITO..... | 39 |
| 5.5.1 | Alcance | 39 |
| 5.5.2 | Aforos vehiculares..... | 39 |
| 5.6 | PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION DE CAMPO..... | 40 |
| 5.7 | PROYECCION DEL TRANSITO..... | 42 |
| 5.7.1 | Calculo tasa de crecimiento | 42 |
| 5.7.1.1 | Calculo tasa de crecimiento con datos del Instituto Nacional de Vías. 42 | |
| 5.7.1.2 | Calculo tasa de crecimiento con datos Ministerio de Transporte. 44 | |
| 5.8 | CALCULO FLUJO VEHICULAR FUTURO (Q15) | 47 |
| 5.8.1 | Calculo capacidad de la glorieta..... | 48 |
| 5.9 | TOPOGRAFÍA. | 49 |
| 5.9.1 | Información existente. | 49 |
| 5.9.2 | Georreferenciación..... | 49 |
| 5.9.3 | Trabajo de oficina..... | 49 |
| 5.10 | ALTERNATIVAS DE DISEÑO GEOMETRICO..... | 49 |
| 5.10.1 | Alternativa 1 paso a desnivel tipo trompeta..... | 50 |
| 5.10.1.1 | Análisis de la alternativa 1 – intersección a desnivel tipo trompeta. 50 | |
| 5.10.2 | Alternativa 2 intersección a desnivel calzada principal N-S con intersección a nivel semaforizada. | 52 |
| 5.10.2.1 | Análisis de la alternativa 2 – intersección a desnivel calzada principal N-S con intersección a nivel semaforizada. | 52 |
| 5.10.3 | Alternativa 3 intersección a desnivel - calzada principal elevada S-N y calzada principal deprimida N-S sobre la glorieta a nivel. | 54 |
| 5.10.3.1 | Análisis de la alternativa 3 – intersección a desnivel calzada principal elevada S-N y calzada principal deprimida N-S sobre la glorieta a nivel. 54 | |
| 5.10.4 | Alternativa 4 intersección calzada principales N-S y S-N elevadas sobre glorieta a nivel. | 55 |
| 5.10.4.1 | Análisis de la alternativa 4 – intersección calzada principal N-S y S-N elevadas sobre glorieta a nivel..... | 56 |

| | | |
|----------|---|----|
| 5.11 | DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA..... | 58 |
| 5.11.1 | Matriz de selección..... | 58 |
| 5.11.2 | Criterios de diseño geométrico..... | 58 |
| 5.11.2.1 | Velocidad de diseño glorieta..... | 58 |
| 5.11.2.2 | Tipo de terreno | 59 |
| 5.11.2.3 | Velocidad de diseño calzada elevada..... | 59 |
| 5.11.3 | Parámetros de diseño en planta | 60 |
| 5.11.3.1 | Radio mínimo y peralte máximo | 60 |
| 5.11.3.2 | Dimensionamiento sección típica de la calzada desnivel. | 61 |
| 5.11.3.3 | Dimensionamiento ramales de enlace..... | 63 |
| 5.11.3.4 | Bombeo | 64 |
| 5.11.3.5 | Longitud carril de aceleración y desaceleración | 64 |
| 5.11.4 | Parámetros de diseño geométrico..... | 65 |
| 5.11.5 | Procedimiento de diseño geométrico | 66 |
| 5.12 | CALCULO NIVELES DE SERVICIO..... | 67 |
| 6. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 70 |
| 7. | BIBLIOGRAFÍA | 73 |
| 8. | ANEXOS | 74 |
| 8.1 | Anexo 1. Placas de control topográfico – EMPOPASTO..... | 74 |
| 8.2 | Anexo 2. Plan de ordenamiento territorial San Juan de Pasto POT 2014-2027 e Informe de Gestión Concesionaria Vial de Sur, año 2020..... | 74 |
| 8.3 | Anexo 3. Reporte Accidentes de tránsito años 2018 a septiembre de 2022. 74 | |
| 8.4 | Anexo 4. Cálculo tránsito..... | 74 |
| 8.5 | Anexo 5 Topografía | 74 |
| 8.6 | Anexo 6. Diseño geométrico..... | 74 |

LISTA DE TABLAS

| | pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Unidades funcionales concesión vial Rumichaca - Pasto | 29 |
| Tabla 2 Registros de siniestralidad en la calle 12 con carrera 4 – año 2.012. | 30 |
| Tabla 3 Registros de siniestralidad calle 12 con carrera 4 – Año 2.013 | 31 |
| Tabla 4 Registros de siniestralidad calle 12 con carrera 4 – Año 2.014 | 31 |
| Tabla 5 Registros de siniestralidad calle con carrera 4 – Año 2.015 | 31 |
| Tabla 6 Registros de siniestralidad calle 12 con carrera 4 – Año 2.016 (hasta abril de 2016) | 32 |
| Tabla 7 Análisis de los siniestros ocurridos en la zona de influencia de la intersección. | 32 |
| Tabla 8. Registros de accidentalidad calle 12 carrera 4 – año 2.018 a septiembre de 2022. | 33 |
| Tabla 9 Estación de aforo vehicular. | 40 |
| Tabla 10 Resultado del cálculo promedio vehicular periodos de 15 min Movimiento Norte -Sur. | 41 |
| Tabla 11 Calculo hora pico en el movimiento 1 sentido Norte – Sur | 42 |
| Tabla 12 Conteos de tránsito estación 309 INVIAS. | 42 |
| Tabla 13 Cálculo tasa de crecimiento | 44 |
| Tabla 14 Resumen Modelos de Regresión – Calculo tasa de crecimiento vehicular. | 44 |
| Tabla 15 Serie histórica parque automotor | 45 |
| Tabla 16 Resumen modelos de regresión – Calculo tasa de crecimiento vehicular. | 46 |
| Tabla 17 Resumen Número de Carriles requeridos. | 47 |
| Tabla 18 Calculo Reserva de Capacidad, Rc | 48 |
| Tabla 19 Coordinadas placas EMP063 y EMP064 | 49 |
| Tabla 20. Matriz de Selección Multicriterio | 58 |
| Tabla 21 Valores Velocidad de diseño. | 59 |
| Tabla 22. Radio de Curvatura Mínimo (Rmin). | 60 |
| Tabla 23 Radio mínimo para peralte máximo $e_{max}=8\%$ y fricción máxima. | 60 |
| Tabla 24 Radio mínimo en función e y f. | 61 |
| Tabla 25. Anchos de calzada ramales de enlace entrada o salida en función del radio. | 63 |
| Tabla 26 Sección típica ramales. | 64 |
| Tabla 27. Longitud mínima carriles de aceleración y desaceleración | 64 |
| Tabla 28 Consolidado parámetros de diseño geométrico alternativa 4 – Ejes elevados. | 65 |
| Tabla 29 Criterios de diseño de glorietas | 65 |

LISTA DE ILUSTRACIONES

| | pág. |
|--|------|
| Ilustración 1 Mapa Político de Colombia..... | 20 |
| Ilustración 2 Mapa Político de Nariño | 20 |
| Ilustración 3 Mapa Político de Pasto..... | 20 |
| Ilustración 4 Localización específica del proyecto. | 21 |
| Ilustración 5 Vista general vía Panamericana..... | 21 |
| Ilustración 6. Vista general ramal sur..... | 22 |
| Ilustración 7 Carrera 4 -vía sin conexión..... | 22 |
| Ilustración 8 Vista general carrera 4. | 22 |
| Ilustración 9 Corredor vial ruta 2501 Rumichaca – Pasto | 29 |
| Ilustración 10 Siniestros por tipo de vehículo involucrado. | 32 |
| Ilustración 11 Clase de siniestro | 33 |
| Ilustración 12 Siniestro de tránsito por Gravedad | 33 |
| Ilustración 13 gravedad del siniestro..... | 34 |
| Ilustración 14 Vista general acceso Norte | |
| Ilustración 15 Vista General Acceso Sur | 35 |
| Ilustración 16 Deficiencia control de tráfico..... | 35 |
| Ilustración 17 Se observa conflictos de cruce..... | 35 |
| Ilustración 18 Estacionamiento sobre los andenes..... | 35 |
| Ilustración 19 Estacionamiento inadecuado..... | 36 |
| Ilustración 20 Intervención ANI..... | 36 |
| Ilustración 21 PR 83+000 Concesión Vial ruta 2501 | 36 |
| Ilustración 22 Deterioro capa de rodadura cra 4 | 36 |
| Ilustración 23 Baches, hundimientos y fisuras. | 37 |
| Ilustración 24 Puente Chapal sobre carrera 4..... | 37 |
| Ilustración 25 Punto de aforo y movimientos registrados..... | 40 |
| Ilustración 26 Automóviles directos equivalentes (ADE) | 41 |
| Ilustración 27 Regresión lineal..... | 41 |
| Ilustración 28 regresión exponencial..... | 43 |
| Ilustración 29 Regresión logarítmica | 43 |
| Ilustración 30 regresión potencial..... | 43 |
| Ilustración 31 Regresión lineal | 43 |
| Ilustración 32 regresión logarítmica datos | 45 |
| Ilustración 33 Regresión Exponencial - Ministerio del Transporte. | 46 |
| Ilustración 34 Valores promedio capacidad | 47 |
| Ilustración 35 Alternativa 1 – Diseño en planta a desnivel tipo Trompeta..... | 50 |
| Ilustración 36 Alternativa 2 intersección a desnivel calzada principal N-S con intersección a nivel semaforizada..... | 53 |
| Ilustración 37 Diseño paso a desnivel calzada NS deprimida y calzada S- sobre la glorieta existente..... | 55 |

**DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4,
MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.**

ING. LEIDY D. MONTENEGRO

ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

| | |
|--|----|
| Ilustración 38 Diseño intersección a desnivel calzadas elevadas NS-SN sobre glorieta existente. | 57 |
| Ilustración 39 Parámetros Mínimos Calzadas Elevadas – Puentes | 62 |
| Ilustración 40 Sección típica calzadas elevadas N-S y S-N | 62 |
| Ilustración 41 Sección típica Glorieta a Nivel | 63 |
| Ilustración 42 Nivel de servicio F Intersección Calle 12 con Carrera 4. | 67 |
| Ilustración 43 Congestión vehicular en condiciones iniciales de la intersección. | 68 |
| Ilustración 44 Perfil de velocidades con la alternativa 4. | 68 |
| Ilustración 45 Modelación Vehicular Alternativa 4. | 69 |

RESUMEN

Este proyecto de maestría bajo la modalidad de profundización se encuentra localizado en Colombia, Departamento de Nariño, municipio de San Juan de Pasto, específicamente en la intersección Calle 12 (Av. Panamericana) con Carrera 4, en el cual se plantea diseñar una intersección a desnivel de acuerdo con la normatividad vigente en el Manual de diseño geométrico del Instituto Nacional de Vías 2008, la norma la internacional “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets AASHTO, 2001” y las consideraciones del libro Vías Urbanas Una Ciudad para todos Arboleda, 2020; lo anterior con el propósito de generar un diseño funcional, cómodo y seguro para los usuarios de la ciudad de San Juan de Pasto, disminuyendo los tiempos de desplazamiento, congestión vehicular, el número de conflicto de entrecruzamiento, costos de operación, índices de accidentalidad.

El trabajo de grado se realizó en 5 fases, las cuales consistieron en revisión y análisis de información existente, análisis situación actual o sin proyecto, estudio de tránsito, levantamiento topográfico y diseño geométrico de la intersección a desnivel.

Palabras claves: Diseño geométrico intersección a desnivel, intersección a desnivel Chapal.

ABSTRACT

The masters study, through the modality of deepening, is carried out in Colombia, in the department of Nariño in San Juan de Pasto municipality. This project specifically takes place in the intersection between Calle 12 (Panamericana Avenue) and Carrera 4. The place previously described is characterized by heavy traffic, crossingroads conflict, time-consuming mobility, high accidental risk and operational costs. As a solution to these problems, it is proposed to design an uneven intersection which meets the current regulations of the Geometrical Desing Manual of the Instituto Nacional de Vías 2008, also the international regulation A Policy on Geometric Design of Highways and Streets AASHTO 2001 and the considerations of the book Vías Urbanas una Ciudad para Todos Arboleda, 2020. Therefore, the generated design is geometrically functional, comfortable and safe for the users at San Juan de Pasto.

The study was developed in five different stages which are: previous studies and information revision, analysis of the current situation without the proposal, traffic study, topographic survey and geometrical design of the uneven intersection.

Key words: Geometrical design, uneven intersection, Chapal uneven intersection.

INTRODUCCIÓN

La intersección de la Calle 12 (vía Panamericana) con Carrera 4 se encuentra ubicada en un corredor importante de movilidad de la ciudad de San Juan de Pasto, es la única vía que conecta a Colombia con el departamento de Nariño y con el país de Ecuador, por lo que es un importante corredor para el desarrollo económico de la región y el país.

De acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial de Pasto 2014 – 2027¹ el uso del suelo urbano del área de influencia del proyecto corresponde a áreas de actividad residencial, comercio y servicios con mezcla de usos media. Lo que ha generado un crecimiento del casco urbano de la ciudad de San Juan de Pasto hacia el sur, originando que la ruta 2501 Rumichaca – Pasto, a cargo de la Agencia Nacional de Infraestructura ANI se mezcle tráfico de orden nacional, intermunicipal y urbano, lo que ocasiona disminución de los tiempos de desplazamiento, congestión vehicular, altos costos de operación, bajos niveles y capacidad de servicio, conflictos de entrecruzamiento y altos índices de siniestralidad, según los registros de la Secretaria de Transito de San Juan Pasto.

Por las razones anteriormente expuestas, se hace necesario plantear un diseño geométrico con un paso a desnivel en la intersección de la Calle 12 con Carrera 4, con el propósito de aumentar la capacidad y niveles de servicio de acuerdo con la demanda de vehículos que por ella circularan, optimizando la movilidad, seguridad, comodidad y conectividad del área de influencia del proyecto.

Al finalizar la etapa de diseño y elección de la alternativa a desnivel definitiva de acuerdo con los criterios de la matriz de impactos y beneficios del proyecto, se entregarán los documentos técnicos para su implantación, incluyendo las respectivas recomendaciones y conclusiones para la etapa de construcción.

¹ ALCALDIA DE PASTO. Plan de ordenamiento territorial 2014-2027. p 28

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La intersección en la Calle 12 con Carrera 4, en el municipio de San Juan de Pasto, se entrecruzan dos importantes vías, una de las cuales está clasificada como vía arteria mayor² en el sentido Norte-Sur (vía Panamericana) y la segunda es una vía urbana (vía colector)³ en sentido Este-Oeste. Dicha intersección se encuentra a cargo de diferentes entidades estatales de la siguiente forma, por el norte de la calle 12 está a cargo de Alcaldía de San Juan de Pasto al igual de la carrera 4 y por el sur de la calle 12 es administrada por la Agencia Nacional de Infraestructura.

La calle 12 es la principal entrada y salida de productos hacia el sur de Colombia, lo que genera afluencia de vehículos de carga, transporte público y particulares que deben tomar esta ruta para dirigirse hacia el terminal de transporte, ingreso o salida del municipio de San Juan de Pasto. La avenida consta de dos calzadas con dos carriles cada una y sus intersecciones son semaforizadas.

Por el sur de la calle 12, la Agencia Nacional de Infraestructura ejecutó obras de pavimentación de la red concesionada en la Ruta 2501 (ruta de primer orden) mediante el contrato APP 015 de 2015, la cual inicia en Rumichaca PR0+0040 y termina en el PR83+0000 entrada a San Juan de Pasto que corresponde a la abscisa de inicio de la presente propuesta del trabajo de grado.

En cuanto a la carrera 4, es una vía urbana a cargo del municipio de San Juan de Pasto, esta se desarrolla en una calzada con un carril por sentido, se destaca que en el área de influencia del sector se encuentran diferentes instituciones educativas lo que genera afluencia de vehículos particulares y de servicio público provocando congestión vehicular, así mismo se tiene afluencia de vehículos de carga por la plaza de mercado El Potrerillo que deben transitar por la carrera 4 para conectarse con la calle 12.

Por otro lado, la intersección de la Calle 12 con la Carrera 4 presenta congestión vehicular debido a la presencia de zonas residencial y comerciales como ferreterías, centro de acopios de materiales, canteras, la entrada y salida de vehículos de carga, presencia de zonas escolares y el estadio Libertad. Al mismo tiempo, se presenta un embotellamiento debido a que la concesión se desarrolla en una sola calzada con dos carriles y desemboca en la Vía Panamericana la cual presenta una sección de dos calzadas con dos carriles.

En cuanto a los usuarios de la intersección se cuenta con la presencia de peatones, vendedores ambulantes, ciclistas, motociclistas, vehículos, transporte de carga municipal, nacional, internacional y público de pasajeros, lo que ha generado

² <https://www.pasto.gov.co/index.php/nuestro-municipio/vias-acceso>

³ Ibidem

**DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4,
MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.**

ING. LEIDY D. MONTENEGRO

ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

conflictos entre usuarios como choques y atropellamientos. También se destaca la que la señalización vertical y horizontal es deficiente y la falta de cultura vial ha producido estacionamiento de vehículos de carga y pasajeros en sitios prohibidos como andenes o sobre la calzada de las carreteras lo que ha generado la saturación de la intersección.

Por otra parte, en el año 2014 el Sistema Estratégico de Transporte Publico AVANTE SETP ejecutó el contrato No. CC-2014-002 “Consultoría de estudios técnicos y diseños para vías urbanas que hacen parte del sistema estratégico de transporte público en el municipio de Pasto”; dichos estudios propusieron el diseño de una glorieta a nivel en la intersección de la calle 12 con carrera 4.

Aunado a lo anterior, durante la ejecución del presente trabajo de grado, el Sistema Estratégico de Transporte Publico AVANTE SETP adjudicó la obra pública “Construcción de la Glorieta a nivel Chapal”; teniendo en cuenta esta circunstancia, el trabajo de grado propone una solución a desnivel que se adapte a las condiciones vigentes del sector como una de las alternativas de solución vial. Así mismo, se plantea tres soluciones de diseño geométrico a desnivel bajo los parámetros de la normatividad INVIAS.

2. JUSTIFICACIÓN

En el municipio de San Juan de Pasto, la intersección de la Calle 12 (Avenida Panamericana) con la Carrera 4, presenta problemas de seguridad vial, movilidad, conflictos de cruce, capacidad y niveles de servicio.

En lo referente a la siniestralidad del área de influencia de calle 12 con carrera 4, la secretaría de tránsito de la Alcaldía de San Juan de Pasto registran un total 47 de siniestros entre los años 2012 a abril 2016, cifra que se aumentó a 174 siniestros entre los años 2018 a septiembre de 2022. Así mismo se reporta que en los años 2012 a 2018 el número de fatalidades eran cero (0), sin embargo, este panorama cambia entre los años 2018 a septiembre 2022 dado que en este periodo se han presentado 7 fatalidades.

Por otra parte, durante el desarrollo del trabajo de grado, el Sistema Estratégico de Transporte Publico AVANTE SETP⁴ está llevando a cabo la obra pública “Construcción de la Glorieta a nivel Chapal” con una inversión total del proyecto de 6.400 millones de pesos y la ANI ejecutó obras de mejoramiento en la Ruta 2501 pero su objeto no contempló la intervención en la intersección objeto de este proyecto de maestría.

Por las razones anteriormente descritas, es necesario plantear una solución de diseño geométrico a desnivel que se ajuste a las nuevas condiciones de la obra de la intersección calle 12 (Vía Panamericana) con Carrera 4, aumento de la siniestralidad y a las inversiones realizadas por las entidades gubernamentales.

Como solución a esta problemática de movilidad, capacidad vial y conflictos entre los usuarios de la intersección, se plantearon cuatro alternativas de diseño geométrico y de acuerdo con el alcance del presente trabajo de grado se viabilizó una (1) alternativa de diseño geométrico cumpliendo con la normatividad colombiana vigente, mejorando la conectividad de la intersección de la Calle 12 con Carrera 4 en el municipio de San Juan de Pasto.

⁴ <https://www.pasto.gov.co/index.php/nuestras-obras/14327-junto-a-avante-setp-adjudicamos-la-construccion-de-la-glorieta-chapal-y-obras-complementarias>

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Mejorar las condiciones de conectividad y seguridad vial en la intersección de la Calle 12 (Av. Panamericana) con Carrera 4.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos se plantean los siguientes:

- Establecer la capacidad y nivel de servicio de la Calle 12 (Av. Panamericana) con Carrera 4.
- Determinar una (1) alternativa de diseño geométrico cumpliendo con la normatividad colombiana vigente, mejorando la conectividad de la intersección de la Calle 12 (Av. Panamericana) con Carrera 4, municipio de Pasto (Nariño).

4. MARCO TEÓRICO

El trabajo de grado a nivel de profundización tiene como fundamento teórico el “Manual de Diseño Geométrico de Carreteras de Colombia, 2008⁵”, libro de diseño de “Vías Urbanas, Una Ciudad Para Todos Arboleda, 2020⁶”, “Calculo y diseño de glorietas⁷”; “Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para Carreteras de dos Carriles⁸” y “Manual de Señalización Vial Colombiano, 2015⁹”, manuales y documentos que permitieron realizar el diseño geométrico de una intersección a desnivel con estándares de comodidad, seguridad vial y disminución de los tiempo de operación y desplazamiento de los usuarios de la intersección.

4.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

4.1.1 Localización general.

La intersección Calle 12 (Av. Panamericana) con Carrera 4 se localiza en el municipio de San Juan de Pasto, Departamento de Nariño, Colombia.

El municipio de San Juan de Pasto es la capital administrativa del Departamento de Nariño, está ubicado en el centro oriente del departamento, al sur occidente de Colombia, político-administrativamente se divide en 12 comunas y 17 corregimientos. Ocupa una superficie de 6.181 kilómetros cuadrados, su cabecera municipal se ubica a una altitud de 2.527 metros sobre el nivel del mar¹⁰.

⁵ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Instituto Nacional de Vías. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras., INVIAS, 2008

⁶ ARBOLEDA VÉLEZ, German. Vías Urbanas, Una Ciudad Para Todos. 2020.

⁷ ARBOLEDA VÉLEZ, GERMAN; Calculo y diseño de glorietas. 2020

⁸ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Instituto Nacional de Vías. Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para Carreteras de dos Carriles.

⁹ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Instituto Nacional de Vías. Manual de Señalización Vial, Dispositivos Uniformes para la Regulación del Tránsito en las Calles, carreteras y Ciclorrutas de Colombia. 2015

¹⁰ <https://www.pasto.gov.co/index.php/nuestro-municipio/informacion-general>

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

En los siguientes mapas se detalla la localización general del proyecto, así: Figura 1 Mapa Político de Colombia¹¹, Figura 2 Mapa Político de Nariño¹² y Figura 3 Mapa Político de Pasto¹³.

Ilustración 1 Mapa Político de Colombia



Ilustración 2 Mapa Político de Nariño

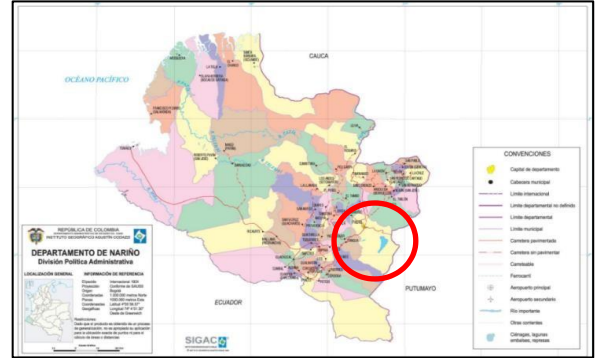


Ilustración 3 Mapa Político de Pasto



Fuente: Pagina web <https://narino.gov.co/departamento/mapa>

4.1.2 Localización específica del proyecto.

El proyecto diseño geométrico de la intersección de la calle 12 con carrera 4 se encuentra localizado en Pasto, Nariño donde se entrecruzan vías a cargo de la ANI, el municipio de Pasto y al Sistema Estratégico de Transporte Publico – AVANTE SETP. (ver Ilustración 4).

¹¹ <https://narino.gov.co/departamento/mapa>
<https://www.pasto.gov.co/index.php/nuestro-municipio/mapas>

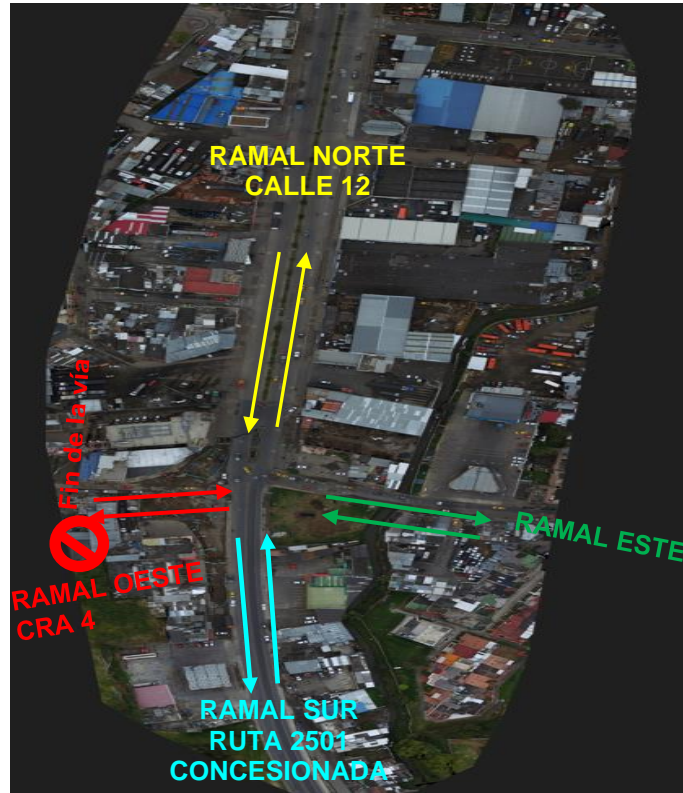
¹² Ibidem

¹³ Ibidem

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

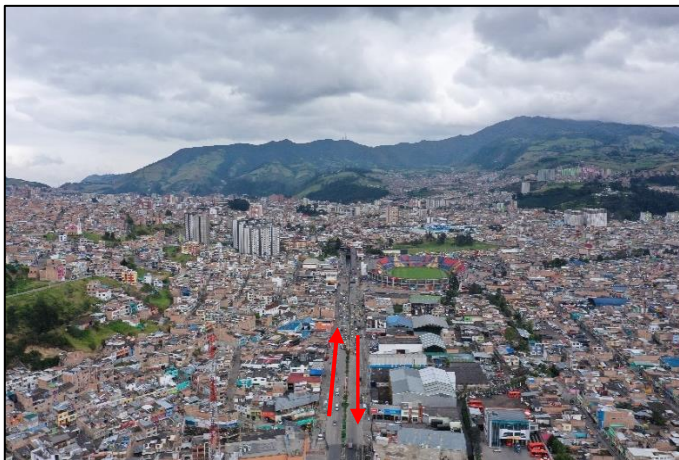
ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

Ilustración 4 Localización específica del proyecto.



Fuente: Elaboración propia, Julio 2021¹⁴.

Ilustración 5 Vista general vía Panamericana.



El ramal norte de la intersección está conformado por el inicio de la Avenida Panamericana o Calle 12 (PR0+000), la cual atraviesa la ciudad de Pasto de norte a sur.

La avenida está conformada por dos calzadas con dos carriles por sentido y está a cargo del Municipio de Pasto, como se indica en la Ilustración 5.

Fuente: Elaboración propia, noviembre 2022.

¹⁴ APRAEZ Javier, levantamiento topográfico y vuelo de dron. 2021.

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

Ilustración 6. Vista general ramal sur.



Por el ramal sur de la intersección termina con la ruta concesionada 2501 sector Puente Internacional Rumichaca PR0+0040– San Juan de Pasto PR83+0000 la cual conecta a Colombia con el Ecuador; esta vía es de primer orden en proceso de construcción. La sección transversal de esta carretera está conformada por una calzada de dos carriles, uno por sentido y está a cargo de la ANI. (ver Ilustración 6)

Fuente: Elaboración propia, noviembre 2022.

Ilustración 7 Carrera 4 -vía sin conexión.

Al occidente de la intersección se encuentra una zona de estacionamiento de vehículos de carga, talleres de mecánica, bodegas. Esta vía urbana está a cargo del municipio de San Juan de Pasto y no tiene conexión con otras vías urbanas (ver Ilustración 7).



Fuente: Elaboración propia, noviembre 2022.

Ilustración 8 Vista general carrera 4.



Fuente: Elaboración propia, noviembre 2022.

Por el ramal oriente se conecta a la Carrera 4, la sección trasversal esta conformadas por una calzada con dos carriles por sentido. (ver Ilustración 8).

4.2 ESTUDIO DE TRÁNSITO

4.2.1 Conteos de tránsito.

Según Cal y Mayor, *“los estudios sobre volúmenes de tránsito se realizan con el propósito de obtener datos reales relacionados con el movimiento de vehículos y/o personas, sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial de carreteras o calles. Dichos datos se expresan en relación con el tiempo, y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de metodologías que permiten estimar de manera razonable, la calidad del servicio que el sistema presta a los usuarios”*¹⁵ Existen diversas formas para obtener los recuentos de volúmenes de tránsito, para lo cual se ha generalizado el uso de aparatos de medición de diversa índole. Estas formas incluyen: los aforos manuales a cargo de personas, los cuales son particularmente útiles para conocer el volumen de los movimientos direccionales en intersecciones, los volúmenes por carriles individuales y la composición vehicular¹⁶.

El estudio de tránsito para el proyecto de maestría tomó como información base el volumen II Estudio de Tránsito del contrato de consultoría No CC-2014-002 *“Consultoría de estudios técnicos y diseños para vías urbanas que hacen parte del sistema estratégico de transporte público en el municipio de Pasto”*¹⁷, el cual consistió en tomar registros para la caracterización de los flujos y movimientos vehiculares y ciclo-usuarios, durante tres días consecutivos, en un periodo de tiempo determinado. Con estos resultados de los aforos se proyectó el tránsito de diseño para el año 2032.

4.2.2 Cálculo de la tasa de crecimiento.

Como afirma Alfonso Montejo¹⁸, el tránsito puede ser estimado con razonable exactitud a partir de datos sobre el tránsito existente y mediante un análisis estadístico de su evolución histórica. El estimativo en mención requiere del conocimiento del valor de la tasa anual de crecimiento del tránsito, el cual es indispensable para efectuar proyecciones a mediano y largo plazo, necesarias para los estudios de pavimentos, tanto en la etapa de diseño como de funcionamiento. Para el cálculo de dicho parámetro es necesario contar con una serie cronológica de datos como la que presenta anualmente la subdirección de apoyo técnico INV en su publicación denominada volúmenes de tránsito. A partir de dichos datos y mediante la aplicación de modelos lineal y exponencial, pues son los que más se

¹⁵ CAL Y MAYOR Rafael; CARDENAS GRISALES James. Ingeniería de Tránsito Fundamentos y aplicaciones. México. Editorial Alfaomega, 1994. p.195.

¹⁶ CAL Y MAYOR Rafael; CARDENAS GRISALES James. Ingeniería de Tránsito Fundamentos y aplicaciones. México. Editorial Alfaomega, 1994, p.195.

¹⁷ CIVILTEC INGENIEROS LTDA.; Contrato CC 2014-002 Estudio de Tránsito, Capacidad y Niveles de Servicio.

¹⁸

ajustan a estas series históricas. Eligiendo para el análisis el modelo que presente la mejor correlación de los valores del tránsito¹⁹.

En este orden de ideas, se tomó los datos de conteo de tránsito de la Territorial Nariño en la estación de No 309 CEBADAL-PASTO y los datos del crecimiento del PARQUE AUTOMOTOR DE VEHÍCULOS – TOTAL NACIONAL y mediante un análisis estadístico se determinará la tasa del crecimiento del proyecto.

4.3 ESTUDIO TOPOGRAFICO.

Citando a Martín García, *“la Topografía (de topos, "lugar", y grafos, "descripción") es la ciencia que estudia los métodos para obtener la representación gráfica de una parte de la superficie terrestre con todos sus elementos, tanto naturales como artificiales”*²⁰.

*“Todo estudio de ingeniería, desde el proyecto de un tramo de carretera o una línea eléctrica hasta el diseño de un sistema de riego, precisa una representación clara y fidedigna del terreno en el que se va a desarrollar. Sobre esta representación, el equipo de ingeniería proyectará las obras a realizar, efectuará los cálculos y valorará los costes y la viabilidad del estudio.”*²¹

4.3.1 Recopilación de información existente.

Para la ejecución de este proyecto se cuenta con el levantamiento topográfico del volumen II del contrato de consultoría No CC-2014-002 *“Consultoría de estudios técnicos y diseños para vías urbanas que hacen parte del sistema estratégico de transporte público en el municipio de Pasto”*. Con este levantamiento se generará el modelo digital del terreno mediante un software de diseño geométrico.

4.3.2 Trabajo de oficina.

Una vez revisada la información existente se realiza el modelo Digital del terreno, insumo para el diseño geométrico de la intersección a desnivel.

¹⁹ MONTEJO Alfonso. Ingeniería de Pavimentos. Bogotá. 2006. p.25.

²⁰ García Martín, A. (2014). Topografía. Cartagena, Spain: Universidad Politécnica de Cartagena. Recuperado de <https://elibro-net.acceso.unicauca.edu.co/es/ereader/unicauca/59887?page=14>.

²¹ GARCÍA MARTÍN, A. (2014). Topografía. Cartagena, Spain: Universidad Politécnica de Cartagena. Recuperado de <https://elibro-net.acceso.unicauca.edu.co/es/ereader/unicauca/59887?page=14>.

4.4 DISEÑO GEOMETRICO

4.4.1 Metodología general del diseño geométrico.

4.4.1.1 *Recopilación y revisión de estudios previos.*

De la recopilación y revisión de la información existente se extrae las características geométricas iniciales del corredor vial con el propósito de realizar los ajustes requeridos de acuerdo con la información de topografía y el estudio de tránsito. También se consultaron los estudios y diseños de Civiltec Ingenieros Ltda en su componentes hidráulico, geotécnico y paisajístico para acatar las recomendaciones técnicas y así plantear un diseño que se ajuste a las condiciones actuales de la intersección vial.

4.4.1.2 *Reconocimiento de la infraestructura vial.*

Mediante visitas de campo se estudió la infraestructura vial existente para determinar las características generales de la intersección, elementos del corredor vial y dimensiones de la sección transversal.

Lo anterior se verificó con la información de los estudios topográficos y vuelo con dron, para proponer un diseño geométrico que se ajuste al trazado inicial y a las características geométricas actuales.

4.4.1.3 *Parámetros de diseño geométrico*

Se analizaron y determinaron los diferentes parámetros que rigen el diseño geométrico vial según la normatividad vigente y basados en las recomendaciones de los estudios previos realizados anteriormente, observando las características del trazado inicial y así ejecutar un diseño acorde con la necesidad de la intersección en estudio.

4.4.1.4 *Diseño y selección de la alternativa definitiva.*

De acuerdo con las condiciones existentes de la intersección vial y una vez se adoptan los parámetros de diseño geométrico de acuerdo con las especificaciones, se procede a la elaboración de los pre diseños para ejecutar una evaluación general de la funcionalidad de la intersección a desnivel, ajustar los prediseños y realizar los diseños definitivos.

Una vez seleccionada la alternativa definitiva se procede a realizar el diseño geométrico de la intersección con sus elementos de las curvas horizontales, verticales, secciones transversales y transición de peralte con el propósito de representarlos gráficamente en planos de acuerdo con los requerimientos de la normatividad del INVIAS.

4.4.1.5 *Edición final.*

Al finalizar el diseño geométrico de la intersección a desnivel se entregarán los siguientes planos y carteras:

**DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4,
MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.**

ING. LEIDY D. MONTENEGRO

ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

- Plano reducido con el índice de planos a escala 1:1000
- Planos planta-perfil a escala horizontal 1:500 y vertical 1:50.
- Planos con el dibujo de las secciones transversales a escala 1:100 tanto vertical como horizontal.
- Cartera de rasante de la calzada
- Cartera de chaflanes
- Cartera de cubicación

5. METODOLOGIA

5.1 ALCANCE

Con el presente proyecto de profundización se pretendió mejorar las condiciones de movilidad y seguridad vial en la intersección la Calle 12 (Av. Panamericana) con Carrera 4, para ello se estudiarán mínimo dos (2) alternativas de diseño geométrico, de las cuales se escogerá la alternativa más viable teniendo en cuenta las condiciones de la geometría del sitio, evitando los conflictos de cruce y bajo condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios.

5.2 LIMITACIONES

En el desarrollo del proyecto de profundización de la Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres, se presentan las siguientes limitaciones:

- Se estudiarán como mínimo dos (2) alternativas de diseño geométrico, sin embargo, solo se presentará una (1) propuesta de intersección con detalle.
- La propuesta de diseño geométrico de la intersección definitiva no incluye realizar estudios de otras áreas de la ingeniería civil como geotecnia, pavimentos, estructural, hidráulicos, señalización vial, así mismo no incluye gestión ambiental, social, predial, entre otros.

5.3 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

La recopilación y revisión de la información secundaria como estudios y diseños previos, contratos de obra, documentos técnicos e información existente, se realizó mediante la consulta a las páginas web de entidades como la ANI, INVIAS, AVANTE SETP y Alcaldía de San Juan de Pasto. Dicha información es la base para el análisis de la situación de la intersección vial. La información primaria se tomó para identificar las condiciones en el año 2021 y 2022 del corredor vial mediante registro fotografías, videos, vuelo de dron y recorridos de campo, entre otros.

5.3.1 Plan de ordenamiento territorial.

De acuerdo con la ley 388 de 1997 en su artículo 9, el plan de ordenamiento territorial se define como el conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo²².

²²COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA, Ley 388 de 1997, p (5).

Del Plan de Ordenamiento Territorial de Pasto (P.O.T), “*territorio con sentido 2014 al 2027*”, se obtiene información sobre las estructuras ambiental (gestión del riesgo, sostenibilidad ambiental (gestión integral del recurso hídrico), funcional y de servicios (equipamiento, alcantarillado, residuos, movilidad, espacio público y acueducto) y la estructura económica (Usos de suelo y las múltiples formas de ocupación sobre el territorio)²³.

Dentro de la estructura funcional y de servicios del POT de San Juan de Pasto, la intersección de la calle 12 con carrera 4, sector Chapal se encuentra catalogada como centralidad municipal en que confluyen vías de carácter regional, nacional y urbana. Así mismo, esta área es catalogada como de uso residencial, comercial y de servicios.

La intersección de la Calle 12 con carrera 4, por el norte es el inicio de la Avenida Panamericana a cargo del INVIAS (Instituto Nacional de Vías, por el sur termina la ruta concesionada 2501 sector Puente Internacional Rumichaca PR0+0040– San Juan de Pasto en su PR83+0000 la cual conecta a Colombia con el Ecuador a cargo de la ANI, Por el ramal oriente se conecta a la Carrera 4 a cargo del Sistema Estratégico de Transporte Publico – AVANTE SETP y por el occidente de la intersección existe una vía urbana donde se encuentran ubicados zonas de parqueo, talleres mecánicos, bodegas que dificultan la movilidad por falta de cultura vial. Esta vía está a cargo del municipio de San Juan de Pasto y no tiene conexión con otras vías urbanas.

5.3.2 Información Agencia Nacional de Infraestructura.

La Concesionaria Vial Unión del Sur SAS es la concesión encargada de la financiación, realización de los estudios y diseños definitivos, la gestión social, ambiental y predial, así como, la construcción, mejoramiento y la operación y mantenimiento del corredor vial comprendido entre Rumichaca – Pasto.²⁴

El proyecto se divide en 5 unidades funcionales (UF), como se muestra en la Tabla 1 . Unidades funcionales concesión vial Rumichaca - Pasto.

²³ ALCALDIA DE PASTO. Plan de ordenamiento Territorial, Pasto Territorio con sentido 2014-2027., p 28

²⁴ Fuente: <https://uniondelsur.website/quienes-somos/>

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

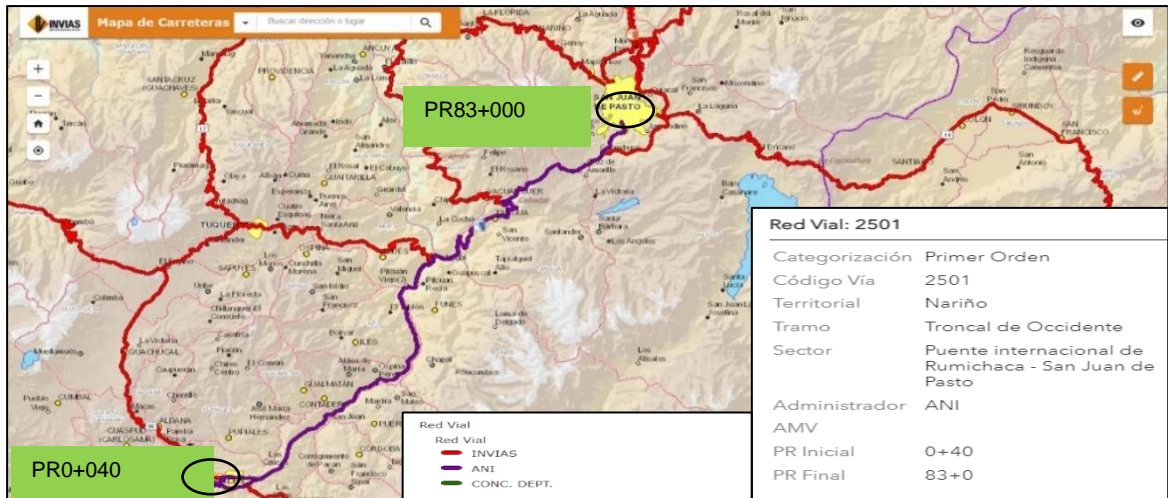
ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

Tabla 1. Unidades funcionales concesión vial Rumichaca - Pasto

| UF | SECTOR | ORIGEN | DESTINO | INTERVENCIÓN PREVISTA | LONGITUD |
|---|--|-----------|---|---|----------------------------|
| | | | | | Aprox. origen destino (Km) |
| UF 1 | Rumichaca - Intercambiador Sur Variante de Ipiales | PR 0+000 | PR 0+900 | Operación y Mantenimiento | 0,90 |
| | Intercambiador Sur Variante de Ipiales - San Juan | PR 0+900 | PR 17+000 | Mejoramiento de la calzada existente y construcción de la segunda calzada. | 16,10 |
| | | | | Mantenimiento y operación. | |
| | San Juan - Contadero | PR 17+000 | PR 25+600 | Construcción de doble calzada, Mantenimiento y operación. | 8,60 |
| Vía existente San Juan - La Josefina | PR 17+000 | PR 25+600 | Operación y mantenimiento de la calzada bidireccional, cumplimientos indicadores. | 8,60 | |
| UF 2 | Contadero - Iles | PR 25+600 | PR 37+600 | Construcción de doble calzada. Mantenimiento y operación. | 12,00 |
| | Vía Existente La Josefina - El Borojó | PR 17+000 | PR 31+900 | Operación y mantenimiento de la calzada bidireccional, cumplimientos indicadores. | 6,30 |
| UF 3 | Iles - Pilcuán la Recta | PR 37+960 | PR 42+060 | Construcción de doble calzada. Mantenimiento y operación. | 4,46 |
| | Pilcuán la Recta - Pedregal | PR 42+060 | PR 44+909 | Mejoramiento de la calzada existente y construcción de la segunda calzada. | 2,85 |
| | | | | Mantenimiento y operación. | |
| Vía Existente el Borojó - Pilcuán Viejo | PR 31+900 | PR 40+000 | Operación y mantenimiento de la calzada bidireccional, cumplimientos indicadores. | 8,10 | |
| UF 4 | Pedregal - Tangua | PR 44+909 | PR 15+760 | Mejoramiento de la calzada existente y construcción de la segunda calzada. Mantenimiento y operación. | 15,76 |
| | Tangua - Pasto | PR 15+760 | PR 37+959 | Mejoramiento de la calzada existente y construcción de la segunda calzada. Mantenimiento y operación. | 22,10 |

Fuente: <http://www.hmvinterventoriapastorumi.com/proyecto.php>

Ilustración 9 Corredor vial ruta 2501 Rumichaca – Pasto



Fuente: <https://hermes.invias.gov.co/carreteras/>

La intersección de la calle 12 con carrera 4 limita con la unidad funcional 5 (UF5), y de acuerdo con el informe de gestión 2020 de la a Sociedad Concesionaria Vial Unión del Sur S.A.S, informa que el apoyo del área técnica, trabajaron en la

elaboración de un Acta de Intención de Acuerdo y en la revisión de los Diseños entregados por el municipio de Pasto, con el objetivo de desafectar el área comprendida entre el PK37+890.8 al PK37+843 en la Unidad Funcional 5 del Corredor Vial para que se construya una glorieta en la intersección de la Carrera 4 con Calle 12. Lo anterior, permitirá contribuir a la movilidad y facilitar el acceso de los usuarios del Corredor Vial Concesionado en mejores condiciones a la ciudad de Pasto. Para ello, es necesario modificar el punto final del Corredor Vial, excluyendo las actividades de Operación y Mantenimiento a cargo de la Concesionaria y llevar a cabo algunas adecuaciones a la calzada intervenida que permitan realizar el empalme entre los dos proyectos²⁵ (cursiva fuera de texto).

La aclaración de la abscisa final de la Concesión se debe a que, en la página web de la Alcaldía de Pasto se encuentra en marcha el “*proyecto de Construcción de la intersección Carrera Cuarta con Calle 12 y obras complementarias*”, en el cual se plantea construir una glorieta a nivel en el sector objeto del presente proyecto de grado.

Sin embargo, es de aclarar que el anteproyecto aprobado obedece a una intersección a desnivel la cual difiere a la planteada por la Alcaldía de San Juan de Pasto.

5.3.3 Registros de siniestralidad.

Para el análisis de accidentalidad del área de influencia de la intersección Chapal se cuenta con los registros de accidentalidad de la Secretaría de Tránsito y Transporte – Alcaldía de San Juan de Pasto entre los años 2012 hasta abril de 2016 y desde el año 2018 a septiembre de 2022. En las Tabla 2 a la Tabla 7 se detallan el registro de la accidentalidad en el área de influencia de la intersección de la calle 12 con carrera 4.

Tabla 2 Registros de siniestralidad en la calle 12 con carrera 4 – año 2.012.

| SINIESTROS VIALES AÑO 2012 | | | | | | | |
|----------------------------|-------------|------------|--------------------|------------|-------|-------------|-------------|
| NUMERO DE SINIESTROS | CLASE | GRAVEDAD | DIRECCIÓN | FECHA | HORA | 1 | 2 |
| 1 | Volcamiento | Herido | CLL 12 # 4 - 84 | 6/03/2012 | 5:50 | Motocicleta | |
| 2 | Choque | Solo daños | CLL 12 # 3 - 110 | 28/04/2012 | 19:50 | Camión | Automóvil |
| 3 | Choque | Herido | CLL 12 # 3 - 124 | 24/05/2012 | 9:50 | Volqueta | Automóvil |
| 4 | Choque | Herido | CLL 12 # 3 - 34 | 29/03/2012 | 6:50 | Volqueta | Bicicleta |
| 5 | Choque | Solo daños | CLL 12 # 3 - 92 | 9/03/2012 | 19:20 | Automóvil | Automóvil |
| 6 | Atropello | Herido | CLL 12 # 3 - 92 | 26/06/2012 | 8:40 | Motocicleta | |
| 7 | Choque | Solo daños | CLL 12 # 4 | 16/04/2012 | 16:10 | Automóvil | Volqueta |
| 8 | Choque | Solo daños | CLL 12 # 4 - 28 | 4/04/2012 | 17:20 | Camioneta | Automóvil |
| 9 | Choque | Solo daños | CR 4 # 11-02 | 17/03/2012 | 17:00 | Camión | Automóvil |
| 10 | Choque | Solo daños | CR 4 # 12 | 11/01/2012 | 19:35 | Automóvil | Camión |
| 11 | Choque | Herido | CR 4 # 12 BIS - 36 | 30/07/2012 | 6:47 | Automóvil | Motocicleta |

Fuente: secretaria de Tránsito y Transporte - Alcaldía de San Juan de Pasto

²⁵ CONCESIONARIA VIAL DE SUR. Informe de Gestión 2020, 2020, p.5.

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

Tabla 3 Registros de siniestralidad calle 12 con carrera 4 – Año 2.013

| SINIESTROS VIALES AÑO 2013 | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|------------|---------------------|------------|-------|-------------|-------------|-----------|
| NUMERO SINIESTROS | CLASE | GRAVEDAD | DIRECCIÓN | FECHA | HORA | 1 | 2 | 3 |
| 1 | Choque | Heridos | CLL 12 # 3-20 | 11/06/2013 | 14:23 | Micro-bus | Motocicleta | |
| 2 | Choque | Heridos | CLL 12 # 3-97 | 17/10/2013 | 18:00 | Automóvil | Motocicleta | |
| 3 | Choque | Solo daños | CLL 12 # 4 | 17/05/2013 | 15:10 | Bus | Camioneta | |
| 4 | Choque | Solo daños | CLL 12 # 4 - 48 | 7/11/2013 | 18:50 | Camión | Camioneta | |
| 5 | Choque | Solo daños | CLL 12 # 4 - 84 | 22/12/2013 | 18:00 | Camioneta | Automóvil | Automóvil |
| 6 | Atropello | Heridos | CLL 12 # 4 - 94 | 30/04/2013 | 22:30 | Motocicleta | | |
| 7 | Choque | Solo daños | CLL 12 # 4 - 99 SUR | 29/06/2013 | 9:40 | Camión | Camión | |
| 8 | Choque | Solo daños | CRA 4 # 11 - 46 | 1/07/2013 | 10:38 | Camioneta | Automóvil | |
| 9 | Atropello | Heridos | CRA 4 # 12 | 3/02/2013 | 0:50 | Camioneta | | |
| 10 | Choque | Solo daños | CRA 4 A # 11-40 | 18/09/2013 | 16:35 | Camión | Camioneta | |

Fuente: secretaria de Tránsito y Transporte - Alcaldía de San Juan de Pasto

Tabla 4 Registros de siniestralidad calle 12 con carrera 4 – Año 2.014

| SINIESTROS VIALES AÑO 2014 | | | | | | | |
|----------------------------|--------|------------|-----------------|------------|-------|-------------|-------------|
| NUMERO SINIESTROS | CLASE | GRAVEDAD | DIRECCIÓN | FECHA | HORA | 1 | 2 |
| 1 | Choque | Solo daños | CLL 12 # 4 | 3/03/2014 | 12:15 | Automóvil | Automóvil |
| 2 | Choque | Solo daños | CLL 12 # 4 | 19/06/2014 | 3:20 | Automóvil | Motocicleta |
| 3 | Choque | Herido | CLL 12 # 4 - 48 | 27/04/2014 | 15:22 | Motocicleta | Camioneta |
| 4 | Choque | Herido | CLL 12 # 4 - 99 | 4/07/2014 | 10:09 | Camión | Camperero |
| 5 | Choque | Solo daños | CRA 4 # 12 | 31/01/2014 | 20:43 | Bus | Bus |
| 6 | Choque | Solo daños | CRA 4 # 12 - 20 | 25/02/2014 | 21:32 | Automóvil | Automóvil |

Fuente: secretaria de Tránsito y Transporte - Alcaldía de San Juan de Pasto

Tabla 5 Registros de siniestralidad calle con carrera 4 – Año 2.015

| SINIESTROS VIALES AÑO 2015 | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|------------|----------------|------------|-------|-------------|--------------|
| #SINIESTROS | CLASE | GRAVEDAD | DIRECCIÓN | FECHA | HORA | 1 | 2 |
| 1 | Choque | Heridos | CLL 12 # 3-82 | 12/11/2015 | 17:12 | Camioneta | Motocicleta |
| 2 | Atropello | Heridos | CLL 12 # 3-92 | 15/08/2015 | 18:12 | Motocicleta | |
| 3 | Atropello | Heridos | CLL 12 # 3-97 | 18/12/2015 | 19:12 | Automóvil | |
| 4 | Choque | Solo daños | CLL 12 # 4 | 5/08/2015 | 21:12 | Buseta | Automóvil |
| 5 | Choque | Heridos | CLL 12 # 4 | 28/09/2015 | 22:12 | Volqueta | Motocicleta |
| 6 | Choque | Heridos | CLL 12 # 4 | 11/11/2015 | 23:12 | Automóvil | Automóvil |
| 7 | Choque | Solo daños | CLL 12 # 4 | 15/11/2015 | 0:12 | Bus | Automóvil |
| 8 | Choque | Solo daños | CLL 12 # 4-15 | 6/06/2015 | 2:12 | Automóvil | Tractocamión |
| 9 | Atropello | Heridos | CLL 12 # 4-15 | 9/08/2015 | 3:12 | Bus | |
| 10 | Choque | Solo daños | CLL 12 # 4-15 | 7/12/2015 | 4:12 | Automóvil | Volqueta |
| 11 | Choque | Solo daños | CLL 12 # 4-48 | 11/05/2015 | 5:12 | Bus | Camioneta |
| 12 | Choque | Solo daños | CLL 12 # 4-48 | 10/08/2015 | 6:12 | Micro-bus | Bus |
| 13 | Choque | Solo daños | CLL 12 # 4-51 | 26/04/2015 | 7:12 | Camioneta | Camioneta |
| 14 | Choque | Solo daños | CLL 12 # 4-76 | 21/01/2015 | 8:12 | Automóvil | Buseta |
| 15 | Choque | Heridos | CLL 12 # 4-94 | 28/05/2015 | 9:12 | Motocicleta | Motocicleta |
| 16 | Choque | Heridos | CRA 4 # 11-46 | 28/05/2015 | 10:12 | Motocicleta | Motocicleta |
| 17 | Choque | Solo daños | CRA 4 # 12-113 | 24/01/2015 | 11:12 | Automóvil | Automóvil |
| 18 | Choque | Solo daños | CRA 4 # 12-85 | 28/11/2015 | 12:12 | Volqueta | Micro-bus |

Fuente: Secretaría de Tránsito y Transporte – Alcaldía de Pasto

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

Tabla 6 Registros de siniestralidad calle 12 con carrera 4 – Año 2.016 (hasta abril de 2016)

| SINIESTROS VIALES AÑO 2015 | | | | | | | |
|----------------------------|-----------|----------|-----------------|------------|-------|-------------|-------------|
| NUMERO DE SINIESTROS | CLASE | GRAVEDAD | DIRECCIÓN | FECHA | HORA | 1 | 2 |
| 1 | Atropello | Heridos | CLL 12 # 3A 43 | 24/02/2016 | 20:12 | Motocicleta | |
| 2 | Choque | Heridos | CLL 12 # 4 - 48 | 30/03/2016 | 1:12 | Camioneta | Motocicleta |

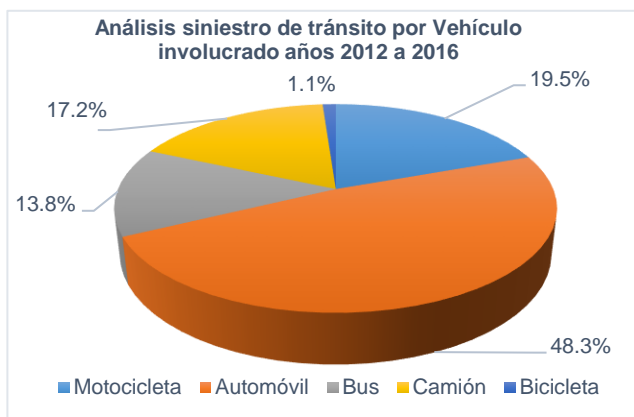
Fuente: Secretaría de Tránsito y Transporte – Alcaldía de Pasto

Con la información anterior, se procede a hacer el análisis de los accidentes de acuerdo con el tipo de vehículos involucrados en el accidente, la clase de accidente y la gravedad de los mismos, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7 Análisis de los siniestros ocurridos en la zona de influencia de la intersección.

| ANALISIS DE LOS SINIESTROS 2012 -2016 | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|-------------|----------------------|-----------|-------------|------------------------|-----------|-------------|
| CLASE DE ACCIDENTE | | | VEHICULO INVOLUCRADO | | | GRAVEDAD DEL ACCIDENTE | | |
| Volcamiento | 1 | 2.1% | Motocicleta | 17 | 19.5% | Solo daños | 26 | 55.3% |
| Choque | 39 | 83.0% | Automóvil | 42 | 48.3% | Herido | 21 | 44.7% |
| Atropello | 7 | 14.9% | Bus | 12 | 13.8% | Muertos | 0 | 0.0% |
| | | | Camión | 15 | 17.2% | | | |
| | | | Bicicleta | 1 | 1.1% | | | |
| TOTAL | 47 | 100% | TOTAL | 87 | 100% | TOTAL | 47 | 100% |

Ilustración 10 Siniestros por tipo de vehículo involucrado.

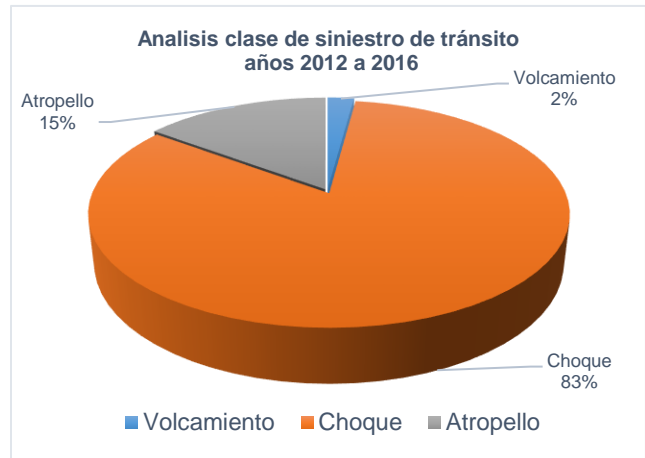


Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 7 y de la Ilustración 10 se puede concluir que el vehículo que se ve involucrado en la mayoría de los siniestros corresponde al vehículo liviano tipo automóvil con 48.3% de los eventos, seguido por las motocicletas 19.5% y una participación de los camiones con un 17.2% de los casos.

De acuerdo con Tabla 7 y la Ilustración 11, se observa que el tipo de siniestro más frecuente es el choque con 83%, seguido se encuentra los atropellos con un 15%.

Ilustración 11 Clase de siniestro



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 12 Siniestro de tránsito por Gravedad



Teniendo en cuenta la Tabla 7 y la Ilustración 12, se analiza que durante los años 2012 a 2016, se reportan que el 55.3% de los accidentes solo presentan daños materiales y un porcentaje alto de personas heridas con un 44.7%, sin embargo, es de destacar que durante el periodo evaluado no se presentaron muertos en el área de influencia de la intersección en estudio.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Registros de accidentalidad calle 12 carrera 4 – año 2.018 a septiembre de 2022.

| AÑO | FALLECIDO | LESIONADO | DAÑOS MATERIALES | TOTAL |
|-------|-----------|-----------|------------------|-------|
| 2018 | 2 | 23 | 29 | 54 |
| 2019 | 1 | 23 | 17 | 41 |
| 2020 | 1 | 9 | 14 | 24 |
| 2021 | 1 | 14 | 13 | 28 |
| 2022 | 2 | 10 | 15 | 27 |
| TOTAL | 7 | 79 | 88 | 174 |

Fuente: Alcaldía de San Juan de Pasto – secretaria de vial y control operativo.

Ilustración 13 Gravedad del siniestro



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta la Tabla 8 y la Ilustración 13, se analiza que, durante los años 2018 a septiembre 2022, se reportan que el 50.6% de los accidentes solo presentan daños materiales, un porcentaje alto de personas heridas con un 45.4% y con un 4% siniestros fatales en la intersección en estudio.

De acuerdo con los registros de siniestralidad del área de influencia de calle 12 con carrera 4 de la secretaría de tránsito de la Alcaldía de San Juan de Pasto, se observa el aumento de los siniestros viales entre los años 2012 a abril 2016 y 2018 a septiembre del 2022, los cuales pasaron de 47 a 174 siniestros.

Así mismo se reporta que en los años 2012 a 2018 el número de fatalidades eran cero (0), sin embargo, este panorama cambia entre los años 2018 a septiembre 2022 donde se han presentado 7 fatalidades.

Al analizar las cifras anteriores se observa que entre los años 2012 al 2018, el tipo de siniestro más frecuente es el choque y los vehículos involucrados en este tipo de accidentes son los vehículos livianos con un 48.3%, seguido por las motocicletas con un 19.5%.

5.4 VISITA DE CAMPO

Se realizó visita técnica en el año 2021 a la zona en estudio donde se encontró las siguientes características viales:

La intersección en estudio se desarrolla con dos calzadas con cuatro carriles en el acceso Norte, una calzada con dos carriles en el acceso Sur, una calzada con dos carriles en el acceso Este y una calzada y dos carriles en el acceso Oeste, cada carril tiene un ancho aproximado de 3,5 metros.

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

Ilustración 14 Vista general acceso Norte



Ilustración 15 Vista General Acceso Sur



Fuente: Elaboración propia

La intersección de la Calle 12 (Av. Panamericana) con Carrera 4 no cuenta con dispositivos de control de tráfico como semáforos y la señalización vertical y horizontal es deficiente, por lo cual frecuentemente se presentan conflictos debido a cruces no permitidos.

Ilustración 16 Deficiencia control de tráfico



Ilustración 17 Se observa conflictos de cruce



Fuente: Elaboración propia

En el área de influencia de este proyecto se encuentran zonas comerciales importantes como tres estaciones de combustible, restaurantes, centros mecánicos y de diagnóstico automotriz entre otros. Asimismo, se observó alta presencia de vehículos de carga, transporte público urbano, intermunicipal y nacional que salen de la terminal de transportes de Pasto y se dirigen hacia los municipios del sur y la costa del departamento de Nariño. Este sector se caracteriza por el estacionamiento inadecuado de los vehículos livianos y pesados las vías aumentando la congestión vehicular por falta de cultura vial. Por otro lado, no se tiene presencia de peatones dado que la mayoría se desplazan en vehículos, por lo que el tramo de intervención cuenta con grandes zonas de estacionamiento fuera de la vía.

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

Ilustración 18 Estacionamiento sobre los andenes



Ilustración 19 Estacionamiento inadecuado



Fuente: Elaboración propia

Sobre el acceso sur de la intersección de la calle 12 con carrera 4, se observa que la ANI ha realizado intervención sobre la capa de rodadura en pavimento asfáltico en el PR83+000 abscisa final de la Concesión vial Rumichaca-Pasto.

Ilustración 20 Intervención ANI



Ilustración 21 PR 83+000 Concesión Vial ruta 2501



Fuente: Elaboración propia

La Carrera 4 presenta entre regulares y malas condiciones en su capa de rodadura debido a la presencia de piel de cocodrilo, baches, hundimientos y ahuellamientos, signos fallas estructuras de la capa de asfalto y terminación de la vida útil del pavimento.

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

Ilustración 22 Deterioro capa de rodadura cra 4 Ilustración 23 Baches, hundimientos y fisuras.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 24 Puente Chapal sobre carrera 4.



Se identificó la presencia de un puente sobre la quebrada Chapal el cual no presenta continuidad sobre la rasante actual de la carrera cuarta por lo cual, para realizar el acceso a este, a lado y lado se le han construido una especie de rampas.

Fuente: Elaboración propia

5.4.1 Condiciones existentes seguridad vial.

En cuanto a las condiciones existentes de seguridad vial en relación a la infraestructura no se cuenta con la señalización horizontal y vertical adecuada que permita identificar los movimientos permitidos, así mismo se tiene falta de iluminación y luminancia, lo cual dificulta la circulación de los usuarios de la intersección en la noche y en condiciones ambientales difíciles.

En relación a los usuarios, para la circulación de los peatones se cuenta con andenes en la Calle 12 Eje Norte, estos tienen un ancho aproximado de 2 metros, a cada lado de la vía, así mismo en el lado izquierdo cuenta con una ciclorruta a nivel del andén.

Por la carrera 4 en sentido Este también se cuenta con andenes a cada lado, de un ancho aproximado de 1.5 metros, sin ciclorruta.

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

En cuanto al acceso Sur de la intersección se caracteriza por el estacionamiento inadecuado de los vehículos livianos y pesados. Este sector tiene poca afluencia de peatones dado que la mayoría de estos llegan en vehículos, los cuales cuentan con grandes zonas de estacionamiento internas.

Por otro lado, entre los años 2021 y 2022 se evidenció el inicio de la etapa de pre construcción y construcción de la glorieta a nivel. De acuerdo con la información encontrada en medios de comunicación oficiales de AVANTE SETP, la glorieta está culminando la fase I correspondiente a la construcción del ramal de acceso en el sentido norte sur en pavimento flexible y construcción del espacio público.



Fuente: <http://avante.gov.co/obras/>



Fuente: <http://avante.gov.co/obras/>

5.5 ESTUDIO DE TRÁNSITO

En este subcapítulo se describen el alcance, la evaluación y proyección del tránsito en la intersección de la calle 12 con carrera 4; el cual se realizó con base a la información existente y que permite hacer un análisis del comportamiento del tránsito en los últimos años y su respectiva predicción del comportamiento del tránsito en el periodo de diseño.

5.5.1 Alcance

El estudio de tránsito se basó en el volumen II del contrato de consultoría No CC-2014-002 “*Consultoría de estudios técnicos y diseños para vías urbanas que hacen parte del sistema estratégico de transporte público en el municipio de Pasto*”²⁶, el cual consistió en tomar registros para la caracterización de los flujos y movimientos vehiculares, peatonales y de ciclo-usuarios, durante tres días consecutivos, en un periodo de tiempo determinado.

Por otra parte, a nivel mundial incluido Colombia en los años 2020 y 2021 se presentó la emergencia sanitaria del COVID-19, por lo cual realizar aforos vehiculares durante este periodo de pandemia no serían representativos dado las condiciones de restricción de tránsito de acuerdo con los Decreto 1168 de 2020 de fecha 25 de agosto de 2020 y Decreto 206 del febrero de 2021 emitida por la presidencia de la República, por el cual se adoptan las medidas en la fase de aislamiento selectivo y distanciamiento individual responsable a partir del 1 de septiembre de 2020 prorrogada hasta el 1 junio de 2021. Sumado a lo anterior, Colombia a partir del 28 de abril hasta junio 2021 tuvo alteraciones en el orden público como consecuencia de una serie de manifestaciones, cierres y bloqueos temporales de vías a nivel nacional. Por las razones anteriormente expuestas, este proyecto de maestría no realizó aforos vehiculares en la intersección en estudio y la proyección del tránsito vehicular se hará con base a los resultados de los conteos de tránsito del contrato CC 2014-002.

5.5.2 Aforos vehiculares

Para la caracterización de los flujos vehiculares, se tomó información primaria en la intersección durante los días domingo 23, martes 25 y miércoles 26 de agosto de 2015, en un periodo de dieciséis horas comprendido entre las 06:00 y las 22:00 horas. En este lapso de tiempo, se midieron los volúmenes vehiculares, peatonales y de bicicletas discriminándolos por tipo de vehículo y movimiento realizado.²⁷

²⁶ CIVILTEC INGENIEROS LTDA.; Contrato CC 2014-002 Estudio de Tránsito, Capacidad y Niveles de Servicio, p.16.

²⁷ *Ibíd*, p.17.

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

Ilustración 25 Punto de aforo y movimientos registrados



Fuente: contrato de consultoría No CC-2014-002

En la Tabla 9 Estación de aforo vehicular, se muestra el detalle de la estación de aforo en cual se incluye los periodos de toma de información, número de aforadores y movimientos total de vehículos y peatones registrados.

Tabla 9 Estación de aforo vehicular

| Estación de Aforo | Periodo de aforo | Horas de aforo | Días de aforo | Número de aforadores | Mov. Vehiculares aforados |
|------------------------|------------------|----------------|---------------|----------------------|---------------------------|
| Calle 12 por Carrera 4 | 06:00 – 22:00 | 16 | 3 | 6 | 13 |

Fuente: contrato de consultoría No CC-2014-002

5.6 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION DE CAMPO

En el **Anexo 2**, se adjunta los formatos de campo de los conteos realizados en la intersección en estudio durante los días domingo 23, martes 25 y miércoles 26 de agosto de 2015, en un periodo de dieciséis horas comprendido entre las 06:00 y las 22:00 horas, registrando volúmenes cada 15 minutos. Con los anteriores datos se calcula el promedio de todos los movimientos y de todos los vehículos durante los tres días de conteos.

A continuación, se muestra el ejemplo del cálculo del promedio de los días de conteos para el movimiento 1 Norte – Sur entre las 6:00am a 06:15am. (Ver Tabla 10).

Tabla 10 Resultado del cálculo promedio vehicular periodos de 15 min Movimiento Norte -Sur.

| PROMEDIO DE LOS DIAS DE CONTEO - INTERSECCION CHAPAL | | | | | | | | | | |
|--|---------------|-------|-------|----------|-----|-------|----|-----|--------------|------------|
| Movimiento | Periodo | Autos | Buses | Camiones | | | | | Motocicletas | Bicicletas |
| | | | | C2p | C2g | C3-C4 | C5 | >C5 | | |
| 1 | 06:00 - 06:15 | 56 | 10 | 5 | 3 | 1 | 2 | 1 | 14 | 4 |

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la capacidad de las vías y de la intersección se expresa en Automóviles Directos Equivalentes (ADE), donde la unidad básica es el automóvil, para ello se utilizan los factores de ponderación para los diferentes tipos de vehículos en las distintas situaciones en que puedan estar operando, se presentan en la Ilustración 26.

Ilustración 26 Automóviles directos equivalentes (ADE)²⁸

| AUTOMOVILES DIRECTOS EQUIVALENTES (ADES) | | | | |
|---|------------|-----------|----------|---------------------------|
| Los factores de ponderación para los diferentes tipos de vehículos en las distintas situaciones en que puedan estar operando se presentan a continuación: | | | | |
| TIPO DE VEHICULO | Vía Urbana | Carretera | Glorieta | Intersección Semaforizada |
| Automóviles, taxis, vehículos comerciales livianos (camiones pequeños y camionetas) | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Buses | 3.00 | 3.00 | 2.80 | 2.25 |
| Vehículos comerciales medianos y pesados (camiones) y vehículos de tracción animal | 2.00 | 3.00 | 2.80 | 1.75 |
| Motocicletas | 0.75 | 1.00 | 0.73 | 0.33 |
| Bicicletas | 0.33 | 0.50 | 0.50 | 0.20 |

Fuente: Vías Urbanas, Una ciudad para todos Arboleda, 2020.

Una vez calculado el promedio de los vehículos para cada movimiento y de acuerdo con la Ilustración 26, se adopta los factores de ponderación de carretera y se estiman los ADE para cada tipo de vehículo, así:

Ejemplo tipo para el movimiento 1 sentido Norte - Sur:

$$ADE = \{(bicicletas * 0.5) + (motos * 1.00) + (automoviles * 1) + (buses * 3.0) + (C2P * 1.0) + ([C2G + C3 + C4 + C5 + C6 >] * 3.0)\}$$

$$ADE = \{(4 * 0.5) + (14 * 1.00) + (56 * 1) + (10 * 3.0) + (5 * 1.0) + ([3 + 1 + 2 + 1] * 3.0)\} = 128 ADE$$

Este proceso se realiza para cada movimiento de la intersección en periodos de 15 (Flujo 15'), como se muestra en el Anexo 3, cálculo de tránsito.

²⁸ ARBOLEDA VÉLEZ, German. Vías Urbanas, una ciudad para todos.2020, p.27.

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

Calculado el flujo vehicular para cada movimiento; se determina la hora pico la cual es el valor más alto de ADE. Para el movimiento 1 sentido Norte – Sur la hora pico es de 12:45 pm a 13:45pm con 880 ADE. (ver Tabla 11).

Tabla 11 Calculo hora pico en el movimiento 1 sentido Norte – Sur

| PROMEDIO DE LOS DIAS DE CONTEO - INTERSECCION CHAPAL | | | | | | | | | | | Volumen 15' | Volumen Hora | Flujo 15' | Volumen Hora |
|--|---------------|-------|-------|----------|-----|-------|----|-----|--------------|------------|-------------|--------------|-----------|--------------|
| Movimiento | Periodo | Autos | Buses | Camiones | | | | | Motocicletas | Bicicletas | | | | |
| | | | | C2p | C2g | C3-C4 | C5 | >C5 | | | | | | |
| 1 | 12:45 - 13:00 | 73 | 9 | 3 | 10 | 2 | 0 | 2 | 31 | 1 | 130 | 537 | 177 | 880 |
| 1 | 13:00 - 13:15 | 78 | 12 | 0 | 15 | 1 | 0 | 1 | 30 | 2 | 137 | 541 | 196 | 880 |
| 1 | 13:15 - 13:30 | 57 | 10 | 0 | 8 | 0 | 0 | 2 | 18 | 0 | 95 | 511 | 135 | 880 |
| 1 | 13:30 - 13:45 | 94 | 13 | 6 | 7 | 1 | 1 | 0 | 53 | 2 | 175 | 546 | 220 | 880 |

Fuente: Elaboración propia.

5.7 PROYECCIÓN DEL TRANSITO

5.7.1 Calculo tasa de crecimiento

Para calcular de la tasa de crecimiento vehicular para el proyecto se tomó la información oficial de las páginas web del Ministerio de Transporte y el Instituto Nacional de Vías INVIAS.

5.7.1.1 Calculo tasa de crecimiento con datos del Instituto Nacional de Vías.

El Instituto Nacional de Vías cuenta con afores vehiculares en el departamento de Nariño desde el año 1997 hasta el año 2018; para el caso de estudio se toma la información de los conteos de tránsito de la estación de aforo No. 309 que corresponde al tramo Cebadal – Pasto, dicha información se adjunta en el **Anexo 2** y en la Tabla 12, se muestra el resumen de la composición vehicular de la estación en estudio.

Tabla 12 Conteos de tránsito estación 309 INVIAS.

| TERRITORIAL | ESTAC. No. | CODIGO VIA | SECTOR | LONGITUD (KM). | SERIE HISTÓRICA Y COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO | | |
|-------------|------------|------------|---------------|----------------|--|--------------|-----------------------|
| | | | | | AÑO | No VEHICULOS | COMPOSICION VEHICULAR |
| NARIÑO | 309 | 2501 | CEBADAL-PASTO | 19 | 1997 | 4,800 | 71-06-23 |
| | | | | | 1998 | 5,146 | 72-06-22 |
| | | | | | 1999 | 4,637 | 70-10-20 |
| | | | | | 2000 | 4,426 | 74-06-20 |
| | | | | | 2001 | 4,596 | 76-07-17 |
| | | | | | 2002 | 5,809 | 70-11-19 |
| | | | | | 2003 | 4,457 | 73-06-21 |
| | | | | | 2004 | 4,548 | 72-07-21 |
| | | | | | 2005 | 4,754 | 73-07-20 |
| | | | | | 2006 | 5,318 | 73-08-19 |
| | | | | | 2008 | 4,424 | 71-08-21 |
| | | | | | 2009 | 4,382 | 71-07-22 |
| | | | | | 2010 | 5,385 | 74-07-19 |
| | | | | | 2011 | 7,095 | 73-07-20 |
| | | | | | 2012 | 6,137 | 71-07-22 |
| | | | | | 2013 | 6,893 | 71-08-21 |
| | | | | | 2014 | 6,494 | 72-08-20 |
| | | | | | 2015 | 7,927 | 75-06-19 |
| | | | | | 2016 | 9,347 | 75-08-17 |
| 2017 | 8,117 | 74-9-17 | | | | | |
| 2018 | 7,928 | 66-7-27 | | | | | |

Fuente: Instituto Nacional de Vías²⁹

²⁹ <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/informacion-institucional/9197-serie-historica-de-transito-tpd-1997-2018>.

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

Con la serie histórica y la composición del tránsito promedio diario del INVIAS año 2018, se estiman las tendencias de la tasa de crecimiento del parque automotor en la vía nacional 2501 Sector Cebadal – Pasto mediante las regresiones de los modelos lineal, logarítmico, exponencial y potencial (Ver Ilustración 27, Ilustración 28, Ilustración 29 e Ilustración 30).

Ilustración 27 Regresión lineal

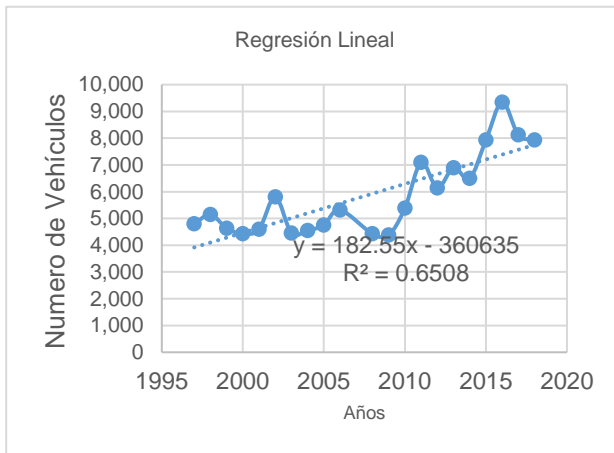
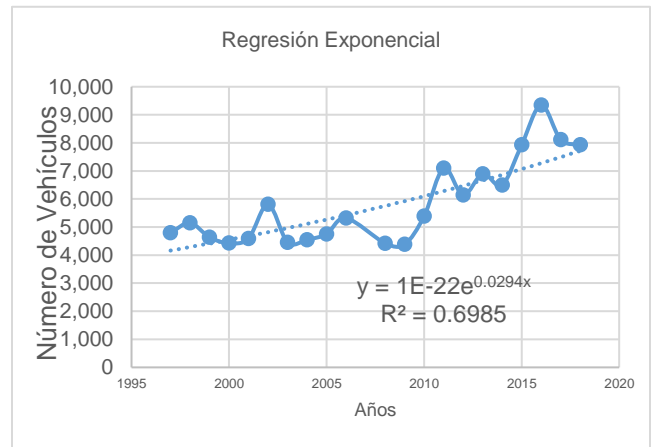


Ilustración 28 regresión exponencial



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 29 Regresión logarítmica

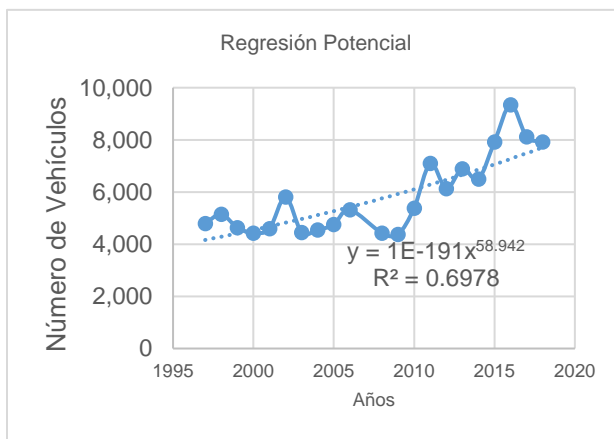
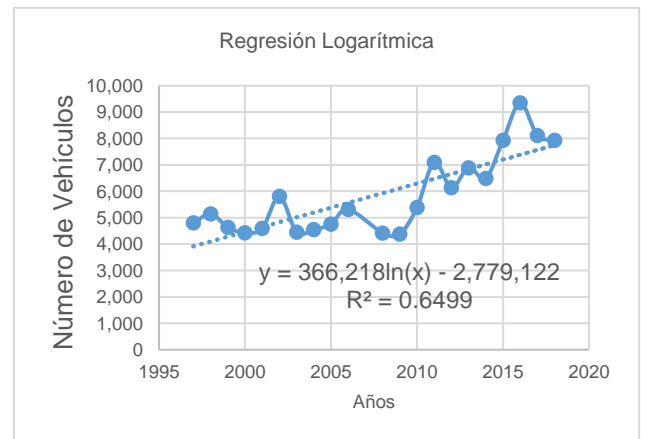


Ilustración 30 regresión potencial .



Fuente: Elaboración Propia

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

Tabla 13 Cálculo tasa de crecimiento

| REGRESIONES | | | | | | | | |
|-------------|---------------------------------|---|---|---|--|---|--|---|
| AÑO | LINEAL $Y=182.55*(X)-360635$ | CALCULO TASA DE CRECIMIENTO $r = (VF / VA)^{1/n} - 1$ | EXPONENCIAL $y = (1E-22)^{e(0.0294x)}$ | CALCULO TASA DE CRECIMIENTO $r = (VF / VA)^{1/n} - 1$ | LOGARITMICA $y = 366218 \ln(x) - 2779122$ | CALCULO TASA DE CRECIMIENTO $r = (VF / VA)^{1/n} - 1$ | POTENCIAL $y = (1E-191)^{x^{58.942}}$ | CALCULO TASA DE CRECIMIENTO $r = (VF / VA)^{1/n} - 1$ |
| 2019 | 7,933 | 0.0183 | 6,013 | 0.0283 | 7,928 | 0.0181 | 6,477 | 0.0280 |
| 2020 | 8,116 | 0.0181 | 6,193 | 0.0282 | 8,109 | 0.0179 | 6,668 | 0.0279 |
| 2021 | 8,299 | 0.0178 | 6,377 | 0.0282 | 8,291 | 0.0176 | 6,866 | 0.0278 |
| 2022 | 8,481 | 0.0176 | 6,568 | 0.0281 | 8,472 | 0.0174 | 7,069 | 0.0277 |
| 2023 | 8,664 | 0.0173 | 6,764 | 0.0279 | 8,653 | 0.0171 | 7,278 | 0.0276 |
| 2024 | 8,846 | 0.0171 | 6,966 | 0.0278 | 8,834 | 0.0169 | 7,493 | 0.0275 |
| 2025 | 9,029 | 0.0168 | 7,173 | 0.0277 | 9,015 | 0.0166 | 7,714 | 0.0273 |
| 2026 | 9,211 | 0.0165 | 7,387 | 0.0275 | 9,195 | 0.0164 | 7,942 | 0.0271 |
| 2027 | 9,394 | 0.0163 | 7,608 | 0.0273 | 9,376 | 0.0161 | 8,177 | 0.0269 |
| 2028 | 9,576 | 0.0160 | 7,835 | 0.0271 | 9,557 | 0.0158 | 8,418 | 0.0267 |
| 2029 | 9,759 | 0.0157 | 8,069 | 0.0268 | 9,737 | 0.0155 | 8,666 | 0.0264 |
| 2030 | 9,942 | 0.0153 | 8,309 | 0.0265 | 9,918 | 0.0152 | 8,921 | 0.0261 |
| 2031 | 10,124 | 0.0150 | 8,557 | 0.0261 | 10,098 | 0.0148 | 9,184 | 0.0257 |
| 2032 | 10,307 | 0.0145 | 8,813 | 0.0255 | 10,278 | 0.0144 | 9,455 | 0.0251 |
| 2033 | 10,489 | 0.0140 | 9,075 | 0.0248 | 10,459 | 0.0138 | 9,733 | 0.0244 |
| 2034 | 10,672 | 0.0133 | 9,346 | 0.0238 | 10,639 | 0.0132 | 10,019 | 0.0234 |
| 2035 | 10,854 | 0.0124 | 9,625 | 0.0223 | 10,819 | 0.0122 | 10,313 | 0.0219 |
| 2036 | 11,037 | 0.0109 | 9,912 | 0.0198 | 10,999 | 0.0108 | 10,616 | 0.0195 |
| 2037 | 11,219 | 0.0081 | 10,208 | 0.0148 | 11,178 | 0.0080 | 10,928 | 0.0146 |
| 2038 | 11,402 | | 10,513 | | 11,358 | | 11,249 | |
| | PROMEDIO | 1.53% | PROMEDIO | 2.6% | | 1.5% | | 2.5% |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14 Resumen Modelos de Regresión – Calculo tasa de crecimiento vehicular.

| MODELOS DE REGRESIÓN ESTACIÓN 309 CEBADAL - PASTO | | | |
|---|----------------------------------|----------------|---|
| TIPO DE REGRESION | ECUACIÓN | R2 | TASA DE CRECIMIENTO CALCULADA (%) |
| LINEAL [y = A + Bx] | $y = 182.55x - 360635$ | $R^2 = 0.6508$ | 1.5 |
| EXPONENCIAL [y = A * e ^(B*x)] | $y = 1E-22e^{0.0294x}$ | $R^2 = 0.6518$ | 2.6 |
| LOGARITMICA [y = A + B*Ln(x)] | $y = 366,218 \ln(x) - 2,779,122$ | $R^2 = 0.6499$ | 1.5 |
| POTENCIAL [y = A * x ^A B] | $y = 1E-191x^{58.942}$ | $R^2 = 0.651$ | 2.5 |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la Tabla 14 Resumen Modelos de Regresión – Calculo tasa de crecimiento, se concluye que las tendencias de crecimiento de oscilan entre 1.5 % al 2.5% y con R² del 65%, por lo tanto, se asume un crecimiento del 2.5% de acuerdo con el modelo potencial.

5.7.1.2 Calculo tasa de crecimiento con datos Ministerio de Transporte.

De la página web del Ministerio de Transporte se encuentra el documento técnico Transporte en cifras Estadísticas³⁰ en el cual en su subcapítulo Transporte se encuentra los registros de crecimiento del parque automotor de vehículos Total

³⁰ <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/9443/transporte-en-cifras/>

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

Nacional. Con esta información se procede a calcular la tasa de crecimiento del parque automotor. La información se encuentra en el **Anexo 4** y en la Tabla 15 se adjunta un resumen de la serie histórica del parque automotor en Colombia.

Tabla 15 Serie histórica parque automotor

| SERIE HISTORICA PARQUE AUTOMOTOR FUENTE MINISTERIO DE TRANSPORTE | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|-----------|-----------|---------|---------|----------|--------|--------------|--------|--------|----------|------------|------------|
| Modelo | Motocicleta | Automóvil | Camioneta | Campero | Camión | Microbús | Bus | Tractocamión | Otros | Buseta | Volqueta | Maquinaria | TOTAL |
| 2002 | 54,121 | 47,203 | 6,219 | 5,173 | 1,808 | 2,402 | 821 | 164 | 272 | 1,495 | 65 | 170 | 119,913 |
| 2003 | 78,086 | 58,219 | 9,254 | 8339 | 2,539 | 3,012 | 1,275 | 504 | 285 | 1796 | 51 | 182 | 163,542 |
| 2004 | 102,123 | 55,092 | 9,498 | 10397 | 3,161 | 2,817 | 1,518 | 857 | 327 | 1635 | 138 | 220 | 187,783 |
| 2005 | 178,190 | 79,961 | 14,512 | 14308 | 3,884 | 3,492 | 2,187 | 1514 | 667 | 1,683 | 192 | 272 | 300,862 |
| 2006 | 357,546 | 97,753 | 20,750 | 18360 | 6,656 | 2,805 | 2,144 | 3,391 | 1,310 | 1,830 | 562 | 333 | 513,440 |
| 2007 | 415,324 | 126,455 | 35,230 | 28390 | 16,281 | 3,473 | 2,430 | 6,276 | 2,455 | 2,014 | 1,242 | 579 | 640,149 |
| 2008 | 501,383 | 151,880 | 42,069 | 32,736 | 11,968 | 4,201 | 2,351 | 4,541 | 3,987 | 1,125 | 2,067 | 480 | 758,788 |
| 2009 | 364,549 | 121,161 | 35,393 | 24772 | 8,225 | 3,494 | 1,965 | 910 | 3,368 | 1115 | 1,717 | 145 | 566,814 |
| 2010 | 325,746 | 116,966 | 23,932 | 21583 | 5,348 | 1,779 | 2,062 | 576 | 2,998 | 1131 | 531 | 60 | 502,712 |
| 2011 | 443,053 | 183,190 | 52,614 | 31,863 | 8,810 | 2832 | 2,565 | 2,211 | 6,221 | 592 | 1,707 | 80 | 735,738 |
| 2012 | 529,274 | 198,483 | 64,587 | 25,138 | 14,886 | 4620 | 2,808 | 10,692 | 7,185 | 810 | 3,885 | 27 | 862,395 |
| 2013 | 545,586 | 172,739 | 79,624 | 29,643 | 13,124 | 4159 | 2,455 | 6,346 | 7,220 | 922 | 4,447 | 1 | 866,266 |
| 2014 | 645,328 | 153,007 | 81,784 | 25,843 | 8,092 | 3528 | 5,492 | 996 | 7,531 | 769 | 1,657 | 2 | 934,029 |
| 2015 | 662,254 | 178,497 | 96,733 | 21,611 | 12,731 | 3607 | 3,956 | 1,772 | 8,313 | 883 | 3,813 | 0 | 994,170 |
| 2016 | 604,386 | 160,227 | 77,111 | 15,885 | 7,391 | 1549 | 2,413 | 46 | 6,860 | 543 | 336 | 2 | 876,749 |
| 2017 | 526,817 | 141,062 | 84,960 | 16,623 | 6,683 | 1141 | 2,183 | 74 | 5,805 | 409 | 395 | 6 | 786,158 |
| 2018 | 430,587 | 123,147 | 79,884 | 11,843 | 3,578 | 615 | 1,447 | 92 | 5,652 | 314 | 315 | 12 | 657,486 |
| Total | 6,764,353 | 2,165,042 | 814,154 | 342,507 | 135,165 | 49,526 | 40,072 | 40,962 | 70,456 | 19,066 | 23,120 | 2,571 | 10,466,994 |

Fuente: Ministerio de Transporte.

Con la serie histórica del crecimiento del parque automotor del Ministerio de Transporte, se calculan las tendencias de la tasa de crecimiento mediante las regresiones de los modelos lineal, logarítmico, exponencial y potencial. (Ver Ilustración 31, Ilustración 32 e Ilustración 33).

Ilustración 31 Regresión lineal

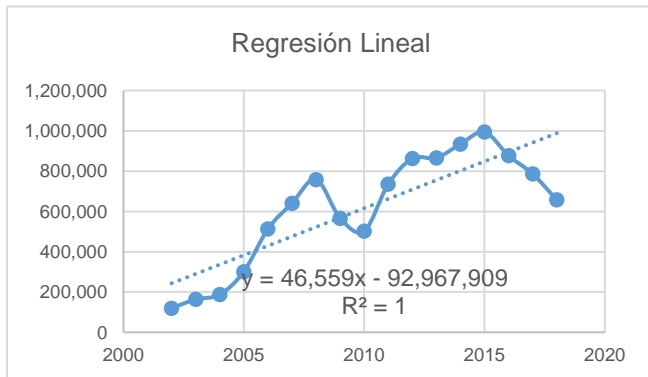
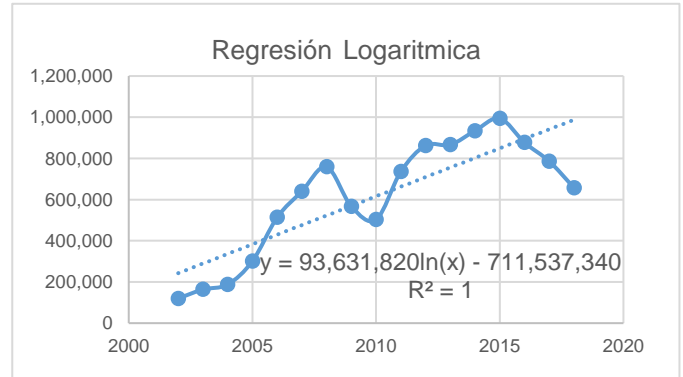


Ilustración 32 regresión logarítmica datos

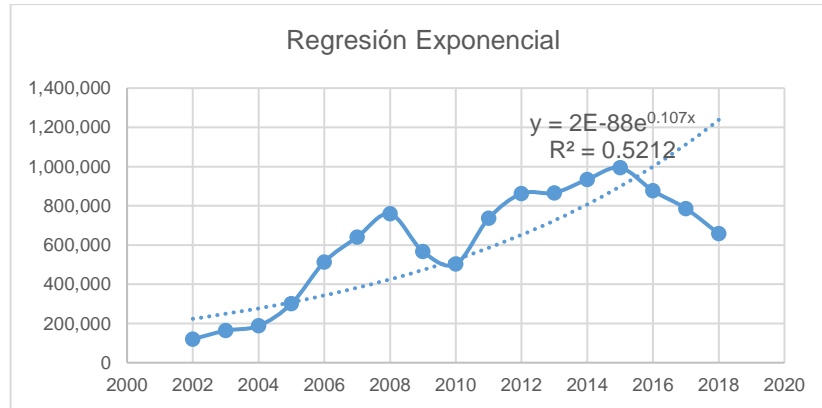


Fuente: Elaboración Propia

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

Ilustración 33 Regresión Exponencial - Ministerio del Transporte.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 16 Resumen modelos de regresión – Calculo tasa de crecimiento vehicular.

| REGRESIONES | | | | | | |
|-----------------|--------------------------------|--|--------------------------------------|--|--|--|
| AÑO | LINEAL $Y = 46559x - 9E+07$ | CALCULO TASA DE CRECIMIENTO $r = (VF / VA)^{1/n} - 1$ | EXPONENCIAL $y = 2E-88e^{0.107x}$ | CALCULO TASA DE CRECIMIENTO $r = (VF / VA)^{1/n} - 1$ | LOGARITMICA $y = 93,631,820 \ln(x) - 711,537,340$ | CALCULO TASA DE CRECIMIENTO $r = (VF / VA)^{1/n} - 1$ |
| 2019 | 1,034,712 | 0.0314 | 1,327,302 | 0.1070 | 1,034,158 | 0.0312 |
| 2020 | 1,081,271 | 0.0307 | 1,477,200 | 0.1067 | 1,080,522 | 0.0305 |
| 2021 | 1,127,830 | 0.0300 | 1,644,027 | 0.1063 | 1,126,862 | 0.0298 |
| 2022 | 1,174,389 | 0.0293 | 1,829,693 | 0.1060 | 1,173,180 | 0.0291 |
| 2023 | 1,220,948 | 0.0287 | 2,036,329 | 0.1055 | 1,219,475 | 0.0285 |
| 2024 | 1,267,507 | 0.0280 | 2,266,300 | 0.1050 | 1,265,748 | 0.0279 |
| 2025 | 1,314,066 | 0.0274 | 2,522,243 | 0.1045 | 1,311,997 | 0.0272 |
| 2026 | 1,360,625 | 0.0268 | 2,807,090 | 0.1038 | 1,358,224 | 0.0266 |
| 2027 | 1,407,184 | 0.0262 | 3,124,107 | 0.1031 | 1,404,427 | 0.0260 |
| 2028 | 1,453,743 | 0.0256 | 3,476,926 | 0.1022 | 1,450,608 | 0.0254 |
| 2029 | 1,500,302 | 0.0249 | 3,869,590 | 0.1011 | 1,496,766 | 0.0247 |
| 2030 | 1,546,861 | 0.0243 | 4,306,599 | 0.0998 | 1,542,902 | 0.0241 |
| 2031 | 1,593,420 | 0.0235 | 4,792,961 | 0.0981 | 1,589,014 | 0.0233 |
| 2032 | 1,639,979 | 0.0227 | 5,334,251 | 0.0961 | 1,635,104 | 0.0225 |
| 2033 | 1,686,538 | 0.0218 | 5,936,670 | 0.0933 | 1,681,172 | 0.0216 |
| 2034 | 1,733,097 | 0.0206 | 6,607,124 | 0.0894 | 1,727,216 | 0.0204 |
| 2035 | 1,779,656 | 0.0191 | 7,353,294 | 0.0836 | 1,773,238 | 0.0189 |
| 2036 | 1,826,215 | 0.0167 | 8,183,733 | 0.0739 | 1,819,238 | 0.0166 |
| 2037 | 1,872,774 | 0.0124 | 9,107,957 | 0.0550 | 1,865,215 | 0.0122 |
| 2038 | 1,919,333 | | 10,136,557 | | 1,911,169 | |
| PROMEDIO | | 2.5% | | 9.7% | | 2.5% |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la Tabla 16 Resumen Modelos de Regresión – Calculo tasa de crecimiento del Ministerio del Transporte, se concluye que las tendencias lineal y logarítmica tiene una tasa de crecimiento del 2.5%, por lo tanto, para la estimación de la tasa de crecimiento realizado con los datos del Invias y del Ministerio del Transporte se adopta una tasa de crecimiento del 2.5%, para la intersección es estudio.

5.8 CALCULO FLUJO VEHICULAR FUTURO (Q15)

Calculado la hora pico por cada movimiento de la intersección y con la tasa de crecimiento adoptada de 2.5% se proyectará el tránsito a 10 años, como se muestra a continuación:

Ejemplo tipo para el movimiento 1 sentido Norte - Sur hora pico es de 12:45 pm a 13:45pm con 880 ADE.

$$\text{Transito futuro} = \text{Transito actual} (1 + \text{tasa de crecimiento})^n$$

$$\text{Transito futuro} = 880 (1 + 0.25)^{17} = 1347 \text{ ADE}$$

Para el cálculo de la capacidad, se adoptan los valores promedio por carril de una vía para intersección a desnivel en calzadas principales igual a 1350 ades/hora.

Ilustración 34 Valores promedio capacidad

| CAPACIDAD (Arboleda, 2015, p. 33) | |
|---|----------------------------|
| Los valores promedio por carril de la capacidad de una vía se presentan a continuación: | |
| Vías Arterias: | |
| Calzadas principales: | 1000 ades/hora por carril. |
| Vías secundarias: | 900 ades/hora por carril. |
| Intersecciones a Desnivel: | |
| Calzadas principales: | 1350 ades/hora. |
| Vías de enlace: | 1200 ades/hora. |
| Intersecciones Semaforizadas: | |
| Capacidad por carril: | 800 ades/hora |

Fuente: *Vías Urbanas, Una ciudad Para Todos. Arboleda, 2020*³¹.

Tabla 17 Resumen Número de Carriles requeridos.

| MOVIMIENTO | HORA PICO | FLUJO FUTURO | ACCESO | FLUJO FUTURO | # CARRILES | # CARRILES SELECCIONADO |
|------------|-----------|--------------|--------|--------------|------------|-------------------------|
| 1 | 880 | 1347 | N | 2458 | 1.82 | 2 |
| 9(1) | 8 | 12 | NW | | | |
| 5 | 338 | 517 | NE | | | |
| 10(1) | 380 | 582 | NN | 1953 | 1.45 | 2 |
| 2 | 1178 | 1803 | S | | | |
| 9(2) | 86 | 132 | SE | | | |
| 6 | 12 | 18 | SW | 122 | 0.14 | 1 |
| 3 | 28 | 43 | W | | | |
| 9(3) | 44 | 67 | WS | | | |
| 7 | 8 | 12 | WN | 579 | 0.64 | 1 |
| 4 | 12 | 18 | E | | | |
| 9(4) | 282 | 432 | EN | | | |
| 8 | 84 | 129 | ES | | | |

Fuente: *Elaboración propia*

³¹ ARBOLEDA VÉLEZ, German. *Vías Urbanas, una ciudad para todos. Alfaomega.2020*, p.33.

5.8.1 Calculo capacidad de la glorieta.

De acuerdo con Cal y Mayor, define la capacidad de una infraestructura vial como el máximo número de vehículos que pueden pasar por un punto o sección uniforme de un carril o calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial, del tránsito y de los dispositivos de control³².

Para el cálculo de la capacidad de la glorieta se realizó de acuerdo con la metodología de Wardrop³³:

$$Q_p = 160 * W \left(1 + \frac{0.25}{w} \right) / \left(1 + \frac{W}{L} \right) , e = (e_1 + e_2) / 2$$

Donde:

Q_p: Capacidad de la sección de entrecruzamiento, como tránsito mixto, en vehículos / hora.

W: Ancho de la sección de entrecruzamiento, en metros.

e: Ancho promedio de las entradas a la sección de entrecruzamiento, en metros.

e₁, e₂: Ancho de cada entrada a la sección de entrecruzamiento, en metro.

L: Longitud de la sección de entrecruzamiento, en metros.

a. Calculo Reserva de capacidad (RC).

$$\text{Reserva de Capacidad RC} = \frac{\text{Capacidad Practica} - \text{Flujo vehicular}}{\text{Flujo Vehicular}} * 100\%$$

Tabla 18 Calculo Reserva de Capacidad, Rc

| Tramo | Flujo Vehicular (Veh/h) | Longitud de entrecruzamiento, L (m) | Ancho Sección de entrecruzamiento, W (m) | e1 (m) | e2 (m) | e (m) | Capacidad, Q _p , (veh/h) | Capacidad practica 0.85 Q _p | Reserva de capacidad, Rc (%) |
|-------|-------------------------|-------------------------------------|--|--------|--------|-------|-------------------------------------|--|------------------------------|
| N-W | 2387 | 31.57 | 10.4 | 10.4 | 3.5 | 6.95 | 4635.98342 | 3940.5859 | 65% |
| W-S | 2453 | 30.53 | 10.4 | 10.4 | 3.3 | 6.85 | 4461.12446 | 3791.95579 | 55% |
| S-E | 2817 | 27.76 | 10.4 | 10.4 | 3.5 | 6.95 | 4040.04025 | 3434.03421 | 22% |
| E-N | 2718 | 26.31 | 10.4 | 10.4 | 4 | 7.2 | 3842.65039 | 3266.25284 | 20% |

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con Arboleda Vélez³⁴, dado que la glorieta tiene una reserva de capacidad RC, superior al 15%, se estima que la glorieta durante su vida útil operara de manera adecuada.

³² CAL Y MAYOR Rafael; CARDENAS GRISALES James. Ingeniería de Transito Fundamentos y aplicaciones. México. Editorial Alfaomega, 1994. p.195.

³³ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Instituto Nacional de Vías. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras., INVIAS, 2008.p 183.

³⁴ ARBOLEDA VÉLEZ, GERMAN; Calculo y diseño de glorietas. 2020. p.30.

5.9 TOPOGRAFÍA

5.9.1 Información existente.

De la recopilación de información existente se cuenta con el levantamiento topográfico del volumen II del contrato de consultoría No CC-2014-002 “*Consultoría de estudios técnicos y diseños para vías urbanas que hacen parte del sistema estratégico de transporte público en el municipio de Pasto*”.

Este estudio cuenta con el informe topográfico, carteras de levantamiento topográfico, certificado de calibración de equipos y documentos del topógrafo.

5.9.2 Georreferenciación.

Para la georreferenciación de la topografía del proyecto se solicitó EMPOPASTO S.A E.S.P. las coordenadas de placas de control topográfico del área de influencia de la Calle 12 Carrera 4, las cuales están georreferenciadas a las coordenadas geográficas partículas de EMPOPASTO.

(En el **Anexo 1**, se adjuntan los soportes de las placas de control topográfico del proyecto).

Tabla 19 Coordenadas placas EMP063 y EMP064

| PLACA # | NORTE | ESTE | ALTURA |
|---------|------------|------------|------------|
| EMP063 | 623895.621 | 977596.609 | 2548.32415 |
| EMP064 | 624102.97 | 977614.831 | 2546.91939 |

Fuente: EMPOPASTO

5.9.3 Trabajo de oficina

Con la información de campo, se elabora el modelo digital del terreno mediante el software de diseño geométrico Topo 3 para la alternativa de diseño 1 y Civil 3D para la alternativa de diseño 2.

5.10 ALTERNATIVAS DE DISEÑO GEOMETRICO

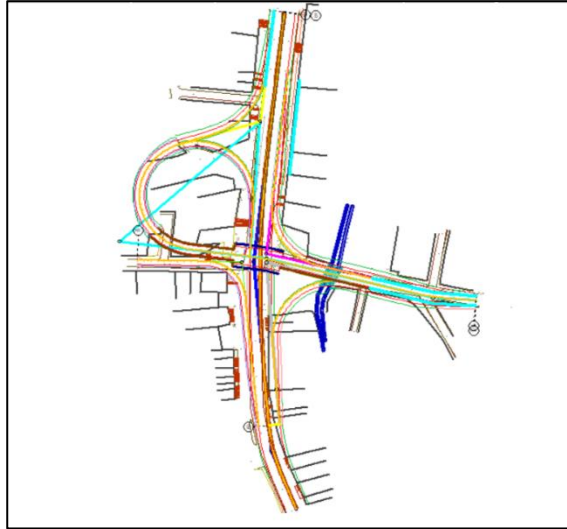
Una vez procesados los datos de topografía y estudio de tránsito, se plantean las siguientes alternativas de diseño geométrico.

- Intersección a desnivel tipo trompeta tipo “Trompeta” en carreteras no divididas según el Manual de diseño geométrico del INVIAS.
- Paso a desnivel calzada principal e intersección a nivel semaforizada.
- Paso elevado calzadas NS y SN elevadas sobre la glorieta a nivel.
- Paso elevado calzadas NS deprimido y SN paso elevado sobre la glorieta a nivel.

5.10.1 Alternativa 1 paso a desnivel tipo trompeta.

De acuerdo con el alcance del proyecto de profundización, se presenta la alternativa 1, la cual pretende mejorar las condiciones de movilidad y seguridad vial de la calle 12 con carrera 4. Como solución de movilidad en el sector se propone una intersección a desnivel tipo “Trompeta” en carreteras no divididas del Manual de diseño geométrico del INVIAS³⁵.

Ilustración 35 Alternativa 1 – Diseño en planta a desnivel tipo Trompeta



Fuente: Elaboración propia - Software Topo3.

5.10.1.1 Análisis de la alternativa 1 – intersección a desnivel tipo trompeta.

a. Ventajas de la alternativa 1

Esta alternativa tiene como propósito dar prioridad al flujo vehicular de la calzada principal N-S, su sección transversal está formada por dos calzadas y doble carril por sentido debido al volumen de tráfico que tiene la vía Panamericana y así evitar conflictos de cruce con la calzada Este-Oeste y ofrecer una solución para la accidentalidad que presenta la intersección.

Por otra parte, se optó por elevar la calzada E-S, con una calzada con un carril por sentido, el cual se incorpora a la calzada N-S mediante un retorno a desnivel. Adicionalmente se diseñó los tres enlaces E-N, S-E y N-E para canalizar los diferentes giros a la derecha mejorando la movilidad del sector en estudio.

³⁵ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Instituto Nacional de Vías. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras., INVIAS, 2008.p 186.

Así mismo, se garantizó el giro izquierdo de la calzada E-S para unirse con la vía de la Calle 12 (Vía Panamericana) mediante un encalce tipo trompeta N-E, dado que en el sector oriental hay gran afluencia de vehículos de carga debido a la cercanía a la plaza de mercado Potrerillo usuarios que requieren conectarse con la vía Panamericana.

Esta solución vial tipo trompeta en carreteras no divididas es una solución sencilla y comprensible para los usuarios³⁶ del sector Chapal.

b. Desventajas de la alternativa 1.

Al analizar el diseño geométrico de esta alternativa y la línea de chaflanes sobre los predios, se observa que esta solución requiere una inversión considerable por parte de las entidades estatales para los tramites de la gestión predial, dado que la zona del proyecto se caracteriza por la existencia de zonas de uso comercial, urbano y de servicios, en total la afectación para ejecutar esta alternativa es de 30.000 m², distribuidos de la siguiente forma:

En área de influencia del sentido Norte – Oeste, es donde se presenta la mayor afectación predial con un área aproximada de 15.000 m², que incluye lotes, parqueaderos, establecimientos comerciales, sin embargo, es factible desarrollar en este sector de espacio público o parque para el esparcimiento de los peatones.

En zona Oeste – Sur, la afectación tiene poco impacto por la implantación del proyecto, solo hay intervención es a nivel de andenes y rampas de acceso con un área aproximada de 915 m².

En el sentido Sur-Este se presenta una afectación en predios alrededor de 5.900 m², y en sentido Este – Norte de 8.300m².

Por otro lado, el giro izquierdo de la calzada W-N se suspendió, sin embargo, el flujo vehicular de la calzada existente es mínimo dado que esta vía existente no tiene continuidad hacia el oeste y es factible tomar rutas alternas para realizar este movimiento.

Esta alternativa presenta dificultad en el desplazamiento de peatones y ciclistas sobre el paso a desnivel ya que no permite su movilidad de manera segura a causa de la velocidad con que opera la vía. En la parte a nivel es posible implementar andenes peatonales en algunos costados laterales de los accesos, sin embargo, se

³⁶ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Instituto Nacional de Vías. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras., INVIAS, 2008, p 169.

restringen algunos pasos peatones por la elevación de las calzadas. Esta alternativa afecta negativamente la movilidad de los usuarios de la movilidad activa.

5.10.2 Alternativa 2 intersección a desnivel calzada principal N-S con intersección a nivel semaforizada.

La alternativa 2 considera dar prioridad al flujo vehicular mediante la elevación de la calzada principal N-S y N-S debido al volumen de tráfico que tiene la vía Panamericana y así evitar conflictos de cruce con la calzada Este-Oeste y ofrecer otra solución a los crecientes registro de accidentalidad en este sector como se muestra en tabla 2 de este documento.

Así mismo, esta alternativa se diseñó buscando la menor afectación predial y de forma general en los sitios donde se registra desniveles entre calzadas se propone la construcción de muro de tierra armada, evitando terraplenas a talud natural, aprovechado al máximo el espacio de la intersección existente.

La calzada secundaria E-W, se diseñó como doble calzada, su flujo vehicular transitará debajo del puente de la calzada principal N-S y su intersección a nivel será semaforizada. Para llegar a los semáforos, se deberá acceder por la calzada lenta o ramales de diseño, ejes independientes a la calzada principales N-S.

Por otra parte, se propone retornos en sentidos N-N y S-S con un trazado en planta mediante curvas circulares y con sobreancho que permita el giro del vehículo de diseño. Los bordes de la calzada de los retornos se diseñaron buscando la cercanía al borde de la calzada del eje secundario, con el propósito de disminuir la luz libre del puente y que sus estribos estén lo más cerca posible.

5.10.2.1 Análisis de la alternativa 2 – intersección a desnivel calzada principal N-S con intersección a nivel semaforizada.

a. Ventajas de la alternativa 2

Se debe coordinar los tiempos de los semáforos en la parte de las vías a nivel para evitar congestiones vehiculares.

Se garantiza el movimiento de todos los sentidos de la intersección y se eliminan los conflictos de cruce.

La afectación predial es mínima en todos los cuadrantes de la intersección.

Esta alternativa impacta positivamente la movilidad de los peatones y ciclistas, dado que con la implementación de los semáforos en la parte a nivel se regula la

**DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4,
MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.**

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

velocidad de los vehículos debido a que la circulación por carriles es continua y a una velocidad constante.

Así mismo es factible eliminar o reducir el número y gravedad de algunos tipos de siniestros, sobre todo en los que implican colisiones perpendiculares.

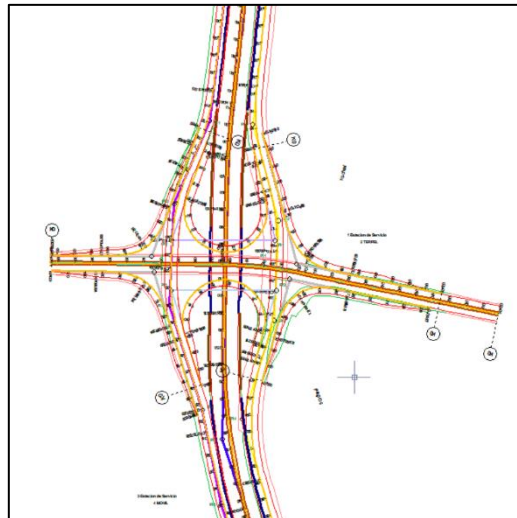
Existe prioridad en los movimientos y se evitan los conflictos de cruce.

En esta alternativa es factible la implementación de andenes y pasos peatonales en la parte a nivel.

La implementación de los semáforos permite interrumpir periódicamente los volúmenes de tránsito en una vía principal, para conceder el paso de vehículos y peatones de las vías transversales.

Los siniestros viales presentados en una intersección a nivel, justifica el diseño de una intersección semaforizada o a desnivel con el propósito de minimizar la falta de seguridad vial.

Ilustración 36 Alternativa 2 intersección a desnivel calzada principal N-S con intersección a nivel semaforizada.



Fuente: Elaboración propia - Software Topo3.

b. Desventajas de la alternativa 2.

Esta solución no se adecua a las condiciones del año 2022 debido a que está en proceso de construcción a nivel de la glorieta de la Calle 12 con carrera 4.

Se pueden presentar demoras injustificadas, cuando se tienen accesos con bajos volúmenes de tráfico, como por ejemplo el sentido E-W.

5.10.3 Alternativa 3 intersección a desnivel - calzada principal elevada S-N y calzada principal deprimida N-S sobre la glorieta a nivel.

Durante el desarrollo del proyecto de maestría, la entidad AVANTE SETP está llevando a cabo la construcción de la glorieta a nivel, como una solución a los problemas de movilidad y congestión vehicular en la calle 12 (Av. Panamericana) con carrera 4.

Como consecuencia de lo anterior, se propone como alternativa 3 un diseño geométrico mediante un paso elevado de una calzada en el sentido Sur-Norte y un paso deprimido en la calzada Norte -Sur los cuales se desarrollan sobre la glorieta a nivel en proceso de construcción, teniendo como fundamento técnico la importancia de esta intersección a desnivel dado que en este sector confluyen una vía internacional con una vía urbana y con el propósito de disminuir los tiempos de operación dado al flujo de vehículos de carga que transitan por esta carretera. Así mismo, para dar continuidad a la inversión inicial que está ejecutando AVANTE SETP, que suman alrededor de 6.400 millones de pesos y proyectar un mejoramiento a futuro con el propósito de dinamizar más la movilidad y la seguridad vial de este sector en estudio.

5.10.3.1 Análisis de la alternativa 3 – intersección a desnivel calzada principal elevada S-N y calzada principal deprimida N-S sobre la glorieta a nivel.

a. Ventajas de la alternativa 3

En esta alternativa se planteó dar prioridad al flujo vehicular en el sentido S-N mediante la elevación calzada y deprimir la calzada N-S, cada una con un carril por sentido, con lo que se espera mejorar la seguridad vial y reducción de tiempos de espera sobre esta vía.

El diseño geométrico de esta solución vial contemplo la independenciam de los flujos, dado que los vehículos de carácter urbano harán su recorrido por la glorieta a nivel, mientras que los vehículos que se dirigen de Pasto a Ipiales y viceversa tomarán el paso a deprimido y/o elevado con lo que se estima mejorar la movilidad de los vehículos, disminuyendo los tiempos de operación y disminución de los trancones.

La sección transversal de los ramales es de 4.5m en los sentidos Sur-Este y Este-Norte, debido a que en la zona de influencia de la intersección se encuentra la plaza de mercado El Potrerillo donde hay afluencia de vehículos de carga, se espera que con el diseño propuesto que con estos ramales y la glorieta dinamizará el flujo de la carga pesada este sector.

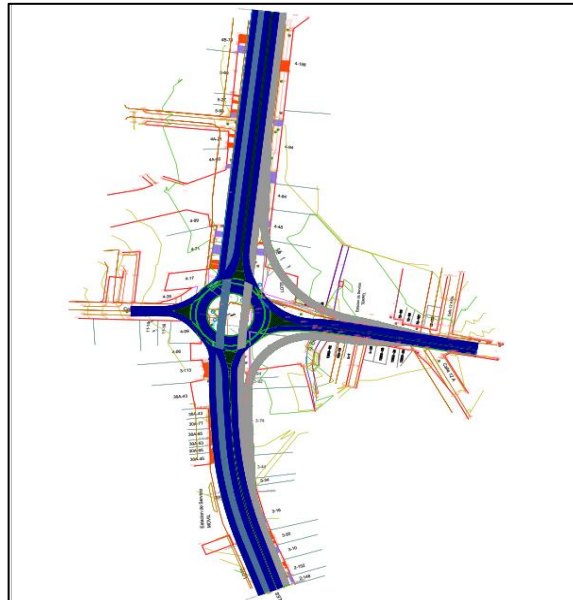
DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

b. Desventajas de la alternativa 3.

La desventaja de este diseño radica en los altos de costos que debe invertir las entidades públicas para destinar recursos para la ejecución de una solución a desnivel que incluye la construcción de puentes, calzadas adicionales, intervención en las redes de servicios públicos, paisajismo y espacio público y compra de predios.

Ilustración 37 Diseño paso a desnivel calzada NS deprimida y calzada S- sobre la glorieta existente.



Fuente: Elaboración propia - Software Civil3D.

El proceso constructivo de esta solución se dificulta dado que al ejecutar la calzada N-S deprimida implicaría afectación a la glorieta a nivel que se está desarrollando en el año 2022.

Esta alternativa presenta dificultad en el desplazamiento de peatones y ciclistas debido a que los pasos peatones se ubicarían en el inicio y final de los ejes N-S y S-N, generando grandes desplazamientos para acceder a estos pasos y confusión a los usuarios de la movilidad activa.

5.10.4 Alternativa 4 intersección calzada principales N-S y S-N elevadas sobre glorieta a nivel.

En esta alternativa al igual que la alternativa 3, da prioridad al flujo vehicular del sentido N-S y S-N mediante la elevación de estas calzadas principales, la sección transversal está compuesta por un ancho de corona de 10.2 m. Así mismo, están garantizados todos los movimientos a nivel dado que la glorieta lo que permite es la

circulación de los vehículos debido la baja complejidad de su funcionamiento y a la moderación de la velocidad. Este tipo de solución, la mayoría de las trayectorias vehiculares convergen y divergen, por lo que es reducido el número de conflictos.³⁷

La alternativa 4 se diseñó con el propósito de canalizar los flujos dado que los vehículos que requieran paso por la zona urbana tomarán los diferentes accesos de la glorieta a nivel, mientras que los vehículos que requieran ir en sentido N-S y S-N tomarán el paso elevado dinamizando la movilidad de la vía Panamericana.

En cuanto a la gestión predial, se tiene el siguiente balance, en el sentido Norte – Oeste, la intervención es mínima dado que solo afecta andenes y rampas de accesos en 12 predios con un área aproximada de 236 m². En el entorno Este - Sur se presenta afectación total a un solo predio con área aproximada de 312 m², sin embargo, la afectación de andenes y rampas de acceso es mínima, área afectada es de 598 m². En el sentido Sur - Este se presenta la mayor afectación en predios 10 predios con un área de 4.440 m² y la afectación en andenes es de 140 m². En el sentido Este - norte – se presenta la mayor afectación en predios 6 predios, con un área de 2590 m² y andenes 1215m².

5.10.4.1 Análisis de la alternativa 4 – intersección calzada principal N-S y S-N elevadas sobre glorieta a nivel.

a. Ventajas de la alternativa 4

La alternativa 4 tiene como propósito entregar un diseño geométrico a futuro que tiene como fundamento la independencia de los movimientos, dinamizar la movilidad y la seguridad vial de la glorieta cuando supere la capacidad de diseño a nivel en proceso de construcción.

La alternativa 4 genera un impacto positivo sobre los usuarios de la movilidad activa debido a que se disminuyen los conflictos de cruce entre peatones y vehículos que desplazan a mayor velocidad, permitiendo que los usuarios de movilidad activa se desplacen por los pasos peatonales propuestos a nivel con mayor seguridad.

El diseño geométrico contempla la implantación de andenes sobre los 4 ejes de acceso a la glorieta con lo que se mejora la circulación de los peatones. Es de aclarar, que se conserva la ciclorruta existente sobre la calle 12 en el acceso norte y tramo de la ciclorruta sobre la glorieta en su costado Este lo que permite la conexión y salida de ciclistas hacia la vía Panamericana.

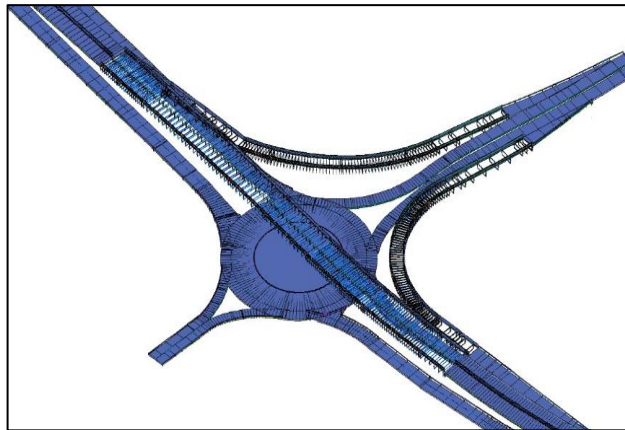
Así mismo, se da continuidad a la inversión inicial aproximada de 6.400 millones de pesos que está realizando la entidad AVANTE SETP mediante la construcción de la glorieta a nivel.

³⁷ ARBOLEDA VÉLEZ, GERMAN; Calculo y diseño de glorietas. 2020. p.13.

Se conceptúan que la intersección de la calle 12 con carrera 4 requiere un paso a desnivel debido al flujo vehicular y a la importancia de la vía Panamericana la cual es la única vía que conecta a Colombia con el departamento de Nariño y con el país del Ecuador y más la ruta 2501 hacia Ipiales se encuentra concesionada mejorando el desarrollo económico de San Juan de Pasto. Por lo tanto, es necesario que las entidades a cargo de estas vías invirtieran recursos en un paso a desnivel con el propósito de aumentar la capacidad vial, dinamizar la economía al sur país, garantizando la comodidad de los usuarios y disminución en los tiempos de operación antes que se supere la vida útil de la glorieta a nivel.

A la alternativa 4 se modeló la capacidad y nivel de servicio mediante el programa VISIM versión académica, el cual estimó que su nivel de servicio al finalizar su periodo de diseño estará clasificado con nivel de servicio tipo A, con lo cual se puede predecir que la alternativa 4 es un proyecto factible para construir en el futuro.

Ilustración 38 Diseño intersección a desnivel calzadas elevadas NS-SN sobre glorieta existente.



Fuente: Elaboración propia - Software Civil3D.

a. Desventajas de la alternativa 4

Esta propuesta tiene como desventaja los costos que debe invertir las entidades públicas para destinar recursos para la ejecución de una solución a desnivel la cual incluye la elevación de las calzadas principales N-S y S- mediante puentes y muros en tierra armada, ramales adicionales, gestión de redes secas y húmedas, ejecución de espacio público y compra de predios.

Al construir esta solución vial la gestión predial que debe adelantar las entidades públicas es de 1591 m² de andenes y 7.342 en predios, los cuales el 94% de estos se ubican en la parte N-E y S-E de la intersección a desnivel.

5.11 DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.

La elección de la alternativa a diseñar se realizó mediante una matriz de selección multicriterio en donde se evalúan numéricamente los impactos y beneficios que genera cada alternativa en relación al entorno actual.

5.11.1 Matriz de selección.

Los criterios analizados se evaluaron en consideración a los impactos y beneficios que cada una de las alternativas genera en torno a la situación actual de la intersección. Los criterios de selección se evaluaron con una calificación de 0 a 5, siendo 0 (cero) la calificación más baja (Ver Tabla 20).

Tabla 20. Matriz de Selección Multicriterio

| ALTERNATIVA | DESCRIPCION | CRITERIOS DE SELECCIÓN | | | | | CALIFICACION TOTAL |
|-------------|--|--|-----------------|----------------------|---------------------------|--|--------------------|
| | | APROVECHAMIENTO INFRAESTRUCTURA EXISTENTE GLORIETA A NIVEL | GESTION PREDIAL | PROCESO CONSTRUCTIVO | DISMINUCION DE CONFLICTOS | IMPLEMENTACION DE ANDENES O PASOS PEATONALES | |
| 1 | Intersección a desnivel tipo trompeta. | 2 | 2 | 3 | 4 | 1 | 12 |
| 2 | Intersección a desnivel calzada principal N-S con intersección a nivel semaforizada. | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 20 |
| 3 | Intersección a desnivel calzada principal S-N elevada y calzada deprimida N-S elevada sobre la glorieta a nivel. | 3 | 4 | 2 | 5 | 2 | 16 |
| 4 | Intersección calzada principales N-S y S-N elevadas sobre glorieta a nivel. | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 25 |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el resultado de la matriz, la alternativa de diseño geométrico que mejor se adapta a las condiciones técnicas de intersección es la 4, la cual consiste en un paso elevado sobre la glorieta a nivel.

5.11.2 Criterios de diseño geométrico.

En este capítulo se adoptan los parámetros para el diseño de la intersección a desnivel de acuerdo con lo dispuesto en el diseño Geométrico de Carreteras INVIAS 2008 y en los libros de diseño geométrico “Vías Urbanas, Una Ciudad Para Todos Arboleda, 2020” y Calculo y diseño de Glorietas.

5.11.2.1 Velocidad de diseño glorieta.

Según el Manual de diseño geométrico “La velocidad de diseño es la velocidad guía o de referencia de un tramo homogéneo de carretera, que permite definir las

*características geométricas mínimas de todos los elementos del trazado, en condiciones de seguridad y comodidad*³⁸.

Conforme a lo anterior y a las recomendaciones del libro “Calculo y diseño de Glorietas Arboleda, 2000” y al principio general de operación de una glorieta se basa en el hecho de que el transito que se incorpora debe subordinarse al tránsito que hace uso de la glorieta, es decir, debe obedecer una señal de CEDA EL PASO, por lo tanto, no se justifica diseñar glorietas para velocidades superiores a 50 km/h³⁹.

Bajo esta recomendación, y dado que la glorieta se desarrolla en un paso urbano, se adopta como velocidad de diseño 30 km/h.

5.11.2.2 Tipo de terreno

Según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras 2008, el terreno del proyecto se clasifica como ondulado dado que tiene pendientes transversales al eje de la vía entre seis y trece grados (6° - 13°), requiere moderado movimiento de tierras durante la construcción, lo que permite alineamientos más o menos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y en la explanación y sus pendientes longitudinales se encuentran entre tres y seis por ciento (3% - 6%)⁴⁰.

5.11.2.3 Velocidad de diseño calzada elevada.

Tabla 21 Valores Velocidad de diseño.

Tabla 2.1.
Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (V_{TR}) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno

| CATEGORÍA DE LA CARRETERA | TIPO DE TERRENO | VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h) | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------|---|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| | | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 |
| Primaria de dos calzadas | Plano | | | | | | | | | | |
| | Ondulado | | | | | | | | | | |
| | Montañoso | | | | | | | | | | |
| | Escarpado | | | | | | | | | | |
| Primaria de una calzada | Plano | | | | | | | | | | |
| | Ondulado | | | | | | | | | | |
| | Montañoso | | | | | | | | | | |
| | Escarpado | | | | | | | | | | |
| Secundaria | Plano | | | | | | | | | | |
| | Ondulado | | | | | | | | | | |
| | Montañoso | | | | | | | | | | |
| | Escarpado | | | | | | | | | | |
| Terciaria | Plano | | | | | | | | | | |
| | Ondulado | | | | | | | | | | |
| | Montañoso | | | | | | | | | | |
| | Escarpado | | | | | | | | | | |

De acuerdo con el Manual de diseño geométrico, se adopta para la calzada elevada como velocidad de diseño inicial $V_{TR}=70\text{km/h}$ ⁴¹., no obstante, teniendo en cuenta que la intersección se desarrolla en zona urbana y que por razones de seguridad vial no se recomienda superar los 60km/h, se adopta como $V_{TR}=50\text{km/h}$.

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras, Colombia, 2008.

³⁸ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Instituto Nacional de Vías. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras., INVIAS, 2008.p 273.

³⁹ ARBOLEDA VÉLEZ, GERMAN; Calculo y diseño de glorietas. 2020. p.62.

⁴⁰ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Op.cit.,p.6.

⁴¹ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Instituto Nacional de Vías. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras., INVIAS, 2008.p 273.

5.11.3 Parámetros de diseño en planta

5.11.3.1 Radio mínimo y peralte máximo

De acuerdo con el Manual de diseño geométrico del INVIAS 2008, define que el radio de curvatura mínimo, para unas condiciones de seguridad ante el deslizamiento y equilibrio, es función de la velocidad específica de la curva, peralte máximo y coeficiente de fricción transversal⁴².

Tabla 22. Radio de Curvatura Mínimo (R_{min}).

3.1.3.4. Radio de curvatura mínimo (R_{Cmin})

El radio mínimo (R_{Cmin}) es el valor límite de curvatura para una Velocidad Específica (V_{CH}) de acuerdo con el peralte máximo ($e_{máx}$) y el coeficiente de fricción transversal máxima ($f_{Tmáx}$). El Radio mínimo de curvatura solo debe ser usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores. El radio mínimo se calcula de acuerdo al criterio de seguridad ante el deslizamiento mediante la aplicación de la ecuación de equilibrio:

$$R_{Cmin} = \frac{(V_{CH})^2}{127 \times (e_{máx} + f_{Tmáx})}$$

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras, Colombia, 2008

Tabla 23 Radio mínimo para peralte máximo $e_{max}=8\%$ y fricción máxima.

Tabla 3.2.
Radios mínimos para peralte máximo $e_{max} = 8\%$ y fricción máxima

| VELOCIDAD ESPECÍFICA (V_{CH}) (km/h) | PERALTE MÁXIMO (%) | COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL $f_{Tmáx}$ | TOTAL $e_{máx} + f_{Tmáx}$ | RADIO MÍNIMO (m) | |
|--|--------------------|--|----------------------------|------------------|------------|
| | | | | CALCULADO | REDONDEADO |
| 40 | 8,0 | 0,23 | 0,31 | 40,6 | 41 |
| 50 | 8,0 | 0,19 | 0,27 | 72,9 | 73 |
| 60 | 8,0 | 0,17 | 0,25 | 113,4 | 113 |
| 70 | 8,0 | 0,15 | 0,23 | 167,8 | 168 |
| 80 | 8,0 | 0,14 | 0,22 | 229,1 | 229 |
| 90 | 8,0 | 0,13 | 0,21 | 303,7 | 304 |
| 100 | 8,0 | 0,12 | 0,20 | 393,7 | 394 |
| 110 | 8,0 | 0,11 | 0,19 | 501,5 | 501 |
| 120 | 8,0 | 0,09 | 0,17 | 667,0 | 667 |
| 130 | 8,0 | 0,08 | 0,16 | 831,7 | 832 |

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras, Colombia, 2008

Por lo que un radio con el valor mayor a 73 m se está cumpliendo los parámetros de seguridad y equilibrio del vehículo, siempre y cuando se garantice una velocidad de 50 Km/h y un peralte del 8%, este criterio se adoptó para la calzada elevada.

Para estimar el radio mínimo de los ejes de accesos que se empalman con la glorieta se adoptó este criterio de acuerdo con el Manual de diseño geométrico de carreteras de la AASHTO, el cual se muestra en Tabla 24.

⁴² MINISTERIO DE TRANSPORTE. Instituto Nacional de Vías. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras., INVIAS, 2008.p 273.

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

Tabla 24 Radio mínimo en función e y f.

Table 3-7. Minimum Radius Using Limiting Values of e and f

| U.S. Customary | | | | | | Metric | | | | | |
|--------------------|-----------------|-------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|-----------------|-------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Design Speed (mph) | Maximum e (%) | Maximum f | Total ($e/100 + f$) | Calculated Radius (ft) | Round- ed Radius (ft) | Design Speed (km/h) | Maximum e (%) | Maximum f | Total ($e/100 + f$) | Calculated Radius (m) | Round- ed Radius (m) |
| 10 | 4.0 | 0.38 | 0.42 | 15.9 | 16 | 15 | 4.0 | 0.40 | 0.44 | 4.0 | 4 |
| 15 | 4.0 | 0.32 | 0.36 | 41.7 | 42 | 20 | 4.0 | 0.35 | 0.39 | 8.1 | 8 |
| 20 | 4.0 | 0.27 | 0.31 | 86.0 | 86 | 30 | 4.0 | 0.28 | 0.32 | 22.1 | 22 |
| 25 | 4.0 | 0.23 | 0.27 | 154.3 | 154 | 40 | 4.0 | 0.23 | 0.27 | 46.7 | 47 |
| 30 | 4.0 | 0.20 | 0.24 | 250.0 | 250 | 50 | 4.0 | 0.19 | 0.23 | 85.6 | 86 |
| 35 | 4.0 | 0.18 | 0.22 | 371.2 | 371 | 60 | 4.0 | 0.17 | 0.21 | 135.0 | 135 |
| 40 | 4.0 | 0.16 | 0.20 | 533.3 | 533 | 70 | 4.0 | 0.15 | 0.19 | 203.1 | 203 |
| 45 | 4.0 | 0.15 | 0.19 | 710.5 | 711 | 80 | 4.0 | 0.14 | 0.18 | 280.0 | 280 |
| 50 | 4.0 | 0.14 | 0.18 | 925.9 | 926 | 90 | 4.0 | 0.13 | 0.17 | 375.2 | 375 |
| 55 | 4.0 | 0.13 | 0.17 | 1186.3 | 1190 | 100 | 4.0 | 0.12 | 0.16 | 492.1 | 492 |
| 60 | 4.0 | 0.12 | 0.16 | 1500.0 | 1500 | | | | | | |
| 10 | 6.0 | 0.38 | 0.44 | 15.2 | 15 | 15 | 6.0 | 0.40 | 0.46 | 3.9 | 4 |
| 15 | 6.0 | 0.32 | 0.38 | 39.5 | 39 | 20 | 6.0 | 0.35 | 0.41 | 7.7 | 8 |
| 20 | 6.0 | 0.27 | 0.33 | 80.8 | 81 | 30 | 6.0 | 0.28 | 0.34 | 20.8 | 21 |
| 25 | 6.0 | 0.23 | 0.29 | 143.7 | 144 | 40 | 6.0 | 0.23 | 0.29 | 43.4 | 43 |
| 30 | 6.0 | 0.20 | 0.26 | 230.8 | 231 | 50 | 6.0 | 0.19 | 0.25 | 78.7 | 79 |
| 35 | 6.0 | 0.18 | 0.24 | 340.3 | 340 | 60 | 6.0 | 0.17 | 0.23 | 123.2 | 123 |
| 40 | 6.0 | 0.16 | 0.22 | 484.8 | 485 | 70 | 6.0 | 0.15 | 0.21 | 183.7 | 184 |
| 45 | 6.0 | 0.15 | 0.21 | 642.9 | 643 | 80 | 6.0 | 0.14 | 0.20 | 252.0 | 252 |
| 50 | 6.0 | 0.14 | 0.20 | 833.3 | 833 | 90 | 6.0 | 0.13 | 0.19 | 335.7 | 336 |
| 55 | 6.0 | 0.13 | 0.19 | 1061.4 | 1060 | 100 | 6.0 | 0.12 | 0.18 | 437.4 | 437 |
| 60 | 6.0 | 0.12 | 0.18 | 1333.3 | 1330 | 110 | 6.0 | 0.11 | 0.17 | 560.4 | 560 |
| 65 | 6.0 | 0.11 | 0.17 | 1656.9 | 1660 | 120 | 6.0 | 0.09 | 0.15 | 755.9 | 756 |
| 70 | 6.0 | 0.10 | 0.16 | 2041.7 | 2040 | 130 | 6.0 | 0.08 | 0.14 | 950.5 | 951 |
| 75 | 6.0 | 0.09 | 0.15 | 2500.0 | 2500 | | | | | | |
| 80 | 6.0 | 0.08 | 0.14 | 3047.6 | 3050 | | | | | | |
| 10 | 8.0 | 0.38 | 0.46 | 14.5 | 14 | 15 | 8.0 | 0.40 | 0.48 | 3.7 | 4 |
| 15 | 8.0 | 0.32 | 0.40 | 37.5 | 38 | 20 | 8.0 | 0.35 | 0.43 | 7.3 | 7 |
| 20 | 8.0 | 0.27 | 0.35 | 76.2 | 76 | 30 | 8.0 | 0.28 | 0.36 | 19.7 | 20 |
| 25 | 8.0 | 0.23 | 0.31 | 134.4 | 134 | 40 | 8.0 | 0.23 | 0.31 | 40.6 | 41 |
| 30 | 8.0 | 0.20 | 0.28 | 214.3 | 214 | 50 | 8.0 | 0.19 | 0.27 | 72.9 | 73 |
| 35 | 8.0 | 0.18 | 0.26 | 314.1 | 314 | 60 | 8.0 | 0.17 | 0.25 | 113.4 | 113 |
| 40 | 8.0 | 0.16 | 0.24 | 444.4 | 444 | 70 | 8.0 | 0.15 | 0.23 | 167.8 | 168 |
| 45 | 8.0 | 0.15 | 0.23 | 587.0 | 587 | 80 | 8.0 | 0.14 | 0.22 | 229.1 | 229 |
| 50 | 8.0 | 0.14 | 0.22 | 757.6 | 758 | 90 | 8.0 | 0.13 | 0.21 | 303.7 | 304 |
| 55 | 8.0 | 0.13 | 0.21 | 960.3 | 960 | 100 | 8.0 | 0.12 | 0.20 | 393.7 | 394 |
| 60 | 8.0 | 0.12 | 0.20 | 1200.0 | 1200 | 110 | 8.0 | 0.11 | 0.19 | 501.5 | 501 |
| 65 | 8.0 | 0.11 | 0.19 | 1482.5 | 1480 | 120 | 8.0 | 0.09 | 0.17 | 667.0 | 667 |
| 70 | 8.0 | 0.10 | 0.18 | 1814.8 | 1810 | 130 | 8.0 | 0.08 | 0.16 | 831.7 | 832 |
| 75 | 8.0 | 0.09 | 0.17 | 2205.9 | 2210 | | | | | | |
| 80 | 8.0 | 0.08 | 0.16 | 2666.7 | 2670 | | | | | | |

Fuente: A Policy on Geometric Desing of Highways and Streets.

5.11.3.2 Dimensionamiento sección típica de la calzada desnivel.

a. Calzada a desnivel Norte – Sur y Sur - Norte

De acuerdo con el Manual de diseño geométrico se adopta un ancho de carril de 3.60m y berma externa de 1m para cada calzada, las cuales se dividen por un separador tipo New Jersey con un ancho de 1m, así entonces se tiene un ancho de corona total de 10.2m, la cual incluye una sola calzada elevada con un carril por sentido, tal como se puede ver en la Ilustración 40 Sección típica calzadas elevadas N-S y S-N.

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

Ilustración 39 Parámetros Mínimos Calzadas Elevadas – Puentes

7.1.2.3. Sección transversal

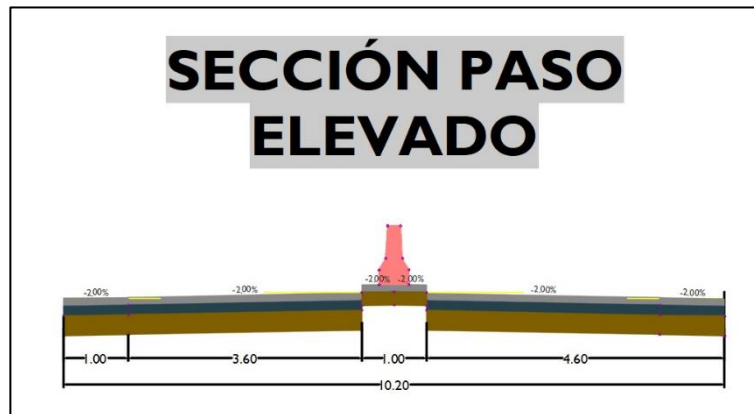
Los diseños deberán cumplir con los siguientes criterios:

- Para la zona de circulación vehicular se mantendrá la sección transversal típica del tramo de carretera correspondiente a los elementos de la corona.
- Cuando se requiera la implementación de zonas para paso peatonal, éstas se deberán separar de la zona de circulación vehicular mediante barreras y proteger hacia el exterior del tablero mediante barandas.
- Cuando el puente haga parte de una carretera multicarril, se deberá dotar de un separador para cada sentido de circulación.
- En ningún caso los elementos tendrán anchos inferiores a los siguientes:
 - Carril: tres metros con cincuenta centímetros (3.50 m).
 - Berma: un metro (1.00 m).
 - Andenes: un metro (1.00 m).
 - Ciclorrutas: dos metros (2.00 m).

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras, Colombia, 2008

En la Ilustración 40 se muestran las secciones típicas adoptadas para la alternativa 4 para las calzadas elevadas N-S y S-N.

Ilustración 40 Sección típica calzadas elevadas N-S y S-N



Fuente: Elaboración propia.

b. Sección transversal de la glorieta.

En cuanto a la sección a nivel de la intersección se adoptó los parámetros de diseño de AVANTE.

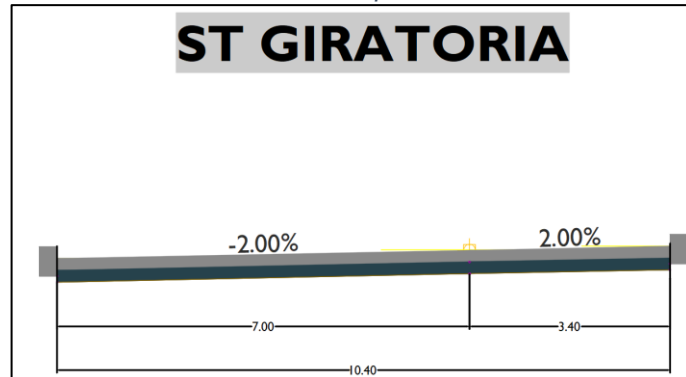
Dentro de los cuales se tienen dos carriles asimétricos, con un ancho de 7 m hacia el lado izquierdo y 3.4 m hacia el lado derecho, se tiene un bombeo de 2% hacia el lado externo de la glorieta. (Ver Ilustración 41).

Por otra parte de AVANTE SETP plantea la construcción de un tramo de ciclorruta paralela a la glorieta que se une con la ya existente en la Calle 12 sobre el lado derecho en sentido S-N, esta permite la conexión de los ciclistas que entran a la Ciudad de Pasto y que circulan sobre la vía Panamericana.

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

Ilustración 41 Sección típica Glorieta a Nivel



Fuente: Elaboración propia.

5.11.3.3 Dimensionamiento ramales de enlace.

De acuerdo con el manual de diseño geométrico 2008, los ramales de salida o de entrada de enlace son función del radio interior.

Tabla 25. Anchos de calzada ramales de enlace entrada o salida en función del radio.

Tabla 6.3.
Ancho de calzada en ramales de salida o de entrada enlace en función del Radio interior

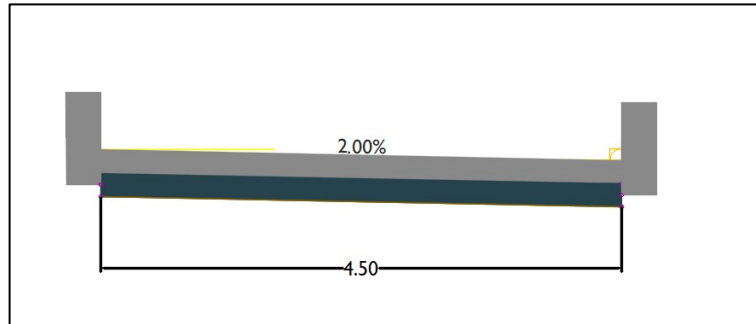
| RADIO INTERIOR (m) | ANCHO DE UN CARRIL SENCILLO, W (m) | ANCHO DE CALZADA CON UN ÚNICO CARRIL CON ESPACIO PARA SOBREPASAR UN VEHÍCULO ESTACIONADO, W (m) |
|--------------------|------------------------------------|---|
| 15 | 6,20 | 9,50 |
| 20 | 5,70 | 8,90 |
| 25 | 5,30 | 8,40 |
| 30 | 5,00 | 8,00 |
| 40 | 4,60 | 7,40 |
| 50 | 4,50 | 7,00 |
| 75 | 4,50 | 6,50 |
| 100 | 4,50 | 6,20 |
| 150 | 4,50 | 6,10 |
| Derecho | 4,50 | 6,00 |

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras, Colombia, 2008

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

Tabla 26 Sección típica ramales.



Fuente: Elaboración propia.

5.11.3.4 Bombeo

Para este proyecto se ha adoptó un bombeo del 2%. En la calzada elevada se optó por un bombeo a dos aguas del 2% a cada lado, mientras que para los ramales de empalme el bombeo se maneja hacia el lado interno de estos con un valor de 2%.

5.11.3.5 Longitud carril de aceleración y desaceleración

De acuerdo con el Manual de Diseño geométrico en sus tablas 6.1 y 6.2 se adoptan los siguientes criterios para los carriles de aceleración y desaceleración, tal como se puede ver en la Tabla 27

Tabla 27. Longitud mínima carriles de aceleración y desaceleración

Tabla 6.1
Longitud mínima del carril de aceleración

| VIA PRIMARIA (CALZADA DE DESTINO) | | Velocidad específica del ramal de entrada ⁽¹⁾ o de enlace ⁽²⁾ (km/h) | | | | | | |
|---|-------------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | PARE | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 |
| Velocidad Específica del elemento de la calzada de destino inmediatamente anterior al inicio del carril de aceleración (km/h) | Longitud de la transición (m) | Longitud total del carril de aceleración, incluyendo la transición (m) | | | | | | |
| 50 | 45 | 90 | 70 | 55 | 45 | - | - | - |
| 60 | 55 | 140 | 120 | 105 | 90 | 55 | - | - |
| 70 | 60 | 185 | 165 | 150 | 135 | 100 | 60 | - |
| 80 | 65 | 235 | 215 | 200 | 185 | 150 | 105 | - |
| 100 | 75 | 340 | 320 | 305 | 290 | 255 | 210 | 105 |
| 120 | 90 | 435 | 425 | 410 | 390 | 360 | 300 | 210 |
| VIA SECUNDARIA (CALZADA DE DESTINO) | | | | | | | | |
| 50 | 45 | 55 | 45 | 45 | - | - | - | - |
| 60 | 55 | 90 | 75 | 65 | 55 | - | - | - |
| 70 | 60 | 125 | 110 | 90 | 75 | 60 | 60 | - |
| 80 | 65 | 165 | 150 | 130 | 110 | 85 | 65 | - |
| 100 | 75 | 255 | 235 | 220 | 200 | 170 | 120 | 75 |
| 120 | 90 | 340 | 320 | 300 | 275 | 250 | 195 | 100 |

⁽¹⁾ Ramal de entrada en el caso de intersecciones canalizadas a nivel.
⁽²⁾ Ramal de enlace en el caso de intersecciones a desnivel (V_{RE}).

Tabla 6.2
Longitud mínima de un carril de desaceleración

| VIA PRIMARIA (CALZADA DE DESTINO) | | Velocidad específica del ramal de salida ⁽¹⁾ o de enlace ⁽²⁾ (km/h) | | | | | | |
|---|-------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| | | PARE | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 |
| Velocidad Específica del elemento de la calzada de origen inmediatamente anterior al inicio del carril de desaceleración (km/h) | Longitud de la transición (m) | Longitud total del carril de desaceleración, incluyendo la transición (m) | | | | | | |
| 50 | 45 | 70 | 50 | 45 | 45 | - | - | - |
| 60 | 55 | 90 | 70 | 70 | 55 | 55 | - | - |
| 70 | 60 | 105 | 90 | 90 | 75 | 60 | 60 | - |
| 80 | 65 | 120 | 105 | 105 | 90 | 75 | 65 | - |
| 100 | 75 | 140 | 125 | 125 | 110 | 95 | 80 | 75 |
| 120 | 90 | 160 | 145 | 145 | 130 | 130 | 110 | 90 |

⁽¹⁾ Ramal de salida en el caso de intersecciones canalizadas a nivel.
⁽²⁾ Ramal de enlace en el caso de intersecciones a desnivel (V_{RE}).

Fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras, Colombia, 2008

5.11.4 Parámetros de diseño geométrico.

De los parámetros listados en los numerales anteriores se tiene la siguiente Tabla 28, en la cual se resumen estos y también se listan los mínimos obtenidos como resultado del diseño geométrico de la alternativa 4.

Tabla 28 Consolidado parámetros de diseño geométrico alternativa 4 – Ejes elevados.

| PARÁMETRO | CALZADA PRINCIPAL ELEVADA | | | RAMALES DE ENLACE | | | CUMPLE |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------|-----------|-------------------|---------|----------|--------|
| | INVIAS | EJE 1 N-S | EJE 2 N-S | INVIAS | EJE S-E | EJE E- N | |
| Velocidad de diseño (Km/h) | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | Si |
| Número de carriles (und) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | Si |
| Ancho carril (m) | 3.5 | 3.6 | 3.6 | 4.5 | 4.5 | 4.5 | Si |
| Radio mínimo de curvatura (m) | 73 | 275 | 275 | 15 | 38 | 86 | Si |
| Bombeo (%) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | Si |
| Pendiente Longitudinal mínima (%) | 0.5 | 1.11 | 1.11 | 0.5 | 0.85 | 3.81 | Si |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29 Criterios de diseño de glorietas⁴³

| PARÁMETRO GLORIETA | UNIDAD | CRITERIO ADOPTADO | NORMA INVIAS | CUMPLE |
|---|------------|-------------------|------------------|--------|
| Diámetro mínimo isla central | m | 30 | 25 | SI |
| Diámetro mínimo círculo inscrito | m | 50.8 | 50 | SI |
| Relación W/L (Sección de entrecruzamiento) | | 0.36 | Entre 0.25 y 0.4 | SI |
| Ancho sección de entrecruzamiento (W) | m | 10.4 | Máximo 15 | SI |
| Longitud sección de entrecruzamiento (L) | m | 26.31 | | SI |
| Ancho promedio de las entradas a la sección de entrecruzamiento (e) | | 3.70 | | SI |
| Radio interno mínimo en los accesos | De entrada | m | 30 | SI |
| | De salida | m | 40 | SI |
| Velocidad de diseño | Km/h | 30 | | SI |

Fuente: Elaboración propia.

⁴³ MINISTERIO DE TRANSPORTE. Instituto Nacional de Vías. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras., INVIAS, 2008.p 185.

5.11.5 Procedimiento de diseño geométrico

El diseño geométrico de la alternativa seleccionada se realizó mediante el Software AutoCAD Civil 3d V2021- Versión Educativa.

En la alternativa 4 se desarrolla en dos fases, la primera es una glorieta a nivel la cual se optó por implantar el diseño geométrico de la glorieta propuesto por AVANTE SETP, en total se diseñaron 9 ejes a nivel que corresponde a las entradas, salidas y eje de la Glorieta.

La fase II del diseño geométrico contempla la elevación de la calzada en sentido S-N y N-S, el cual está compuesto por 3 ejes, el eje elevado y los ejes de los ramales de entrada y salida, los cuales se empalman el eje elevado con la carrera 4. Dichos empalmes se hicieron por los bordes externos de cada eje, cumpliendo con las longitudes de aceleración y desaceleración de cada ramal de enlace.

Dentro del tramo de Intervención transitan varias rutas de transporte publico entre ellas la ruta C06, E05, que transitan en sentido S-N y N-S y no tienen paradas en el tramo de Intervención, puesto que su destino objetivo más cercano es el corregimiento de Catambuco; las rutas C12 y C10, atraviesan la glorieta para conducirse hacia la carrera 4, por lo que usualmente cuentan con paradas sobre la carrera 4, en frente del condominio El Remanso, el cual corresponde a la abscisa K0+000 y K0+500 de los ejes de entrada E-N y de salida S-E. Por esta razón dentro del diseño propuesto no se tendrá afectaciones con las estaciones de parada, ni con el esquema de rutas del Sistema de Transporte Publico.

En cuanto al tema de urbanismo y espacio público el presente proyecto no está dentro del alcance del trabajo de grado, no obstante, de forma general se proyectó en el paso a nivel intersección la inclusión de andenes peatonales a cada lado de los ejes de los ramales de entrada y salida de los ejes N-W, W-S, S-E y E-N. Además, se conservó el tramo de ciclorruta planteado por AVANTE debajo de los puentes elevados de los ramales de acceso. Igualmente, para el cruce de los peatones se proyectó pasos peatonales sobre las isletas que rodean a la glorieta, ya que se cuenta con suficiente espacio, garantizando así su movilidad a los diferentes puntos de interés.

Dentro de la calzada a desnivel no se contempla el paso de peatones y ciclistas, ya que la alternativa 4 tiene como propósito canalizar los flujos de vehículos pesados y livianos por la calzada elevada N-S y S-N que tienen como destino directo la entrada y salida de la ciudad sin necesidad de pasar por la zona urbana. Y como se expuso anteriormente, la movilidad de peatones y ciclistas se hará por la zona a nivel de la intersección.

5.12 CALCULO NIVELES DE SERVICIO.

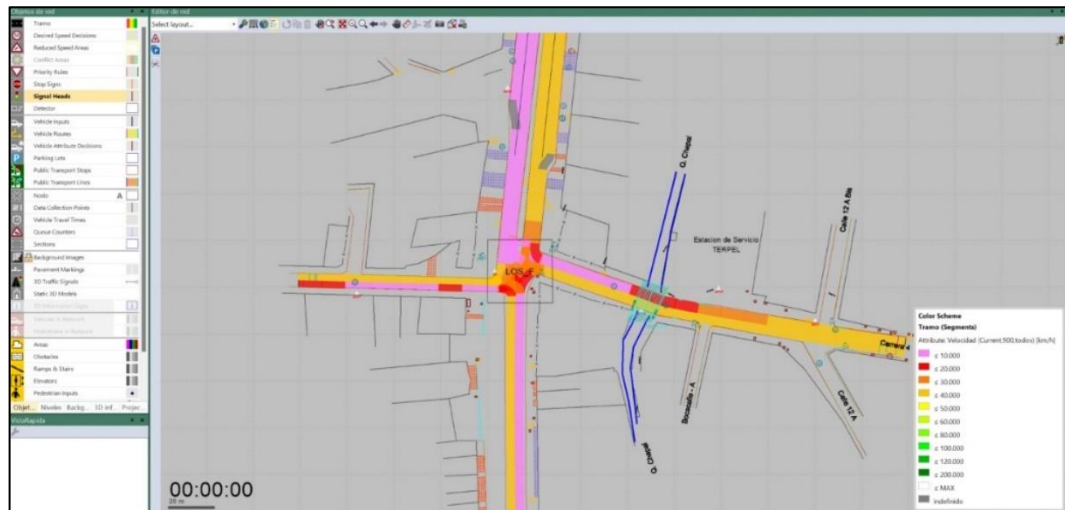
Según Cal y Mayor definen el nivel de servicio como la medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como velocidad y tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial⁴⁴.

De igual forma, el Manual de Capacidad de carreteras del Instituto Nacional de Vías, ha definido seis niveles para Colombia que van desde el A hasta el F, en el cual es un nivel A de servicio a flujo libre, con especificaciones geométricas adecuadas y facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular, no ofrece restricción por estar de acuerdo con la topografía de la zona⁴⁵.

Mientras que un nivel de servicio F, representa una circulación congestionada, cuando el volumen de demanda es superior a la capacidad de la vía y se rompe la continuidad en el flujo. Se suelen formar largas colas y las operaciones dentro de estas se caracterizan por constantes paradas y avances cortos⁴⁶.

El nivel de servicio se calculó mediante la modelación con el programa VISIM versión académica, con el cual se evaluó las condiciones iniciales de la intersección de la calle 12 con carrera 4 y la condición futura mediante la implantación del diseño geométrico de la alternativa 4.

Ilustración 42 Nivel de servicio F Intersección Calle 12 con Carrera 4.



Fuente: Elaboración propia - Modelación programa Visim versión académica.

⁴⁴ CAL Y MAYOR Rafael; CARDENAS GRISALES James. Ingeniería de Transito Fundamentos y aplicaciones. México. Editorial Alfaomega, 1994, p.328.

⁴⁵ *Ibíd*, p.328.

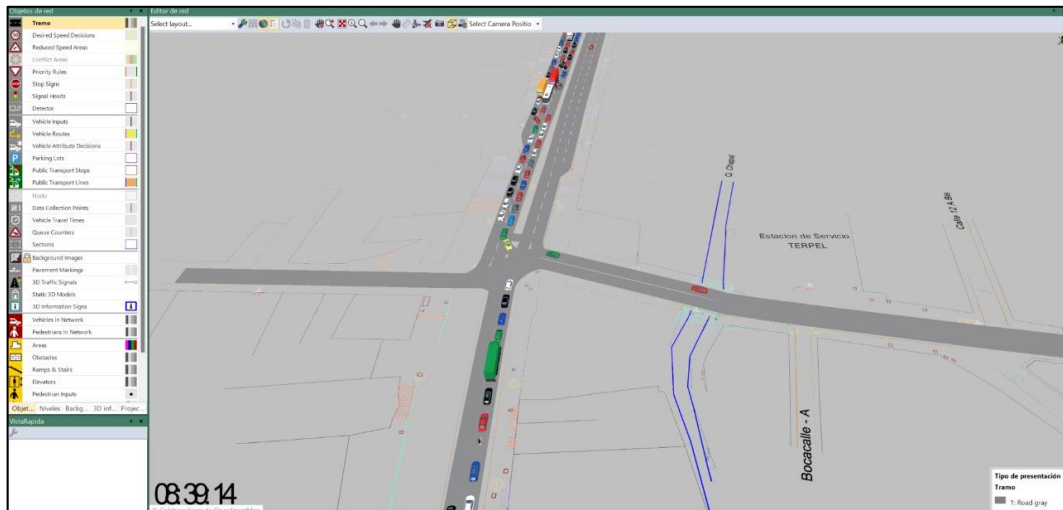
⁴⁶ *Ibíd*, p.328.

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

En la Ilustración 42 se muestra la modelación de la intersección en condiciones iniciales en la cual se observa que este sector en estudio requiere una solución vial a los problemas de congestión vehicular, dado que su nivel de servicio es F y las velocidades de operación oscilan entre 10 km/h y 20 km/h. En la Ilustración 42 se observa que predomina la congestión vehicular en las calzadas N-S y S-N.

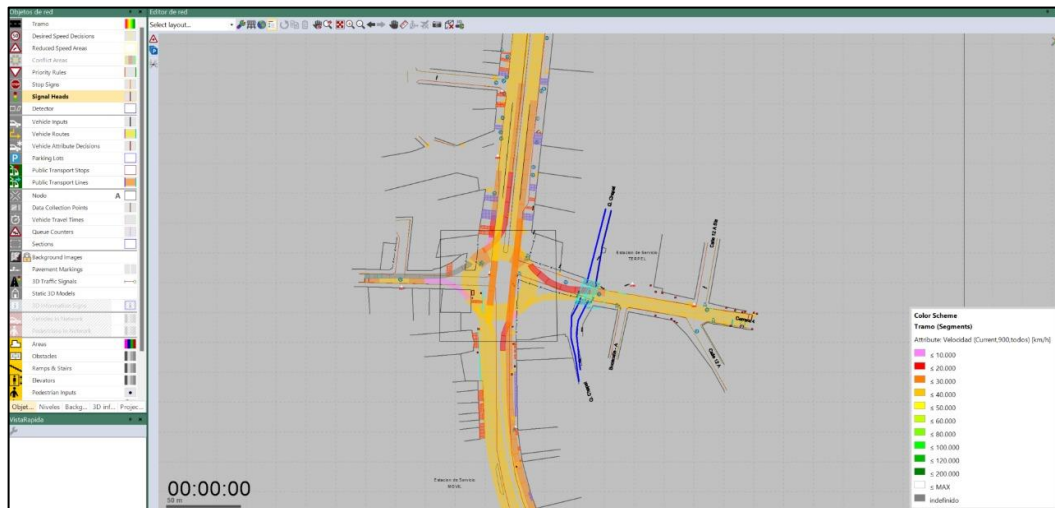
Ilustración 43 Congestión vehicular en condiciones iniciales de la intersección.



Fuente: Elaboración propia - Modelación programa Visim versión académica.

Al modelar la alternativa 4 se observa que la solución a desnivel opera con velocidades entre 30 km/h y 40 km/h como se estimó durante la ejecución del diseño. En la Ilustración 44 se muestra que el nivel de servicio de la glorieta con paso a desnivel se clasifica como A, por lo tanto, que esta alternativa es una solución a los problemas de congestión vial.

Ilustración 44 Perfil de velocidades con la alternativa 4.

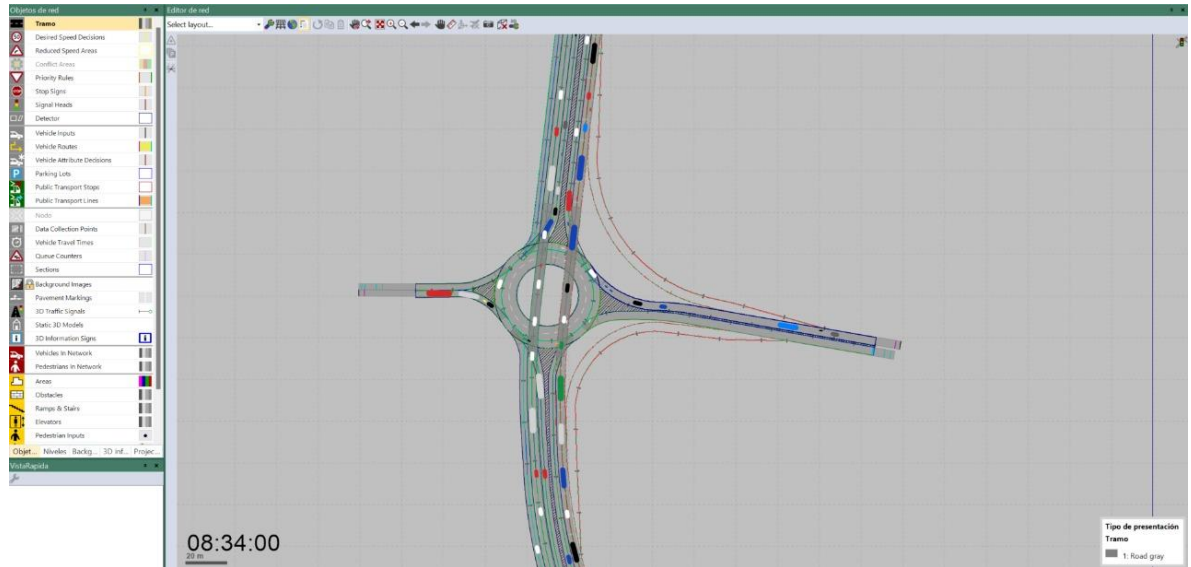


Fuente: Elaboración propia - Modelación programa Visim versión académica.

DISEÑO GEOMETRICO DE LA INTERSECCION CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO.

ING. LEIDY D. MONTENEGRO
ING. CARMEN LUCIA VELASCO G.

Ilustración 45 Modelación Vehicular Alternativa 4.



Fuente: Elaboración propia - Modelación programa Visum versión académica

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- a. Se llevó a cabo el DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA INTERSECCIÓN CALLE 12 (AV. PANAMERICANA) CON CARRERA 4, EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE PASTO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO, en cual se plantearon cuatro (4) alternativas de solución al problema de congestión vehicular y accidentalidad que se presenta en la intersección en estudio, mejorando la conectividad, niveles y capacidad de servicio de la alternativa seleccionada.
- b. De acuerdo con el alcance del proyecto de profundización, se visibilizó la Alternativa 4 Intersección a desnivel mediante el paso elevado de las calzadas N-S y S-N sobre glorieta a nivel en la cual se mejoró las condiciones de movilidad y seguridad vial de la calle 12 con carrera 4, acorde con los parámetros establecidos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS 2008 y aprovechando los recursos públicos invertidos por AVANTE SETP en la glorieta a nivel que se encuentra en etapa de construcción. Además, esta solución de diseño geométrico, puede ser implantada y con estudios y diseños complementarios puede ser construida en un futuro cuando la glorieta Chapal llegue a su capacidad de diseño.
- c. El diseño geométrico de la alternativa 4 contempla la implantación de andenes sobre los 4 ejes de acceso a la glorieta con lo que se mejora la circulación de los peatones. Es de aclarar, que se conserva la ciclorruta existente sobre la calle 12 en el acceso norte y tramo de la ciclorruta sobre la glorieta en su costado Este lo que permite la conexión y salida de ciclistas hacia la vía Panamericana. Adicionalmente, para el cruce de los usuarios de movilidad activa se proyectó pasos peatonales sobre las isletas que rodean a la glorieta, ya que se cuenta con suficiente espacio, garantizando así su desplazamiento a los diferentes puntos de interés.
- d. Para mejorar la seguridad vial de la glorieta con calzadas elevadas (Alternativa 4) se recomienda a la Alcaldía de San Juan de Pasto la implementación de un estudio de señalización vial, obras de alumbrado público y campañas en educación vial y comportamiento seguro de los actores viales, esto debido a que los registros de siniestralidad del área de influencia de calle 12 con carrera 4 de la secretaría de tránsito de la Alcaldía de San Juan de Pasto, se observa el aumento de los siniestros viales entre los años 2012 a abril 2016 y 2018 a septiembre del 2022, los cuales pasaron de 47 a 174 siniestros. Así mismo se reporta que en los años 2012 a 2018 el número de fatalidades eran cero (0), sin embargo, este panorama cambia entre los años 2018 a septiembre 2022 donde se han presentado 7 fatalidades.

- e. Al analizar las cifras de siniestralidad entre los años 2012 al 2018, se observa que el tipo de siniestro más frecuente es el choque y los vehículos involucrados en este tipo de accidentes son los vehículos livianos con un 48.3%, seguido por las motocicletas con un 19.5%, por lo que el diseño geométrico de la alternativa 4 estima mejorar la seguridad vial mediante la canalización de los flujos, dado que los vehículos que requieran paso por la zona urbana tomarán los diferentes accesos de la glorieta a nivel, mientras que los vehículos que requieran ir en sentido N-S y S-N tomarán el paso elevado dinamizando la movilidad de la vía Panamericana lo que genera un impacto positivo sobre los usuarios de la movilidad activa debido a que se disminuyen los conflictos de cruce entre peatones y vehículos que desplazan a mayor velocidad, permitiendo que los usuarios de movilidad activa se desplacen por los pasos peatonales diseñados a nivel con mayor seguridad.
- f. Las especialistas en diseño geométrico conceptúan que la intersección de la calle 12 con carrera 4 requiere un paso a desnivel debido al alto flujo vehicular y a la importancia de la vía Panamericana la cual es la única vía que conecta al país con el departamento de Nariño y con el país del Ecuador la cual se encuentra concesionada. Por lo tanto, es necesario que las entidades a cargo de estas vías invirtieran recursos en un paso a desnivel con el propósito de aumentar la capacidad vial, dinamizar la economía al sur país, garantizando la comodidad de los usuarios y disminución en los tiempos de operación una vez se acerque a la vida útil de la glorieta a nivel.
- g. Se modeló mediante el programa VISIM el nivel de servicio de la intersección de la calle 12 con carrera 4 en condiciones iniciales dio como resultado que se encuentra en un nivel de servicio tipo F, en el cuales se destaca largas colas de vehículos en el sentido N-S y S-N y tiempos altos tiempos de espera dado que la velocidad de operación oscila ente 10km/h y 20km/h, por lo que es necesario buscar una solución a los problemas de congestión vehicular.

Por otro lado, se simuló la alternativa 4, arrojando como nivel de servicio A, con lo cual se concluye que la propuesta del presente trabajo de grado se ajusta a la demanda futura de tránsito en la intersección.
- h. Las 4 alternativas de diseño geométrico de la intersección de la calle 12 con carrera 4 puede servir de modelo u orientación para otros colegas que están iniciando su proceso de aprendizaje en el diseño de intersecciones a desnivel en las vías urbanas.
- i. El análisis, las conclusiones y recomendaciones de este estudio, se basan principalmente en la etapa de exploración, datos de campo y a la información preliminar de los estudios y diseños de AVANTE SETP, en el evento que sea factible su construcción y se presentan condiciones diferentes a las aquí

planteadas como típicas, se recomienda dar aviso al diseñador o a la Interventoría de la construcción para estudiar e introducir las modificaciones a que haya lugar.

- j. Debido al incremento de la siniestralidad según los registros de la secretaria de tránsito de San Juan de Pasto, se recomienda a la Alcaldía que una vez entre en operación la Glorieta Chapal se realicen auditorías o inspecciones de seguridad vial como estrategia preventiva de acuerdo con lo dispuesto por la Agencia de la seguridad vial contribuir con el objetivo del Plan Nacional de seguridad vial mediante la verificación del correcto funcionamiento de la velocidad de diseño y señalización vial del proyecto.
- k. Al constructor se recomienda solicitar los estudios y diseño complementarios en áreas de la ingeniería civil como geotecnia, pavimentos, estructural (puentes), hidráulicos, señalización vial, gestión ambiental, social, predial, plan de manejo de tráfico entre otros, debido a que estos documentos no hacen parte del alcance de este trabajo de grado. Así mismo se recomienda, para no afectar lo menos posible movilidad de la ciudad implementar un adecuado plan de manejo de tráfico, iniciar con la construcción del puente elevado, seguido de los muros en tierra armada y por último el pavimento flexible que incluye el empalme con la rasante con el pavimento existente. Para luego dar inicio a la construcción de los ramales de acceso. Por otra parte, se recomienda dar Cumplimiento a los requisitos descritos en los pliegos de condiciones, contrato de obra y los controles de calidad de materiales, procesos constructivos de acuerdo con las normas y especificaciones de construcción vigentes del Instituto Nacional de Vías, así mismo, de la utilización y operación de un equipo apropiado.
- l. Se recomienda a la entidad en el caso de viabilizar la alternativa 4, realizar la ejecución de estudios y diseños complementarios que no están dentro del alcance del proyecto aquí descrito, así mismo que al seleccionar el contratista encargado de ejecutar la obra cuente con la experiencia técnica, financiera, administrativa en este tipo de obras de gran magnitud.

7. BIBLIOGRAFÍA

ARBOLEDA VÉLEZ, German; Vías Urbanas una ciudad para todos. (2020).

ARBOLEDA VÉLEZ, German; Calculo y diseño de glorietas. (200+0).

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Instituto Nacional de Vías, INVIAS. (2008).

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Manual de Capacidad y Niveles para carreteras de dos carriles. Instituto Nacional de Vías, INVIAS. (2020).

COLOMBIA. Alcaldía Municipal San Juan de Pasto. (2002) Plan de Ordenamiento Territorial, Pasto Territorio Con Sentido 2014-2017.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA, Ley 388 de 1997, p (5).

MONTEJO Alfonso. Ingeniería de Pavimentos. Bogotá. 2006. p.25. García Martín, A. (2014). Topografía. Cartagena, Spain: Universidad Politécnica de Cartagena. Recuperado de <https://elibro-net.acceso.unicauca.edu.co/es/ereader/unicauca/59887?page=14>.

GARCÍA MARTÍN, A. (2014). Topografía. Cartagena, Spain: Universidad Politécnica de Cartagena. Recuperado de <https://elibro-net.acceso.unicauca.edu.co/es/ereader/unicauca/59887?page=14>.

UNITED STATES OF AMERICA. AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. (2001). A Policy on Geometric Design of Highways and Streets: AASHTO.

8. ANEXOS

- 8.1 Anexo 1. Placas de control topográfico – EMPOPASTO.
- 8.2 Anexo 2. Plan de ordenamiento territorial San Juan de Pasto POT 2014-2027 e Informe de Gestión Concesionaria Vial de Sur, año 2020.
- 8.3 Anexo 3. Reporte siniestros viales años 2012 al 2016 y 2018 a septiembre de 2022.
- 8.4 Anexo 4. Cálculo tránsito
- 8.5 Anexo 5 Topografía
- 8.6 Anexo 6. Diseño geométrico