

**EL DISEÑO DE INTERSECCIONES Y SU UTILIDAD EN LA SEGURIDAD VIAL PARA
LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES (CASO DE ESTUDIO CALLE 25 CON AVENIDA
2N EN SANTIAGO DE CALI)**

DIDIER SORET MOSQUERA GONZALEZ



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
INGENIERÍA CIVIL
SANTIAGO DE CALI
2018**

**EL DISEÑO DE INTERSECCIONES Y SU UTILIDAD EN LA SEGURIDAD VIAL PARA
LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES (CASO DE ESTUDIO CALLE 25 CON AVENIDA
2N EN SANTIAGO DE CALI)**

DIDIER SORET MOSQUERA GONZALEZ

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Civil

Director:

JORGE ENRIQUE GARCIA HURTADO
Profesor Titular
Escuela de Ingeniería Civil y Geomática



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
INGENIERÍA CIVIL
SANTIAGO DE CALI
2018

**EL DISEÑO DE INTERSECCIONES Y SU UTILIDAD EN LA SEGURIDAD VIAL PARA
LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES (CASO DE ESTUDIO CALLE 25 CON AVENIDA
2N EN SANTIAGO DE CALI)**

Nota de aceptación:

Firma del Director de la Escuela

Firma del Director del Proyecto

Santiago de Cali, Abril de 2017.

El paso por la Universidad ha sido un camino de grandes aprendizajes emocionales y académicos, en donde he conocido personas que me han enseñado a crecer y a enriquecerme de conocimientos. Siempre diré que en estos años de estudio en la academia he vivido momentos inolvidables con amigos incondicionales. Gracias al apoyo y amor de mis padres, se ha hecho posible esta etapa. Dedico este proceso de formación a las personas que me han ofrecido su cariño y consejos.

A mi Madre Erika Jimena González, por apoyarme y aconsejarme en cada paso que doy, por ser una persona incondicional y de admirar por todo su esfuerzo y cariño que me brinda.

A mi Padre y Hermanos, por acompañarme y apoyarme en todos los procesos en el transcurso del tiempo.

A mis amigos que hice en el transcurso de mi carrera, por todos los momentos compartidos festejando, trabajando, trasnochando y escuchándonos, lo cuales fueron y serán contribuciones académicas y personales que no olvidare, porque sé que amigos como los que encontré son un tesoro que quiero y admiro por sus infinitas cualidades.

Didier Soret Mosquera González

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos al director de trabajo de grado, Jorge Enrique García Hurtado, que siempre estuvo con disposición para atender las consultas, gracias a sus conocimientos en las diferentes áreas, que fueron la base para el inicio y culminación de este estudio.

A todos los docentes que en el transcurso de la carrera compartieron sus conocimientos para formarnos en el ámbito profesional y personal.

Al Grupo de Investigación en Transporte, Tránsito y Vías (GITTV), por el espacio y equipos brindados para el desarrollo de este estudio.

A las diferentes entidades que suministraron información para la ejecución de los procesamientos del proyecto.

RESUMEN

La interacción entre los vehículos, las infracciones al código de Transito, la velocidad excesiva, y el aumento de motos en las ciudades, son, entre otras, las causas principales en el incremento de accidentes, convirtiéndose en un gran problema que genera promedios altos de pérdidas de vidas humanas, miles de lesionadas y millonarias pérdidas materiales, convirtiéndose en un problema de salud pública. Las autoridades encargadas de la planeación, diseño, operación y administración de las vías y del tránsito, deben tener información detallada sobre los niveles de accidentalidad en su jurisdicción para así poder formular posibles soluciones encaminadas a disminuir este problema, de lo contrario la situación se saldrá de control incrementándose drásticamente la mortalidad y la morbilidad por accidentes de tránsito (Camargo y Herrera, 2012).

En el presente trabajo de grado se plantea mejorar la situación actual de accidentalidad que se presenta en la intersección Calle 25 con Avenida 2N de la ciudad de Cali, para lo cual se realizara un estudio que abarcara desde la toma de información básica del estado actual de la intersección (volúmenes vehiculares, datos históricos del tránsito, levantamiento de la intersección) hasta el desarrollo de las alternativas preseleccionadas enfocadas a tránsito, señalización y semaforización, usando para ello gran parte de las metodologías propuestas en las diferentes investigaciones sobre accidentalidad y seguridad vial.

Este trabajo, se considera una herramienta de consulta que podrá ser de mucha utilidad para una futura toma de decisiones por parte de las autoridades locales.

Palabras clave: Accidentalidad, Intersección, Transito, Semaforización, Señalización.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
3.	JUSTIFICACION	4
4.	OBJETIVOS	5
4.1.	OBJETIVO GENERAL	5
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
5.	MARCO DE REFERENCIAL	6
5.1.	ANTECEDENTES	6
5.2.	ESTADO DEL ARTE	8
5.2.1.	MARCO DE CONCEPTUAL	8
5.2.2.	MARCO TEÓRICO	12
6.	METODOLOGÍA	22
6.1.	RECOPILACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE INFORMACIÓN	22
6.1.1.	Caracterización de la zona de estudio	22
6.1.2.	Accidentalidad en la ciudad de Cali	23
	Accidentalidad por horario	24
	Accidentalidad en los puntos con fiscalización con cámara	25
6.1.3.	Accidentalidad en la intersección	26
6.2.	INSPECCION DE CAMPO	26
6.2.1.	Recorrido de la Intersección en Vehículo:	26
6.2.2.	Recorrido de la carretera caminando:	27
6.3.	ANALISIS Y DESARROLO	28
6.3.1.	Volúmenes	28
6.3.2.	Capacidad de servicio	29
7.	RESULTADOS	30
7.1.	VELOCIDADES	30
7.2.	INSPECCION DE CAMPO	33
7.2.1.	Geometría de la vía	33
7.2.2.	Drenajes	34
7.2.3.	Semaforización	35
7.2.4.	Señalización Vertical	36
7.2.5.	Señalización Horizontal	38
7.2.6.	Iluminación	40
7.2.7.	Paraderos	41
7.2.8.	Superficie de Rodadura	43
7.2.9.	Subsistema Peatonal	44
7.2.10.	Ciclistas	47
7.2.11.	Entorno, mobiliario y paisajismo urbano	48
7.2.12.	Imprudencias de los usuarios	51
7.3.	ANALISIS Y DESARROLLO	53
7.3.1.	Variación Horaria del Volumen de transito	53

7.3.2.	<i>Distribución del Volumen De Tránsito.....</i>	55
7.3.3.	<i>Capacidad de Servicio.....</i>	58
7.3.4.	<i>Desarrollo de las soluciones.....</i>	60
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	69
9.	BIBLIOGRAFÍA	71

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LOS TRES FACTORES QUE CONTRIBUYEN A LA ACCIDENTALIDAD	2
FIGURA 2. PUNTOS DE CONFLICTO QUE SE GENERAN CON LOS PEATONES Y CON OTROS VEHÍCULOS, Y CICLISTAS CON VEHÍCULOS Y PEATONES.	13
FIGURA 3. LOCALIZACIÓN DE LA INTERSECCIÓN	22
FIGURA 4. HISTÓRICO DE ACCIDENTALIDAD CALI.....	23
FIGURA 5. HISTÓRICO DE MORTALIDAD POR ACCIDENTES DE TRÁNSITO CALI.....	23
FIGURA 6. HORARIO DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO CALI.	24
FIGURA 7. DISTRIBUCIÓN DE ACCIDENTES SEGÚN LA SEVERIDAD DEL ACCIDENTE PONDERADO.	25
FIGURA 8. VELOCIDADES PERCENTIL 85	31
FIGURA 9. PROMEDIO DE VELOCIDADES.....	34
FIGURA 10. VELOCIDADES MÁXIMAS	37
FIGURA 11. GEOMETRÍA ADOPTADA PARA DELIMITAR Y HACER GIRO A LA DERECHA. MANIOBRA A RIESGO DE MOTOCICLISTA	33
FIGURA 12. LA TRANSICIÓN PARA INCORPORARSE AL ENLACE PARA EL GIRO ES MUY CORTA Y PERMITE EL ENTRECruzAMIENTO DE VEHÍCULOS. GENERACIÓN DE ALTAS CONGESTIONES	33
FIGURA 13. ASCENSO Y DESCENSO DE PASAJEROS, SE SUMAN A LOS PROBLEMAS DE CAPACIDAD Y GEOMETRIA.....	34
FIGURA 14. DRENAJE DETERIORADO, POR DEBAJO DE LA RASANTE	34
FIGURA 15. EL GIRO A LA DERECHA A TRAVÉS DEL ENLACE SE HACE A RIESGO NO HAY CARRIL DE ACCELERACIÓN.....	35
FIGURA 16. SEÑAL DE LÍMITE DE VELOCIDAD DE 30 KM Y OTRA A MENOS DE 40 METROS INDICANDO LÍMITE DE VELOCIDAD DE 60KM	33
FIGURA 17. ÚNICA SEÑAL DE OBRA CERCA, A 40 METROS DEL SITIO, NO SE ADVIERTE CON ANTICIPACIÓN.....	36
FIGURA 18. LA SEÑAL ESTA TAPADA RAMAS Y ADEMÁS ESTÁ INDICANDO UNA SITUACIÓN QUE NO ES CONSECUENTE CON LO QUE PASA EN LA VÍA	37
FIGURA 19. SEÑAL PREVENTIVA PEATONES OBSTACULIZADA POR RAMAS.....	37
FIGURA 20. AUSENCIA DE SEÑALIZACIÓN	38
FIGURA 21. DEMARCACIÓN DESGASTADA, PERDIDA DE LA REFLECTIVIDAD	38
FIGURA 22. SEÑAL DE GIRO CON GEOMETRÍA DIFERENTE AL EXIGIDO POR EL MANUAL DE SEÑALIZACIÓN DE 2015	39
FIGURA 23. LA ILUMINACIÓN ESTÁ DISEÑADA PARA LA ILUMINACIÓN DE LA CALZADA, AUNQUE EN MUCHOS CASOS EL FOLLAJE DE LOS ARBOLES INTERFIERE.....	40
FIGURA 24. LA ZONA PEATONAL COSTADO NORTE NO TIENE ILUMINACIÓN, NO ESTÁ PAVIMENTADO Y HAY PRESENCIA DE PERSONAS QUE VIVEN EN LA CALLE.....	40
FIGURA 25. LA ZONA PEATONAL COSTADO SUR TAMBIÉN CARECE DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL, SOLO EL PASO POR LA CLÍNICA CUENTA CON LA ILUMINACIÓN SUMINISTRADA POR LA PROPIA CLÍNICA	41
FIGURA 26. UBICACIÓN SEÑAL DE PARQUEADERO VANDALIZADA Y GOLPEADA	41

FIGURA 27. NO EXISTEN BAHÍAS PARA RECOGER Y DEJAR PASAJEROS DE MANERA ADECUADA Y QUE NO INTERFIERAN CON LA OPERACIÓN DE LA VÍA.....	42
FIGURA 28. HUECOS Y PAVIMENTO DETERIORADO.	43
FIGURA 29. NO HAY ACCESIBILIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA PARA PMR Y OBSTACULIZACIÓN DE LOS ANDENES POR COMERCIO.....	44
FIGURA 30. SENDERO SIN PAVIMENTAR, INVASIÓN DE ESPACIO PUBLICO.	44
FIGURA 31. LOS ANDENES ESTÁN DETERIORADOS Y LOS LÍMITES CON LA CALZADA SE HAN PERDIDO.	45
FIGURA 32. HUECOS DE ALCANTARILLA COMO OBSTÁCULOS EN LA RED	45
FIGURA 33. BOLARDOS OBSTACULIZANDO EL PASO PEATONAL.	46
FIGURA 34. NO EXISTE ACCESIBILIDAD.....	46
FIGURA 35. CICLISTAS EN LA VÍA.	47
FIGURA 36. LA ENTRADA Y SALIDA DE VEHÍCULOS DE LOS PARQUEADEROS Y LAVADEROS ALEDAÑOS AFECTAN EL TRÁNSITO DE LA VÍA.....	48
FIGURA 37. LA ENTRADA Y SALIDA DE LAS AMBULANCIAS OBSTACULIZAN LA MOVILIDAD DE LA VÍA Y LA MOVILIDAD DE LOS PEATONES.....	48
FIGURA 38. DESCARGUE DE MERCANCÍAS Y VEHÍCULOS QUE SE QUEDAN ESTACIONADOS POR LARGO TIEMPO EN LA BAHÍA TEMPORAL.....	49
FIGURA 39. ELEMENTO CONTUNDENTE MUY CERCANO AL TRAYECTO DE LOS VEHÍCULOS	50
FIGURA 40. CICLISTA, MOTOCICLISTA Y TAXISTAS TRANSITANDO SOBRE ANDÉN S.	51
FIGURA 41. VARIACIÓN HORARIA DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO - INTERVALOS (15 MINUTOS)..	52
FIGURA 42. VARIACIÓN HORARIA DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO (VHMD), EN LA CALLE 25 CON AVENIDA 2N	53
FIGURA 43. DISTRIBUCIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁFICO POR TIPO EN TODO EL ESTUDIO.....	54
FIGURA 44. DISTRIBUCIÓN DEL VOLUMEN DE TRÁFICO POR TIPO EN HORA DE MÁXIMA DEMANDA.....	55
FIGURA 45. VARIACIÓN HORARIA DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO POR CADA TIPO DE VEHÍCULO	56
FIGURA 46. VARIACIÓN HORARIA DEL VOLUMEN DE TRÁNSITO POR CADA TIPO DE VEHÍCULO JORNADA DE LA TARDE	56
FIGURA 47. CURVAS NIVEL DE SERVICIO.	56

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. NIVELES DE SERVICIO EN INTERSECCIONES CON SEMÁFOROS..	12
TABLA 2. CASOS RECOMENDADOS PARA EL USO DE CRUCEROS PEATONALES CONTROLADOS POR SEMÁFOROS.....	21
TABLA 3. HORARIOS DE FISCALIZACIÓN.	24
TABLA 3. BASE DE EQUIVALENCIAS PARA PONDERACIÓN.....	25
TABLA 5. ACCIDENTALIDAD PONDERADA 2014.....	26
TABLA6. ACCIDENTALIDAD PONDERADA 2015	26
TABLA 7. DISTANCIAS DE FRENADO Y REACCIÓN.	27
TABLA 8. RESUMEN DE VELOCIDADES DE LA AVENIDA 2N CON CALLE 25.	30
TABLA 9. MEDICIÓN DE VELOCIDADES DESPUÉS DE LAS 10PM HASTA LAS 5 AM.	32
TABLA 10. DATOS DE ENTRADA	57
TABLA 11. RESULTADOS.....	57

1. INTRODUCCIÓN

El tránsito es uno de los factores más importantes en el crecimiento y transformación de un centro urbano y de una región, y es por esto por lo que el punto de vista de la Ingeniería de Tránsito debe ser considerado en toda programación urbanística y en toda planificación de política económica.

Se observa como cada día aumentan los accidentes de tránsito en las ciudades y el porcentaje de personas que mueren es muy elevado, esto se debe a que se cometen imprudencias a diario. Las estadísticas demuestran un crecimiento desmesurado del parque automotor en las principales ciudades del país, que no es para nada proporcional al crecimiento de la población en las mismas ciudades. El crecimiento del parque automotor en ciudades como Bogotá, Cali, Medellín, Barranquilla y Bucaramanga es proporcionalmente muy superior al crecimiento de la población (Vargas et al., 2012).

En los últimos años los accidentes de tránsito en la Ciudad de Cali muestran que no respetar la distancia entre vehículos es uno de los causantes, por cuenta del alto tráfico, sucede constantemente. Aunque, son menos los accidentes de tránsito que se presentaron en Cali, al compararlo con el 2015, la mortalidad que dejan estos accidentes muestra que aumento por colisiones en la vía, según los datos entregados por el nuevo Observatorio de Seguridad Vial de la Secretaría de Tránsito. Según el Coordinador del Observatorio, la razón por la que se incrementaron las muertes, a pesar de que se redujeron los accidentes, está relacionada con la alta velocidad a la que conducen las motos durante las horas valle (es decir, cuando no hay congestión vial), es que en Cali se registraron 6200 accidentes de motos en 2016. Parecerá poco frente a las 690.032 motocicletas (7 % del total del país) que hay matriculadas en la ciudad, sin contar las registradas en municipios vecinos.

En este trabajo de grado se aplica los conocimientos adquiridos sobre ingeniería de tránsito durante el desarrollo del pregrado, teniendo en cuenta las técnicas relativas a las Auditorias de Seguridad Vial en intersecciones, ya que los lugares con mayor riesgo a un accidente de tránsito son las intersecciones o cruces y las vías rápidas (Loaiza, 2012). Los objetivos del estudio se determinan por la necesidad de hacer un proyecto de mejoramiento de la intersección Calle 25 con Avenida 2N de la ciudad de Cali con base en los datos obtenidos a través de patrón de tránsito, señalización y semaforización.

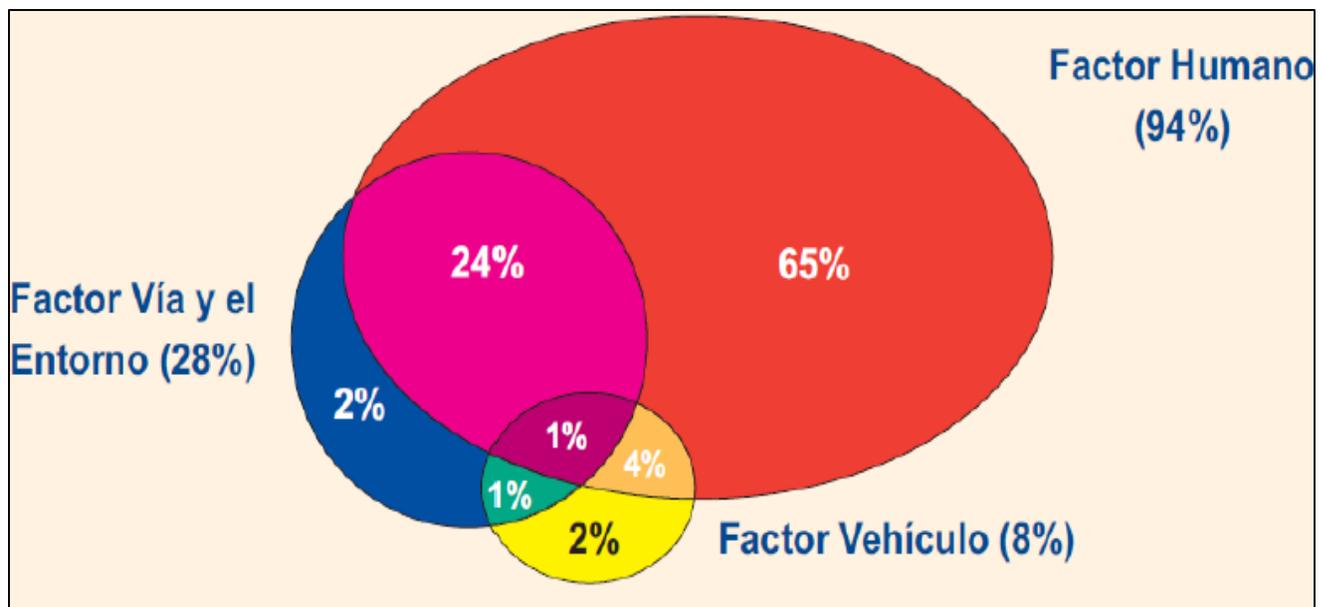
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La infraestructura vial urbana es una red que hace posible el desplazamiento de vehículos y personas a través del espacio urbano edificado, o en proceso de urbanización, buscando siempre la comodidad y seguridad de quienes por ella transitan, acorde con los motivos y frecuencia de sus desplazamientos. Así mismo, es el elemento ordenador urbano por naturaleza, por cuanto la localización de las diferentes actividades urbanas, y su dinámica en el tiempo, dependen de la amplitud y de las características operacionales de la malla vial.

En general, los estudios muestran que los tres factores contribuyentes en la accidentalidad (y su relación) son:

- Factores humanos (comprendidos en alrededor de un 94% de los accidentes).
- Factores de entorno del camino (un 28% de los accidentes).
- Factores vehiculares (un 8% de los accidentes)

Figura 1. Los tres factores que contribuyen a la accidentalidad



Fuente. RTNSW, 1996. Adaptada

Dentro de este contexto, el sistema vial de la ciudad de Santiago de Cali se encuentra copado y rebasado en su capacidad, pues no satisface la demanda actual. Una de las principales causas de congestión está relacionada con la adquisición de vehículos de uso privado (particular) y aumenta progresivamente cada año (Arboleda et al., 2012). Como consecuencia, existe un aumento de la accidentalidad vehicular que la ingeniería trata de solucionar, pero, el incremento de vehículos es tan grande que, a menos de que se haga algo efectivo, las condiciones continuaran siendo graves.

Según los datos entregados en el 2016 por el nuevo Observatorio de Seguridad Vial de la Secretaría de Tránsito en la ciudad Santiago de Cali la zona con más accidentes de tránsito, especialmente de choques simples (sin muertos o heridos graves) es la comuna 3. Tránsito indica que es la que más congestión tiene en horas hábiles, por ello el proyecto se realizara en una de las intersecciones que está ubicada en esta zona, teniendo en cuenta que en esta intersección hay un alto número de peatones y ciclistas circulando, donde se encuentra ubicadas clínicas y además es afectada directamente por el acceso vehicular a la terminal de transporte y los problemas más comunes son mayores tiempos de espera, congestionamiento, insuficiencia en el servicio de semáforos e infraestructura, falta se señales de tránsito, etc.

Con este estudio se estableció el cumplimiento de los parámetros de seguridad vial como lo es tránsito, señalización y semaforización de la intersección Calle 25 con Avenida 2N de la ciudad de Cali con el fin de aportar un diagnostico que puede ser aplicado en la disminución del porcentaje de accidentalidad que se presenta en dicha intersección.

3. JUSTIFICACION

Debido a que la preservación de la vida es primordial para la sociedad, poner en practica la seguridad vial en Colombia es algo que se debe empezar a poner en marcha cuanto antes, y estar a la altura en infraestructura de las potencias mundiales, señalización, prevención y campañas de seguridad vial es urgente. También se debe tomar en cuenta factores como la topografía del país, donde se puede notar los grandes retos ingenieriles que esta presenta, igualmente, las dificultades en los trazos de las vías generan grandes riesgos para la vida de los usuarios.

Para este estudio se consultaron varias fuentes, en especial las normas indicadas por el Manual colombiano para el diseño geométrico de carreteras del INVIAS del 2008, el Manual de señalización vial del 2015, Highway Capacity Manual (Manual de capacidad vial) del 2010; suministran herramientas para formular y proponer soluciones e ideas para mejorar la seguridad vial en Colombia.

Siendo este estudio un insumo que aporta a la prevención de accidentes y tiene en cuenta todos los agentes que pueden incidir en estos como los son falta de visibilidad en las vías, obstáculos que no permitan una movilidad efectiva, problemas en la infraestructura y falta de señalización. Además, tendría una implicación de tipo social, ya que colabora para evitar en gran medida lesiones y desenlaces fatales en la intersección. Así mismo, el Banco Mundial indica, en el 2002, que, en los países en desarrollo, se originan 0.5 millones de muertes y más de 15 millones de heridos al año, debido a los accidentes de tránsito, en zonas urbanas. Por ejemplo, en la ciudad de México DF., las externalidades estimadas, creadas por los accidentes de tránsito, representan el 2.32% del PBI y la congestión vehicular el 2.56% del PBI. También, se señala que el mayor número de accidentes ocurre en las intersecciones y son las personas más vulnerables y pobres las que sufren los accidentes. (World Bank, 2002)

En la ciudad de Cali la deficiencia en la infraestructura vial y la imprudencia al volante son los factores que influyen en la alta cifra de accidentes y la mortalidad, según explica Héctor Jair Bermeo del grupo de Educación y Cultura Secretaría de Tránsito. Según el consolidado de la Secretaría de Tránsito Municipal en el primer trimestre del año 2016 en la ciudad Santiago de Cali hubo 76 muertos en las vías de la ciudad, un 11% más que en el mismo lapso de tiempo en 2015. El 45% de los muertos en accidentes viales ocurridos en Cali en el primer trimestre del 2016 son motociclistas. Por otra parte, el número de muertes de ciclistas también aumentó, se presentó la muerte de 10 personas que se movilizaban en este tipo de vehículo, mientras en 2015 murieron 5, lo que representa un incremento del 50%.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar propuestas a nivel de esquema y recomendaciones para el mejoramiento de las condiciones de circulación del tráfico vehicular y peatonal, y disminución de los porcentajes de accidentalidad sobre la intersección Calle 25 con Avenida 2N de la ciudad de Cali mediante un análisis puntual de seguridad vial que involucre los parámetros de tránsito, semaforización y señalización.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los problemas de infraestructura que puedan presentarse en el buen funcionamiento sobre la intersección vial urbana.
- Analizar los problemas de señalización horizontal y vertical sobre la intersección vial urbana.
- Analizar los problemas de semaforización de la intersección vial urbana.
- Desarrollar las soluciones a los problemas sobre la intersección vial urbana desde la perspectiva de seguridad vial.

5. MARCO DE REFERENCIAL

5.1. ANTECEDENTES

Los antecedentes descritos a continuación son el resultado de la recopilación de bibliografía enfocada en la temática de accidentalidad y seguridad vial:

- *Auditoría de seguridad vial de la conectante occidente – Norte de la intersección de la AC 80 con AV. Caracas* (Cisa Ing. Ltda., 2005) se analizó la seguridad vial de la conectante Occidente – Norte de la intersección de la AC 80 con Autopista Norte, a partir de información primaria y secundaria realizando el levantamiento de los principales factores de amenaza y vulnerabilidad que permitió evaluar los niveles de riesgo de accidentalidad y calcular el grado de peligrosidad asociada con el sector o tramo en evaluación. El análisis encontró que es importante la corrección de los alineamientos horizontales, demarcación y señalización, mediante el diseño correcto de este elemento geométrico que afecta la seguridad de los buses articulados especialmente, pero influye sobre el tráfico mixto. Es importante mencionar que la Auditoría de Seguridad Vial no contempló la presentación de propuestas de alternativas para la corrección o mitigación de los problemas de seguridad identificados.
- *Analysis of traffic accidents at urban intersections in Riyadh* (Al-Ghamdi, 2003) Se realizó un intento de investigar los accidentes de tráfico ocurridos en las dos intersecciones y los sitios que no son de intersección. El objetivo fue analizar la naturaleza de este tipo de accidentes para determinar sus características de manera que podría intentarse una reparación o al menos las futuras investigaciones podrían ser sugeridas. Para este propósito, unas muestras de 1774 accidentes reportados fueron recogidos de manera aleatoria sistemática para el período 1996-1998 (651 accidentes graves (accidentes con resultado de al menos una lesión personal o la muerte) y 1123 sólo con daños-accidentes. Los análisis de probabilidad y de la tabla de contingencia condicional fueron utilizados para hacer inferencias a partir de los datos. El estudio encontró que el comportamiento de conducción inadecuada es la causa principal de los accidentes en las intersecciones con semáforos urbanos en Riad; pasarse una luz roja y no ceder el paso son las causas que contribuyen primarias. El análisis indica que hay una necesidad urgente de revisar la geometría de la intersección existente junto con los dispositivos de control de tráfico instalados en estos sitios. Además, se necesitan con urgencia campañas de educación pública y estrategias de aplicación de la ley.
- *Dynamic study of mobility in the city of Santiago de Cali – Colombia* (Arboleda et al., 2012) se realizó un estudio muy detallado de las dinámicas de movilidad y de las ocurrencia de accidentalidad en la ciudad Santiago de Cali teniendo en cuenta diferentes variables como precio, consumo, PIB per cápita, población, consumo aparente, importaciones, exportaciones, producción, participación crédito de consumo, total de cartera, vehículos por km de carretera, deterioro de la infraestructura, vida útil, tasa de pérdida total, índice de accidentalidad. Según los

resultados obtenidos, es fácil notar que en un futuro los problemas de movilidad serán mayores, debido a que, para que la malla vial sea capaz de soportar el flujo tendrá que tener un crecimiento muy acelerado, lo cual es difícil en ciudades donde no se tiene presupuesto suficiente para desarrollo de infraestructura. Así que claramente, el crecimiento de la malla vial no es la solución para una mejor movilidad. Es evidente que las medidas tomadas para mejorar la congestión vehicular como el Pico y Placa y la puesta en marcha del SITM (Sistema Integrado de Transporte Masivo), no afecta directamente la cantidad de vehículos en circulación, sólo produce una distribución de la carga que es visible a corto plazo, más no ataca el problema en la raíz.

- *Pedestrian Risk decreases with pedestrian flow. A case study based on data from signalized intersections in Hamilton, Ontario* (Leden, 2002) estudió la seguridad de los peatones en las intersecciones, considerando diferentes tipos de conflictos entre los usuarios de la carretera. Se exploraron cuatro formas diferentes de estimar los flujos horarios para vehículos que giraban a la izquierda ya la derecha. El autor concluyó que los vehículos de giro a la izquierda causaron mayores riesgos para los peatones que los vehículos de giro a la derecha. A los bajos flujos vehiculares, los giros a la derecha y los giros a la izquierda semi-protegidos parecían igualmente seguros para los peatones. Otra conclusión relaciona el riesgo disminuyó con el aumento de los flujos peatonales y aumentó con el aumento del flujo vehicular.
- *Metodología de evaluación de la seguridad vial en intersecciones basada en el análisis cuantitativo de conflictos entre vehículos* (Torres, 2012), se estableció una metodología que permite clasificar el riesgo en intersecciones interurbanas, en función del análisis de conflictos entre vehículos, teniendo en cuenta variables alternativas o indirectas de seguridad vial. Se pudo determinar que los valores más altos del índice de riesgo están relacionados a un mayor riesgo de que un conflicto termine en accidente. Dentro de este índice, la única variable cuyo aporte es proporcionalmente directo es la velocidad de aproximación, lo que concuerda con lo que sucede en un conflicto, pues una velocidad excesiva se manifiesta como un claro factor de riesgo ya que potencia todos los fallos humanos en la conducción.
- *A Guide for Reducing Collisions at Signalized Intersections* (Antonucci et al., 2004), identifican cuestiones de seguridad relacionadas con intersecciones señaladas y posibles contramedidas para abordar los problemas de seguridad.

5.2. ESTADO DEL ARTE

5.2.1. MARCO DE CONCEPTUAL

Para comprender las técnicas utilizadas en el desarrollo de la temática, es necesario definir diferentes términos relacionados con seguridad vial y accidentalidad, que permiten tener un enfoque amplio para llevar a cabo el análisis de diversos indicadores empleados en el proyecto. A continuación, se exponen algunas definiciones para introducir de una manera concisa en los conceptos relacionados con el tema a tratar.

- **Intersecciones:**

Cuando se habla del término Intersección, por definición, se refiere al área de dos o más vialidades que se cruzan en un punto determinado de su trazo; éste incluye a todos los elementos de diseño geométrico que forman parte de las vías, por lo cual, el análisis de este aspecto se vuelve fundamental en la evaluación de seguridad vial. Técnicamente se revisan aspectos como la jerarquía vial existente y determinada por las leyes, los radios de giro, las velocidades permitidas en el cruce y los niveles de servicio que prestan las vialidades, entre otros. Estos son criterios que se deben tener en cuenta con el fin de recabar información relevante para una evaluación más exacta de la zona.

- **Criterios de seguridad vial:**

La seguridad vial, se puede definir como la descripción de una situación futura deseable, fundamentada en una teoría de cómo interactúan o deberían interactuar los distintos componentes del sistema de la circulación.

- **Accidente de tránsito:**

Los accidentes de tránsito son tema de estudio de la Organización Mundial de la Salud. Según la Ley 769 de 2002 un accidente de tránsito es todo evento, generalmente involuntario, generado al menos por un vehículo en movimiento, que causa daños a personas y bienes involucrados en él. En el concepto de seguridad vial un accidente de tránsito es resultado de la orientación e incidencia de cada uno de los componentes del contexto y del sentido que el actor le da a cada uno de sus elementos, que en última instancia terminaría configurando la situación de riesgo de la accidentalidad vial de la ciudad (STTB).

- **Causas de accidentes:**

En el “Estudio para el Análisis de Alternativas Tecnológicas para Vehículos de Transporte Urbano Colectivo que hacen parte del Programa de Reposición del Parque Automotor”; clasifica las causas de los accidentes urbanos de tránsito en cuatro categorías:

- ✓ Fallas técnicas del vehículo
- ✓ Deficiencias en la infraestructura
- ✓ Fallas de tipo operacional
- ✓ Errores de tipo humano

A continuación, se presentan las variables para tener en cuenta para la evaluación de la accidentalidad en una intersección (Bogotá, 2004):

- **Velocidad:**

La velocidad se constituye un factor preponderante en aquellos puntos en los que los accidentes con heridos y muertos son bastantes elevados. La velocidad influye de cuatro maneras en la ocurrencia de accidentes del tránsito:

- ✓ Aumenta la distancia recorrida por el vehículo desde el momento en que el conductor detecta una emergencia hasta que reacciona.
- ✓ Aumenta la distancia necesaria para detener el vehículo desde que se reacciona ante una emergencia.

La severidad del accidente aumenta exponencialmente con la velocidad de impacto. A 50 Km/h. el riesgo de sufrir lesiones graves para un pasajero del asiento delantero es tres veces mayor que a 30 Km/h. A 65 Km/h. el riesgo es cinco veces mayor que a 30 Km/h.

En colisiones a alta velocidad se reduce la efectividad de dispositivos de seguridad, como, por ejemplo, bolsas de aire (Air Bags).

- **Iluminación:**

Según los datos estadísticos existe un cierto porcentaje de accidentes graves que ocurren en horas nocturnas, siendo la principal víctima el peatón, lo que indica que la poca iluminación a estas horas hace del peatón un elemento mucho más difícil de ver para el conductor, a su vez este tiene más dificultades para evaluar la distancia y velocidad a la que un vehículo se aproxima.

Esta situación de riesgo implica examinar la posible amenaza que se asocia a la falta de iluminación, para efectos de calificar un espacio crítico en términos de iluminación se debe tener en cuenta como variable la disposición de luminarias para flujo vehicular en:

- ✓ Curvas horizontales
- ✓ Tramo de la vía en intersecciones
- ✓ En pasos aéreos y subterráneos
- ✓ Convergencias y divergencias e intercambiadores viales
- ✓ Existencia y disposición de las luminarias para el flujo vehicular

El análisis de esta variable busca enlazar las circunstancias del accidente con la falta de iluminación o la inadecuada en las diferentes intersecciones e incluir una relación

entre la accidentalidad y la falta de iluminación. Es importante recordar que la iluminación no es exclusiva para horas nocturnas, en algunos casos se hace necesaria en algunos puntos durante todo el día.

- **Usos del suelo:**

El transporte obedece a una relación esencialmente económica, algunos modelos incluso relacionan las matrices origen – destino con el uso del suelo, esto indica que a su vez los patrones de tránsito son determinados principalmente por la distribución de los usos del suelo, debido a las relaciones que están generando con las necesidades de los ciudadanos. Los usos de suelos incompatibles en sus características generan ineficiencia en los sistemas de transporte de la ciudad, así como impactos severos en la seguridad vial para los residentes o para los usuarios atraídos a determinadas zonas. Por este motivo debe ponerse especial énfasis en la distribución de los usos del suelo dentro de la estructura física y vial que conforma la ciudad. Los principios claves para analizar esta variable son:

- ✓ Separación de usos de suelo no compatibles
- ✓ Control de accesos y estacionamientos dentro de cada zona

- **Infraestructura peatonal:**

La infraestructura peatonal es el conjunto de diferentes elementos que se disponen en el espacio público, para que los peatones tengan prioridad, en tiempo y en espacio sobre el tráfico vehicular. Estas estructuras van desde simples señales o corredores o aceras peatonales que permitan el adecuado recorrido, hasta pasos a desnivel que permitan asegurar el recorrido de los transeúntes.

El análisis debe establecer la facilidad del cambio de modo, de su seguridad y funcionalidad. Las facilidades peatonales determinan la amenaza sobre el peatón, quien por su vulnerabilidad puede implicarse en acciones de alto riesgo.

- **Análisis operacional**

La operación vehicular es la forma como los vehículos se comportan dentro de las vías al interactuar con otros vehículos, con los peatones y pasajeros y con la misma infraestructura vial.

En la interacción vehículo–vehículo se distinguen los siguientes movimientos: cruce, convergencia, divergencia, entrecruzamiento; los cuales al realizarse pueden generar maniobras inseguras.

En la interacción vehículo-peatón se tiene en cuenta especialmente el peatón cuando realiza cruces a nivel por las vías donde circulan vehículos, sobre todo si estos cruces no son controlados, ya que ellos existen el mayor riesgo de atropello.

En la interacción vehículo – pasajeros el análisis de la operación de las zonas de paraderos son de vital importancia, ya que, si las paradas de bus y acciones de

descensos y ascenso se realizan en cualquier lugar, provocan turbulencia en la corriente vehicular haciendo que la circulación sea lenta y peligrosa. Además, el pasajero corre el riesgo de estar expuesto directamente al flujo vehicular ya que el ascenso y descenso se realiza en lugares inadecuados para este fin. Adicionalmente se debe realizar la caracterización de los planeamientos semafóricos para determinar si suplen la operación del entorno.

- **Señalización:**

La señalización tanto vertical como horizontal constituye un elemento básico para el funcionamiento del flujo vehicular, ya que por medio de esta se transmite al conductor, peatón y pasajero la información relacionada con las normas de tránsito y las características de las vías, advirtiéndoles de peligros y proporcionándoles orientación para que sigan el camino adecuado y deseado, logrando de esta forma que la circulación se desarrolle de manera segura y ordenada. Las señales de tránsito cumplen la función de atraer la atención, transmitir mensajes claros y permitir tiempo de respuesta adecuada; deben ser legibles y a distancia suficiente tanto de día como de noche, estar en buen estado y ser respetada por los usuarios del sistema de movilidad.

- **Análisis del tránsito**

Evaluación de las condiciones del tránsito en la intersección o tramo crítico, con el fin de determinar si este influye como una de las causas probables para el origen eventos de accidente.

- **Volumen vehicular:**

Es una de las variables microscópicas dentro la corriente del tránsito. Se define como la medición del número de vehículos que circulan en una determinada unidad de tiempo. Estos volúmenes presentan variaciones a lo largo del día, semana y año.

- **Volumen peatonal:**

Corresponde al número de peatones que transitan en una unidad de tiempo, la cual está variando a lo largo del día, semana o año. En los análisis de capacidad de vías urbanas, así como al momento de considerar un proyecto o la operación de sistemas de transporte, el análisis de los volúmenes peatonales se constituye una variable muy importante a tener en cuenta, en particular cuando se pretende implementar políticas de recuperación de espacio público otorgándole preferencia al peatón o aquellos proyectos donde pueda evidenciarse el riesgo que este pueda tener.

5.2.2. MARCO TEÓRICO

En este proyecto se estudió la seguridad vial de una intersección vial teniendo en cuenta infraestructura, semaforización y señalización específicamente en una intersección a nivel, también existen a desnivel, pero en este no se trató ese tema.

La compleja interacción de los medios de transporte, motorizado y no motorizado, demanda una clasificación del uso del espacio público en función de las prioridades que se desea asignar a cada usuario de una vía urbana. Evidentemente, las intersecciones forman parte importante de las vías urbanas, y es por ello que dichas vías se pueden clasificar de la siguiente forma (RACC, 2004):

Calles de pasar: Son vías con un alto volumen vehicular y orientado a dar prioridad al vehículo.

Calles de estar: Son vías en las cuales los peatones tienen la prioridad, y su enfoque está orientado a la planificación de las vías.

Los usuarios de vehículos motorizados y no motorizados deben de hacer uso de las intersecciones sin que estas afecten su impresión de seguridad/fluidez al aproximarse y salir de la intersección. Sin embargo, ambos puntos no son fáciles de obtener y muchas veces se arriesga uno de ellos más que el otro.

Las vías de estar se enfocan en dar prioridad a los siguientes elementos en ese orden (RACC, 2004):

El peatón (evidentemente, se colige que las personas discapacitadas están incluidas en esta categoría).

- Estacionamientos para los residentes de la zona.
- Reparto de mercaderías.
- Circulación de bicicletas.
- Vehículos privados.

Zonas peatonales: Es un área en la cual el peatón tiene la prioridad y de forma muy excepcional se permite el ingreso de transporte público y de bicicletas (RACC, 2004).

Zonas 30: Son zonas en las que el peatón tiene la prioridad, pero el movimiento vehicular está limitado a 30Km/h (motivo por el cual lleva el nombre de zona 30) (Sanz, Mateo, & Caparrós, 2004). Es por ello que dicha zona también es adecuada para el transporte de mercadería (RACC, 2004).

Entonces, el RACC indica que la clasificación de las vías es un punto importante para su dimensionamiento en función de los usuarios (personas discapacitadas, personas de la tercera edad, peatones, bicicletas, transporte público y transporte privado) (RACC, 2004)

Antes de tratar la capacidad que ofrece una determinada intersección, se deben entender las variables que influyen en esta. El flujo de vehículos que circula a una velocidad razonable por determinada intersección deberá ser menor que la capacidad del sistema, de modo que el sistema funcione de manera aceptable, también se debe tener presente que cuando el flujo vehicular este muy cerca de alcanzar el valor de la capacidad, el tránsito se tornara inestable y se hará presente la congestión, de igual manera, cuando exista un flujo inferior a la capacidad, circulando a velocidad baja, por lo tanto a una densidad alta, las condiciones de operación serán forzadas y se podrán producir detenciones del tráfico, generando un nivel bajo de operación. Las condiciones deseadas de operación se logran con algunos vehículos circulando en el sistema a una velocidad de flujo libre.

Debido a que las intersecciones son un sistema vial de circulación discontinua, la capacidad no está totalmente correlacionada con un determinado nivel de servicio, por esta razón, ambos conceptos deben ser estudiados separadamente. El análisis de la capacidad, implica el cálculo de la relación: volumen/capacidad para movimientos críticos en carriles simples o agrupados, mientras que el análisis del nivel de servicio se basa en la demora media de los vehículos que son detenidos por la acción de los semáforos, estas demoras representan para los usuarios tiempo perdido en sus viajes, consumo innecesario de combustible, incomodidad y frustración, el análisis se realiza en un periodo de 15 minutos, considerado como periodo de máxima demanda. A continuación, se presenta una tabla con los seis niveles de servicio, así como una breve caracterización:

Tabla 1. Niveles de servicio en intersecciones con semáforos.

Nivel de Servicio	Demora (seg/veh)
A	<10
B	>10-20
C	>20-35
D	>35-55
E	>55-80
F	>80

Fuente.: HCM, 2000

- *Nivel de servicio A*; operación con demoras muy bajas, la mayoría de los vehículos llegan durante la fase verde y no se detienen del todo. Longitudes de ciclo corto contribuyen a demoras mínimas.
- *Nivel de servicio B*; algunos vehículos empiezan a detenerse.
- *Nivel de servicio C*; el progreso del tránsito es regular y algunos ciclos empiezan a malograrse.
- *Nivel de servicio D*; las demoras se deben a la mala progresión del tránsito o llegadas en la fase roja, longitudes de ciclo amplias. Muchos vehículos se

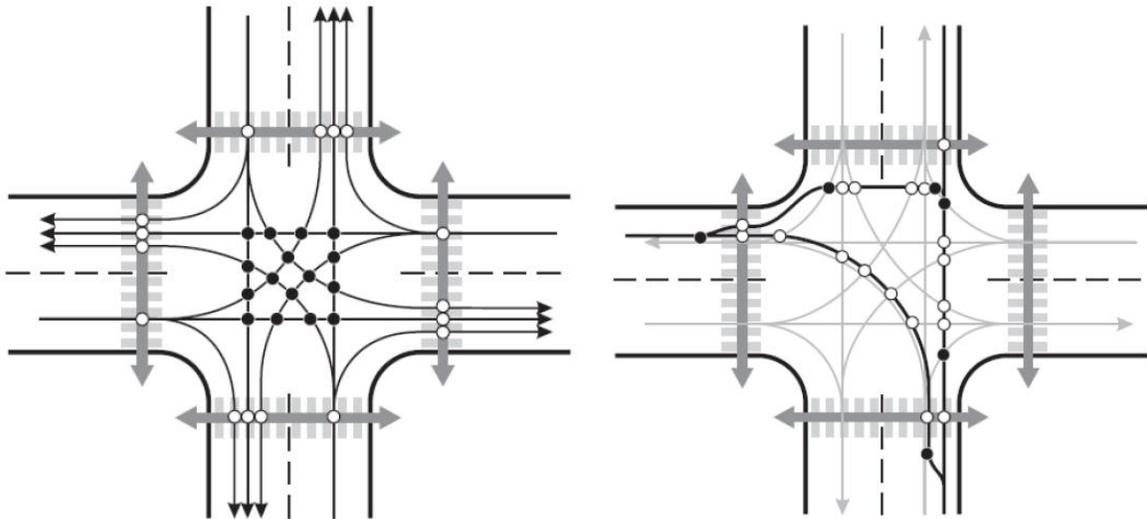
detienen y se hacen más notables los ciclos malogrados.

- *Nivel de servicio E*; es considerado el límite aceptable de demoras, estas son causadas por progresos pequeños y ciclos muy largos.
- *Nivel de servicio F*; los flujos de llegada a la intersección exceden la capacidad de los accesos de la intersección, por lo que se ocasiona congestión y operación saturada.

Movimientos en intersecciones con semáforos

Las diferentes fases de un semáforo, reducen al mínimo los conflictos de un vehículo con otro, pero la circulación de peatones y ciclistas, también generan puntos de conflicto con los vehículos, en los siguientes gráficos se pueden apreciar los puntos de conflicto generados en los dos casos.

Figura 2. Puntos de conflicto que se generan con los peatones y con otros vehículos, y ciclistas con vehículos y peatones.



Fuente.: Robinson, 2000

SEÑALIZACION

En Colombia, la señalización vial de las vías rurales y urbanas para la circulación de vehículos está regido por el **Manual de Señalización Vial 2015 del Ministerio de transporte**. En general, toda señal de tránsito debe satisfacer los siguientes requisitos mínimos para cumplir integralmente su objetivo:

- a. Debe ser necesaria
- b. Debe ser visible y llamar la atención
- c. Debe ser legible y fácil de entender
- d. Debe dar tiempo suficiente al actor del tránsito para responder adecuadamente
- e. Debe infundir respeto
- f. Debe ser creíble

Señales Verticales:

La función de las señales verticales es reglamentar las limitaciones, prohibiciones o restricciones, advertir de peligros, informar acerca de rutas, direcciones, destinos y sitios de interés. Son esenciales en lugares donde existen regulaciones especiales, permanentes o temporales, y en aquellos donde los peligros no son de por sí evidentes.

De acuerdo con la función que desempeñan, las señales verticales se clasifican en 4 grupos:

Señales Reglamentarias: tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su transgresión constituye infracción a las normas del tránsito.

Señales Preventivas: su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Estas señales suelen denominarse también Advertencia de Peligro.

Señales Informativas: tienen como propósito guiar a los usuarios y entregarles la información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible. También informan acerca de distancias a ciudades y localidades, kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, servicios al usuario, entre otros.

Señales Transitorias: modifican transitoriamente el régimen normal de utilización de la vía. Pueden ser estáticas o dinámicas, indicando mensajes reglamentarios, preventivos o informativos.

Ambas se caracterizan por entregar mensajes que tienen aplicación acotada en el tiempo, siendo las segundas –también denominadas señales de mensaje variable– capaces de entregarlo en tiempo real.

Señales Horizontales:

La señalización horizontal corresponde a la aplicación de marcas viales conformadas por líneas, flechas, símbolos y letras que se adhieren sobre el pavimento, bordillos o sardineles y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como a los dispositivos que se colocan sobre la superficie de rodadura, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos. Éstas se conocen como DEMARCACIONES.

Las demarcaciones, al igual que las señales verticales, se emplean para regular la circulación, advertir o guiar a los usuarios de la vía, por lo que constituyen un elemento indispensable para la seguridad vial y la gestión de tránsito. Pueden utilizarse solas o junto a otros medios de señalización. En algunas situaciones son el único y/o más eficaz medio para comunicar instrucciones a los conductores.

Las demarcaciones se pueden clasificar según su forma y altura:

Según su forma:

- a. Líneas longitudinales: se emplean para delimitar carriles y calzadas, para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar o de cambio de carril, zonas con prohibición de estacionar, y para delimitar carriles de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos.
- b. Líneas transversales: se emplean fundamentalmente en intersecciones para indicar el lugar antes del cual los vehículos deben detenerse y para demarcar senderos destinados al cruce de peatones o de bicicletas.
- c. Demarcaciones para cruces: se emplean en las intersecciones de vías o cruces que requieren de una señalización vertical y/o semaforización que establezca la prioridad entre ellos; las señales verticales y/o semáforos, en el caso de vías pavimentadas, deben ser complementadas con demarcaciones que también definan los lugares de cruce.
- d. Demarcación de líneas de estacionamiento.
- e. Demarcación de paraderos.
- f. Símbolos y leyendas: se emplean tanto para guiar y advertir al usuario de las vías como para regular la circulación de vehículos y peatones. Se incluyen en este tipo de demarcación las flechas, símbolos, triángulos CEDA EL PASO y leyendas tales como PARE y DESPACIO, SOLO BUS, entre otras.
- g. Otras demarcaciones: existen otras demarcaciones que no es posible clasificar dentro de las anteriores, ya que ninguno de sus componentes (longitudinales, transversales o simbólicos) predomina por sobre los otros.

Según su altura:

- a. Planas: Aquéllas de hasta 6 mm de altura.
- b. Elevadas: Aquéllas de más de 6 mm y hasta 21 mm de altura para las tachas y 150 mm para los otros delineadores de piso (ver Figura 5.1) y que son utilizadas para complementar a las primeras. El hecho de que esta demarcación sea elevada aumenta su visibilidad, especialmente al ser iluminada por la luz proveniente de los faros de los vehículos, aún en condiciones de lluvia, situación en la cual, generalmente, la demarcación plana no es eficaz (MinTranporte, 2015).

SEMAFORIZACIÓN

El semáforo es un dispositivo útil para el control y la seguridad, tanto de vehículos como de peatones. Debido a la asignación, prefijada o determinada por el tránsito, del derecho de vía para los diferentes movimientos en intersecciones y otros sitios de las vías, el semáforo ejerce una profunda influencia sobre el flujo del tránsito (Hernández, 2013).

El diseño de las fases y tiempos del semáforo, en la mayoría de veces, están enfocados a mejorar el nivel de servicio vehicular y el tiempo restante está asignado a la circulación de peatones y discapacitados. Es por ello que se observa en las calles, a los peatones acelerando el paso mientras están cruzando la calzada. Entonces, en temas de seguridad y comodidad, el tiempo del semáforo, para el peatón, es crucial. (Sanz, Mateo, & Caparrós, 2004).

Los semáforos se usan para desempeñar, entre otras, las siguientes funciones:

- Alternar periódicamente el tránsito de un flujo vehicular o peatonal para permitir el paso de otro flujo vehicular, a partir del reparto programado del tiempo entre los flujos concurrentes.
- Regular la velocidad de los vehículos para mantener la circulación continua a una velocidad constante en una vía con intersecciones semaforizadas continuas (sincronismo).
- Controlar la circulación por carriles.
- Minimizar el número y gravedad de algunos tipos de accidentes, principalmente los que implican colisiones perpendiculares.
- Proporcionar un ordenamiento y seguridad del tránsito.

De acuerdo con el tipo de conflicto que se regula y el mecanismo de operación de sus unidades de control, los semáforos se clasifican en:

a. Semáforos para el control del tránsito de vehículos (los criterios utilizados para esta clase de semáforos son igualmente aplicables en ciclo rutas).

- Semáforos de tiempos fijos o predeterminados
- Semáforos parcialmente accionados por el tránsito
- Semáforos totalmente accionados por el tránsito

b. Semáforos para pasos peatonales, estos pueden ser de tiempos fijos o accionados por los peatones.

c. Semáforos sonoros

d. Semáforos especiales

- De destello o intermitentes
- Para regular el uso de carriles
- Para maniobras de vehículos de emergencia
- Para el control de buses en corredores de autobuses de tránsito rápido.
- Para indicar la aproximación de trenes.

Previo a la instalación de un semáforo, se debe realizar un estudio de tránsito y de las características físicas de la intersección, para determinar si se justifica la instalación y para proporcionar los datos necesarios para el diseño y la operación o no del mismo (MinTranporte, 2015).

Los principales datos por recopilar son los siguientes:

- El volumen de vehículos que ingresan a la intersección por cuartos de hora por movimiento o maniobra, por tipo de vehículo (autos, buses, camiones, motos y bicicletas) para cada vía de acceso en un período de 16 horas durante tres (3) días representativos. Las 16 horas seleccionadas deben contener el mayor porcentaje del tránsito de las 24 horas.
- Volumen peatonal en períodos de 15 minutos por movimiento, por cada cruce y/o acceso de la intersección durante las horas de registro de volumen vehicular. Donde las personas jóvenes, mayores o con movilidad reducida requieran consideración especial, los peatones pueden clasificarse mediante una observación general y registrarse por grupos de edades y tipo de discapacidad.
- Donde los niños, las personas de la tercera edad o las personas con discapacidad requieran consideración especial, estos y sus tiempos de cruce pueden clasificarse mediante observaciones generales.
- El percentil 85 de la velocidad puntual de todos los vehículos en los accesos a la intersección no controlados, y la medición del promedio de detenciones por vehículo antes de cruzar la intersección, lo cual permitirá evaluar los costos de

operación vehicular.

- Un diagrama con información de accidentes registrados por lo menos durante un año, clasificados por tipo, ubicación, sentido de circulación, consecuencias, hora, fecha y día de la semana.
- Un plano que contenga la siguiente información:
 - ✓ Detalles del diseño físico, incluyendo características, tales como geometría de la intersección, canalización, pendientes y/o restricciones de distancia y visibilidad.
 - ✓ Tipo de superficie de rodamiento, entradas y salidas de vehículos, paso de ferrocarril cercano, postes, hidrantes y diferentes elementos del mobiliario urbano.
 - ✓ Señalización vertical, demarcaciones del pavimento, iluminación de la calle, sentidos de circulación, condiciones de estacionamiento, paraderos y rutas de transporte público.
 - ✓ Instalaciones de equipamiento urbano y uso del suelo adyacente.
- Datos adicionales obtenidos en los mismos períodos de medición de los volúmenes de tránsito para conocer con mayor precisión el funcionamiento de la intersección, como pueden ser:
 - ✓ Demoras en segundos por vehículo, determinadas para cada acceso.
 - ✓ Distribución de intervalos entre grupos de vehículos en la calle principal que permitan al tránsito de la calle secundaria cruzar la intersección en condiciones de seguridad.

Si el volumen de circulación disminuye al 50% o menos de los volúmenes mínimos especificados durante un lapso de cuatro horas consecutivas o más, es conveniente que las operaciones normales de los semáforos se sustituyan por operaciones de destello o intermitentes, las cuales se deben restringir a no más de tres períodos diferentes durante el día (MinTranporte, 2015).

Consideraciones para los semáforos peatonales

Los criterios para colocar un semáforo peatonal son los siguientes (Schoon, 2010):

- Un alto número de peatones que desean cruzar la intersección.
- Un corto intervalo de tiempo, entre vehículos que cruzan la intersección (headways), junto con un mínimo número de peatones.
- Alto número de accidentes de tránsito que involucran peatones.
- Políticas o planeamiento orientado a que las personas caminen.

Tipos de semáforos peatonales

Los semáforos, de los cruceros peatonales, se pueden clasificar según su funcionamiento de la forma la cual presentamos a continuación (Instrucción de vía pública, 2000) y (Schoon, 2010):

- Funcionamiento automático: Estos semáforos no pueden ser modificados por los peatones (Instrucción de vía pública, 2000).
- Funcionamiento manual (Pelican: Pedestrian Light Controlled): Los peatones presionan un botón con el fin de que el semáforo muestre el verde para los peatones (Instrucción de vía pública, 2000) y (Schoon, 2010).
- Semáforo tipo Puffin (Pedestrian User-Friendly Intelligent): Este tipo de semáforo funciona igual que el Pelican y además incorpora sensores los cuales detectan la presencia de peatones que esperan en la vereda para cruzar (Schoon, 2010).
- Semáforo tipo Toucan (Two Can): Está diseñado para ser usado tanto por peatones y ciclistas. Su desempeño es similar al Puffin (Schoon, 2010). Se recomienda su uso para anchos de calzada mayores a 4.0m.

Para las intersecciones controladas por semáforos el RACC30 postula cambiar el típico paso de cebrá, por líneas discontinuas en cada extremo designado para el cruce de peatones y discapacitados. Dicha separación debe de estar entre 3.00m a 5.00m (RACC, 2004).

En las intersecciones no controladas por semáforo, la movilidad estipula una velocidad de peatón de entre 0.7m/s a 1m/s. Entonces, si tomamos 0.7m/s como referencia, el tiempo de verde peatonal mínimo, aproximado, es de 1.43seg. por cada metro de calzada. A PIE recomienda adicionar de 3 a 5seg. debido a que se debe de considerar el tiempo de reacción del peatón. Además, se debe situar la línea de pare de los vehículos, a una distancia mayor a 1.00m con respecto a la línea de paso peatonal. Por otro lado, el tiempo de rojo peatonal, también es importante ya que, para tiempos mayores a 80seg. el peatón experimenta sensación de incomodidad e incluso deduce que el semáforo peatonal no está operando correctamente. El efecto inmediato de esta situación es que el peatón intente cruzar cuando semáforo está en rojo para peatones. Es por ello que A PIE recomienda que el tiempo de rojo peatonal no exceda los 60seg. (Sanz, Mateo, & Caparrós, 2004)

El uso de los pasos peatonales controlados por semáforos, se debe de implantar en los siguientes contextos (Instrucción de vía pública, 2000):

- Cuando el paso de cebrá no brinda la protección necesaria al peatón o discapacitados para cruzar.
- Cuando la gran cantidad de peatones interrumpen, por largos periodos de tiempo, el flujo vehicular generando colas.
- No se podrá colocar pasos de cebrá, sin control por semáforo, si la intersección tiene cuatro o más carriles.

Se recomienda proveer de pasos peatonales en todas las intersecciones que sea controladas por semáforos bajo los siguientes casos (Instrucción de vía pública, 2000):

Tabla 2. Casos recomendados para el uso de cruces peatonales controlados por semáforos.

CASO	Peatones	Vehículos
Caso I	Más de 150ped/h durante 8 horas diarias	
Caso II	Más de 150ped/h durante 8 horas diarias	Más de 1000 veh/h
Caso III	Más de 250 ped/h	Más de 600 veh/h
Caso IV	400 ped/h	400 veh/h

Fuente.: (Instrucción de vía pública, 2000).

6. METODOLOGÍA

6.1. RECOPIACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE INFORMACIÓN.

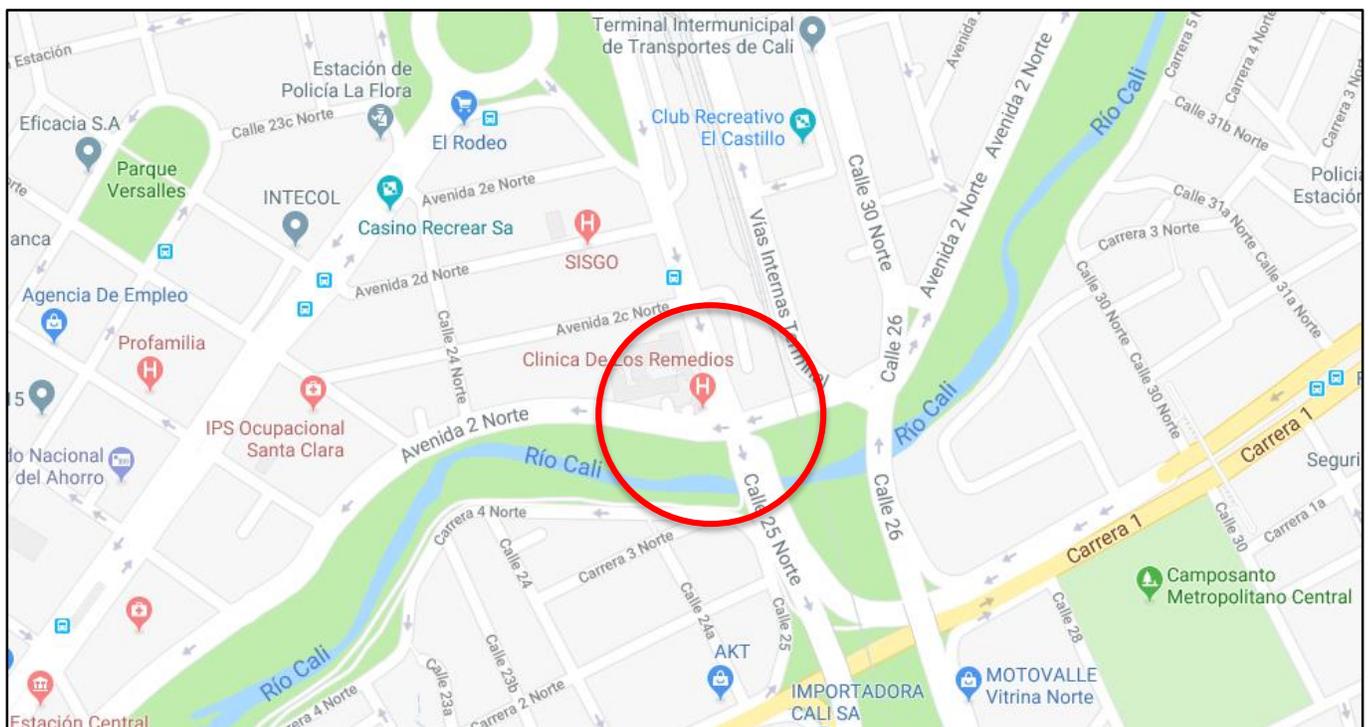
La recopilación e identificación de la información para llevar a cabo el proyecto se realizó en dos partes: una de ellas involucrando la zona de estudio, la cual se adelantó mediante información de la Secretaria de Tránsito Municipal de Cali y la otra con la información suministrada por la empresa UrbaVial S.A.

6.1.1. Caracterización de la zona de estudio

La ciudad de Santiago de Cali es la capital del departamento del Valle del Cauca, así como también es la tercera ciudad más poblada de Colombia y la primera en el suroccidente colombiano, contando con una población de 2.394.925 habitantes al año 2016. El municipio tiene un área total de 561,7 km², de los cuales 119,21 km² corresponden a su zona urbana y el resto a la zona rural y el área de expansión. Se localiza a una altitud de 1.070 msnm, con una temperatura promedio de 24,7 °C (Alcaldía de Santiago de Cali, 2016).

Como se muestra en la *Figura 3*, la Intersección está localizada en el Barrio Piloto, de la ciudad de Cali, queda ubicada en el centro del casco urbano de la Ciudad, en las coordenadas 3,462556 N y -76,521935 W.

Figura 3. Localización de la Intersección

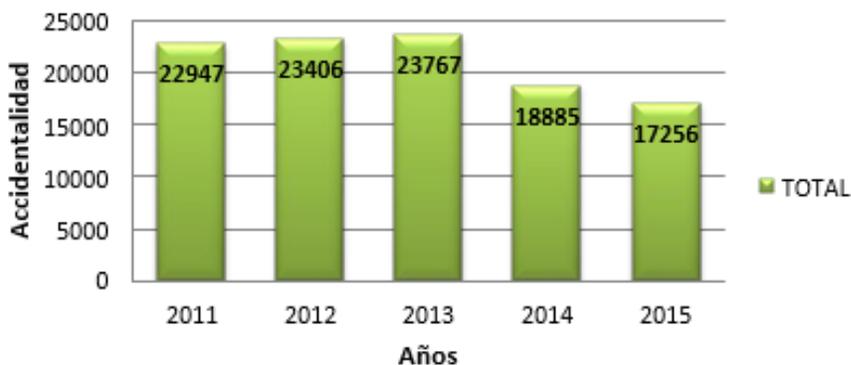


Fuente: Google Earth, 2017

6.1.2. Accidentalidad en la ciudad de Cali

Para comenzar, se recopiló la información general de accidentes en la ciudad de Cali, como se puede observar en la *Figura 4*, los accidentes de tránsito muestran una tendencia a la reducción, a partir del año 2013, equivalente a un 27,4%.

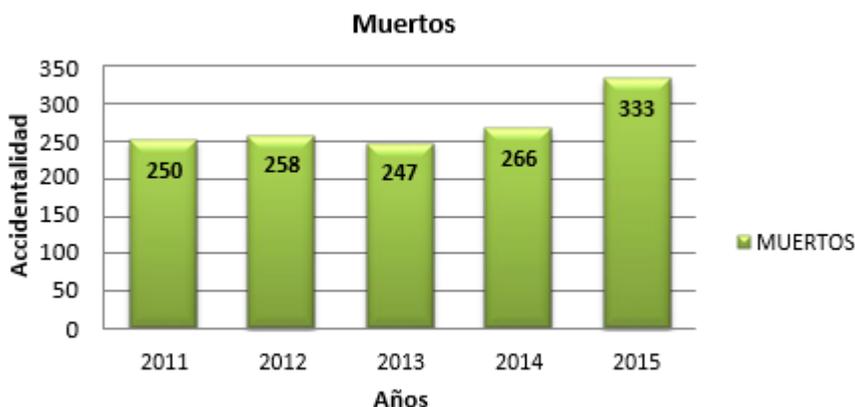
Figura 4. Histórico de accidentalidad Cali.



Fuente: Secretaria de tránsito Municipal de Cali. Año 2015. Elaboración propia.

Para el caso de las víctimas fatales en accidente de tránsito, la tendencia a diferencia de los accidentes generales y heridos tiene su pico más alto para el año 2015 con un aumento del 25,1% sobre el año inmediatamente anterior.

Figura 5. Histórico de mortalidad por accidentes de tránsito Cali.

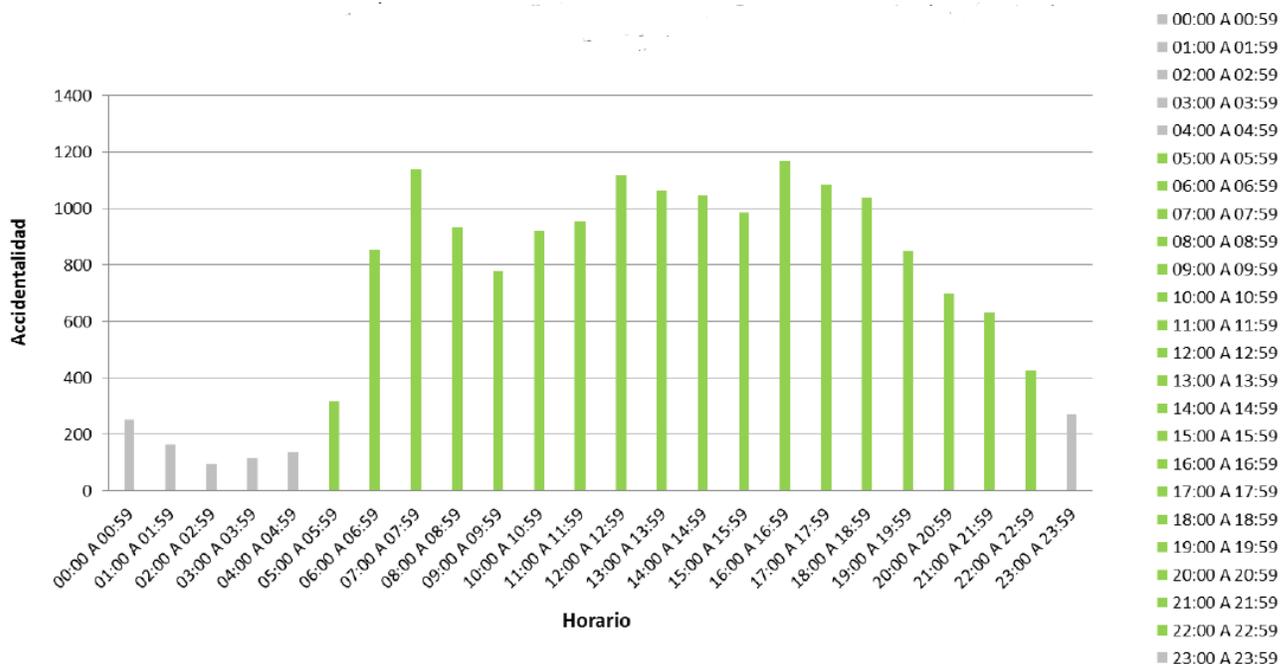


Fuente: Secretaria de tránsito Municipal de Cali. Año 2015. Elaboración propia

Accidentalidad por horario

En este punto se tiene los horarios de accidentes de tránsito y los rangos de fiscalización en el año 2016. De acuerdo con la *Figura 6*, los picos más altos de accidentalidad están entre las 7:00 – 7:59 y las 16:00 – 16:59. Para el caso de la fiscalización con cámaras, las categorías fiscalizadas están divididas en tres segmentos horarios (ver *Tabla 3*).

Figura 6. Horario de los accidentes de tránsito Cali.



Fuente: Secretaria de tránsito Municipal de Cali. Año 2016. Elaboración propia.

La franja de horario comprendida entre las 5:00 am y las 11:00 pm equivalen al 93,95% de la accidentalidad total de la jornada; el 6,05% restante, no tiene un proceso de fiscalización. El número de casos en ese rango de horario no fiscalizado está en el orden de los 1030 accidentes.

Tabla 3. Horarios de Fiscalización.

Categorías fiscalizadas		Horarios comprendidos	
1	Pico y placa	7:00 a 10:00	17:00 - 20:00
2	Soat y RTM	5:00	23:00
3	Velocidad, Paso de Cebra y Semáforo	6:00	22:00

Fuente: Programa Servicios de tránsito. Año 2016.

Para el caso de la fiscalización con cámara entre las 6:00 am y las 10:00 pm los accidentes están representados en el 89,57%; el 10,43% restante, no tiene un proceso

de fiscalización. El número de casos en ese rango de horario no fiscalizado está en el orden de los 1774 accidentes.

Preocupa que las cámaras no fiscalicen ciertas horas del día ya que los accidentes como se observa se dan en todos los rangos horarios. Para el caso de la categoría fiscalizada 2, el tema velocidad adquiere una especial relevancia ya que, según cifras de la Organización Mundial de la Salud, dentro de los factores de riesgo clave para el aumento de los accidentes de tránsito esta la velocidad excesiva. “El aumento de la velocidad promedio se relaciona directamente con la probabilidad de que ocurra un accidente de tránsito y con la gravedad de las consecuencias de este.” (Organización Mundial de la Salud, 2016)

Accidentalidad en los puntos con fiscalización con cámara

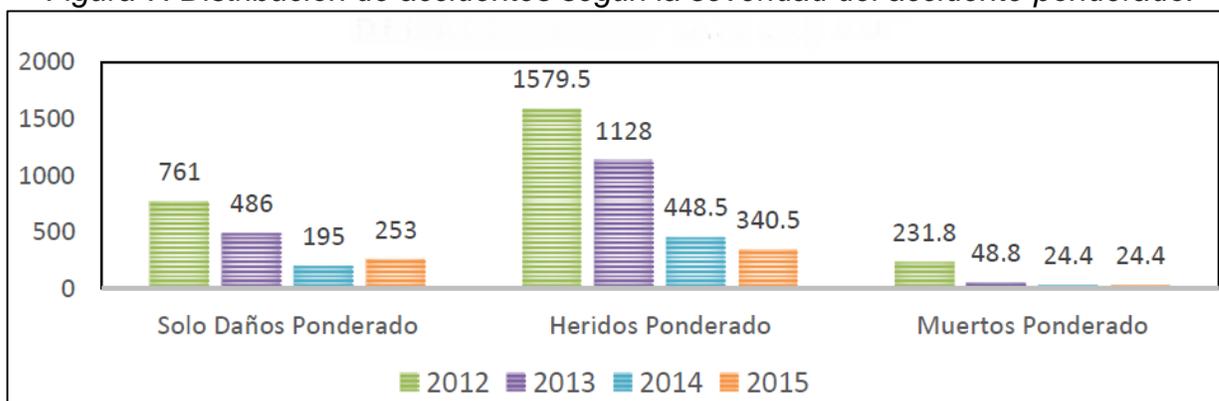
En general, las intersecciones o puntos con fiscalización con cámara Según la *Figura 7*, la distribución de accidentes según gravedad en los puntos donde están dispuestas las soluciones tecnológicas muestra una clara tendencia a la reducción en los casos de: solo daños, con heridos y muertos.

Tabla 4. Base de equivalencias para ponderación.

	Cantidad	Costo	Valor Unitario	Factor
Accidentes Solo daños	85,954	884.816	10.294.068	1,0
Heridos	89,713	1.437.814	16.026.815	1,5
Muertos	54,090	681.362	125.968.147	12,2

Fuente: Corporación Fondo de Prevención Vial factores de equivalencias accidentalidad Colombia. Año 2007 y Estudio de Puntos Críticos en 5 Ciudades. Año 2010

Figura 7. Distribución de accidentes según la severidad del accidente ponderado.



Fuente: Programa Servicios de tránsito. Año 2015.

6.1.3. Accidentalidad en la intersección

La intersección **Calle 25 con Avenida 2N** ha tenido una reducción en el accidente de solo daños, pero la cantidad de lesionados se mantiene igual durante los años 2014 y 2015. Como se puede observar en las *Tablas 5 y 6*.

Tabla 5. Accidentalidad ponderada 2014.

Punto	Lugar	2014						TOTAL PONDERADO
Total, general	Accidentalidad Puntos Foto detección	SOLO DAÑOS	Solo Daños Ponderado	CON HERIDOS	Heridos Ponderado	CON MUERTOS	Muertos Ponderado	
28	Avenida 2N con Calle 25	2	2	2	3		0	5

Fuente: Urbavial SAS, 2016

Tabla 6. Accidentalidad ponderada 2015

Punto	Lugar	2015						TOTAL PONDERADO
Total, general	Accidentalidad Puntos Foto detección	SOLO DAÑOS	Solo Daños Ponderado	CON HERIDOS	Heridos Ponderado	CON MUERTOS	Muertos Ponderado	
28	Avenida 2N con Calle 25	2	2	2	3		0	5

Fuente: Urbavial SAS, 2016

6.2. INSPECCION DE CAMPO

Se realizó una buena evaluación de las condiciones actuales de la intersección considerando cada grupo de usuarios debido a que las necesidades de los conductores no son las mismas que las necesidades de los peatones o ciclistas. Además, se inspecciono la intersección durante la noche para observar los defectos y riesgos que durante el día no son factores importantes.

6.2.1. Recorrido de la Intersección en Vehículo:

Velocidades

Las velocidades en la intersección fueron tomadas del estudio de sustentación de los puntos regulados por cámaras de foto detección en la ciudad de Cali que realizo la empresa UrbaVial SAS en el 2016, en dicho estudio se tomaron las velocidades hora valle, donde los vehículos pudieran transitar de una manera más fluida, con el fin de conocer el comportamiento de los usuarios, cuando las condiciones de volúmenes son menores. Las jornadas de medición fueron entre las 8:30 am - 11:30 am, y entre las 2:30 pm - 4:30 pm.

Sobre la calzada donde se encuentra la solución tecnológica, la velocidad máxima permitida es de 60 km por hora. No obstante, la velocidad dada las condiciones que

experimenta el entorno y la propia infraestructura no son convenientes, ya que incentivan al desarrollo de velocidades con el riesgo de generar accidentes de tránsito.

En la *Tabla 7* se puede observar las variables que se dan bajo la dinámica de una velocidad promedio y su tiempo de reacción y distancia de frenado; a mayor velocidad mayor tiempo de reacción y distancia de frenado.

Tabla 7. Distancias de frenado y reacción.

Velocidad en Km/h	Distancia del tiempo de reacción		Distancia de frenado		Distancia de detención con calzada seca		Distancia de detención con calzada húmeda	
	3/4 seg.	1 seg.	3/4 seg.	1 seg.	3/4 seg.	1 seg.	3/4 seg.	1 seg.
120	24	33	84	84	108	117	192	201
110	22	31	72	72	94	103	166	175
100	20	28	58	58	78	86	136	145
90	18	25	48	48	66	73	114	123
80	16	22	38	38	54	60	92	101
70	14	20	28	28	42	48	70	79
60	12	17	22	22	34	39	56	65
50	10	14	14	14	24	28	38	44
40	8	11	10	10	18	21	28	33
30	6	9	8	8	12	17	20	27

Fuente: Olimpiadas Nacionales de Contenidos Educativos. Año 2013

- El riesgo de que un peatón adulto muera tras ser atropellado por un automóvil es de menos del 20% a una velocidad de 50 km/h, y de cerca del 60% a 80 km/h.
- El límite de velocidad de 30 km/h puede disminuir el riesgo de accidentes y se recomienda en zonas frecuentadas por usuarios vulnerables de la vía pública (por ejemplo, las zonas residenciales y los alrededores de las escuelas) (Organización Mundial de la Salud, 2016)

6.2.2. Recorrido de la carretera caminando:

Se desarrolló la inspección en el punto de la **Avenida 2N con Calle 25**, determinando las amenazas que tiene la infraestructura y que afecten o ponga en riesgo hacia el futuro la seguridad vial del punto en evaluación para todos los actores.

Se hace un registro fotográfico de las deficiencias o riesgos identificados en el campo. Además, el registro de la inspección se clasificó en los siguientes puntos para realizar el análisis de una manera más específica:

- ✓ Geometría de la vía
- ✓ Drenajes
- ✓ Semaforización
- ✓ Señalización vertical

- ✓ Señalización Horizontal
- ✓ Iluminación
- ✓ Paraderos
- ✓ Superficie de Rodadura
- ✓ Subsistema Peatonal
- ✓ Ciclistas
- ✓ Entorno, mobiliario y paisajismo urbano
- ✓ Imprudencias de los usuarios

6.3. ANALISIS Y DESARROLO

Una vez identificados los puntos críticos para el estudio, se tienen los resultados mostrados en el siguiente capítulo obtenidos en el registro fotográfico y videos aéreos. Para el análisis estadístico, se tienen los volúmenes para así determinar la capacidad de servicio de la intersección:

6.3.1. Volúmenes

La información de volúmenes fue suministrada por el Programa Servicios de Tránsito, con datos de volúmenes de paso por el punto de la solución tecnológica y velocidades en ese mismo sitio. Por ser un conteo implementado por el mismo sistema, existe un nivel de incertidumbre en los datos, ya que están sujetos a diferentes variables:

1. Los cortes de luz y problemas ambientales pueden afectar los datos.
2. Si un vehículo pasa entre 2 carriles la solución lo tomara como 2 pasos al activar 2 sensores independientes, así mismo si en 1 carril van 2 vehículos al tiempo se contabilizará solo 1 paso.
3. Las soluciones de foto detección tienen un margen de tolerancia de 5 km/h.
4. La clasificación del vehículo la hace la solución con base en el tamaño del vehículo calculado en los sensores (espectro electromagnético). Para segregar los taxis y buses se hace con base en los listados de los vehículos públicos municipales enviados semanalmente.
5. Las soluciones laser al no realizar una medición con base en espectro electromagnético no arroja la clasificación de vehículos.
6. Los puntos de foto detección se calibraron para minimizar la lectura de bicicletas y Vehículos similares los cuales no se les realiza fiscalización de infracciones. En algunos casos se pierde el dato de motocicletas.

7. Los conteos vehiculares realizados en la zona de análisis solo fueron aplicados para dos de los cuatro carriles que posee el acceso. Por lo tanto, los datos representan volúmenes menores a los que en realidad se están presentando en la vía.

6.3.2. Capacidad de servicio

Para la determinar el nivel de servicio de la vía en estudio, se utilizó el método por el Highway Capacity Manual (HCM) 2010. Con los datos existentes se realizó un análisis para un tipo de vía multicarril, el cual se ajusta a las características geométricas de la vía. Para determinar el nivel de servicio de la vía en esta clase de análisis se requieren de dos variables:

Velocidad a flujo libre (FFS): sabiendo que la velocidad a flujo libre es la mayor velocidad que puede desarrollar un usuario de la vía en condiciones seguras; obtenidas por medio del percentil 98 del grupo de datos de velocidad de la hora con menor demanda de tránsito. En base a la velocidad a flujo libre se determina la velocidad promedio de viaje (S), que son las mismas a menos que $V_p > 1400$, en ese caso la velocidad promedio de viaje requiere una corrección.

Tasa de flujo de demanda (Vp): la tasa de flujo de demanda es un valor afectado por el factor de hora pico y por la presencia de vehículos pesados, para de esta manera obtener el número de **vehículos equivalentes/hora/carril**.

$$V_p = \frac{VHMD}{FHP * Fhv * N}$$

Donde,

VHMD: volumen de máxima demanda

FHP: Factor hora pico.

Fhv: Factor de ajuste por vehículos pesados.

N: Número de carriles

$$Fhv = \frac{1}{1 + P * (E_R - 1)}$$

Donde,

P: volumen de máxima demanda

E_R: Factor hora pico.

- ✓ El volumen horario de máxima demanda (VHMD) está dado en vehículos mixtos por hora, es un valor en el cual se suma indiscriminadamente todos los vehículos que se presentaron en la hora pico, sin embargo, el método planteado por el HCM no tiene en cuenta las motos, por tanto, a este tipo de vehículo debe realizársele una

conversión a vehículos livianos, para lo anterior se utilizó un factor de equivalencia de **0.25**.

- ✓ Con los valores de velocidad a flujo libre (FFS) y la tasa de flujo de demanda (V_p), determinamos el nivel de servicio con ayuda de la figura 14-5 del HCM.

Capacidad: Para determinar la capacidad de la vía en estudio, método de HCM propone la siguiente ecuación:

$$q_{max} = S * Kc$$

Donde:

q_{max} : capacidad máxima (Veh/h/carril)

FFS : Velocidad a flujo libre (Km/h)

Kc : Densidad máxima (veh/km/carril)

La densidad máxima en vías multicarril, corresponde a un nivel de servicio E, en el cual el sistema se encuentra a capacidad, y corresponde a un valor de **28 veh/km/carril**.

7. RESULTADOS

7.1. VELOCIDADES

En la información suministrada se observa que el promedio de velocidades no es muy alto, y esto se debe al flujo permanente de vehículos que confluyen a la intersección, (Véase Tabla 8). Sin embargo, hay actores como los motociclistas y conductores de vehículo particular y taxi que transitan muy cercano al límite permitido y que ponen en riesgo la seguridad de la intersección, bajo las circunstancias del entorno, la infraestructura y el comportamiento de usuarios que no es el más prudente

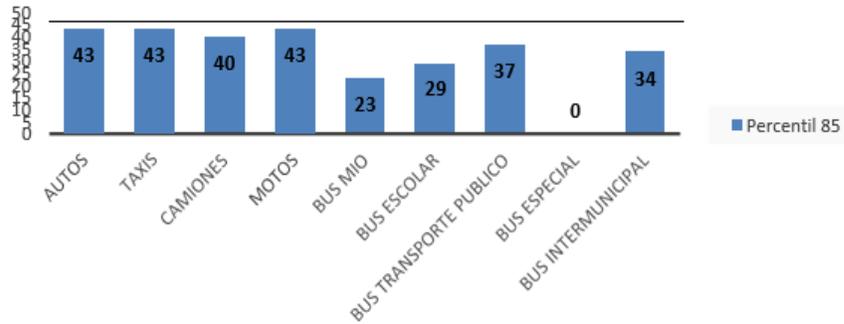
Tabla 8. Resumen de Velocidades de la Avenida 2N con Calle 25

Tipo de vehículo /Periodos	Total datos Recogidos	Sumatoria de velocidades	%	Velocidad de punto			
				Mínima	Promedio	Percentil 85	Máxima
Autos	247	9075	37%	20	37	43	57
Taxis	150	5469	22%	21	36	43	57
Camiones	95	3233	14%	20	34	40	58
Motos	157	5691	23%	20	36	43	55
Bus MIO	1	23	0%	23	23	23	23
Bus Escolar	2	57	0%	28	29	29	29
Bus Transporte Publico	15	470	2%	22	31	37	41
Bus Especial	0	0	0%	0	0	0	0
Bus Intermunicipal	5	143	1%	21	29	34	36
Total, registros	672	24161	100%				

Fuente: UrbaVial SAS, 2016

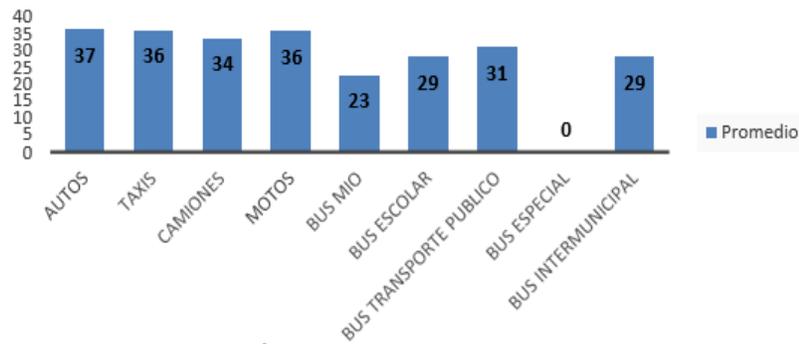
La velocidad permitida hasta de 60 kilómetros por hora, puede ser inconveniente en los momentos de menor volumen vehicular.

Figura 8. Velocidades Percentil 85



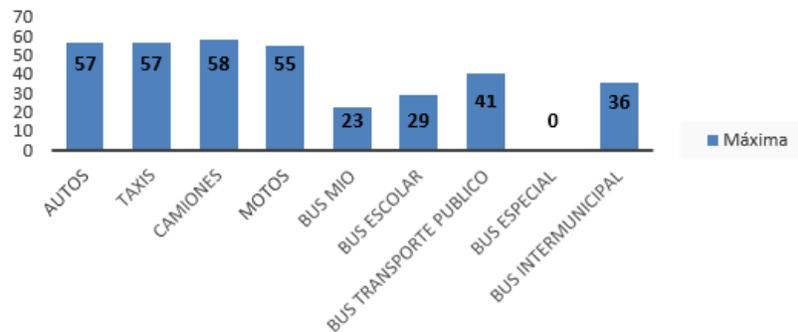
Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Promedio de Velocidades



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Velocidades máximas



Fuente: Elaboración propia

Además, se considera inconveniente que el proceso de fiscalización de velocidades este restringido en un periodo de tiempo, entre las 10 am y las 5 am, según la *Tabla 9*, es evidente que en periodos después de las 10 pm las velocidades superan ampliamente las condiciones físicas con que la intersección o el tramo pueden soportar de manera segura. Es importante reiterar que, a mayor velocidad, mayor probabilidad de accidentes y así mismo la severidad. Se recomienda que la fiscalización de velocidad sea sostenida las 24 horas del día con el fin de aminorar este tipo de conducta en estos puntos específicos

Tabla 9. Medición de velocidades después de las 10PM hasta las 5 AM.

UBICACIÓN CÁMARA	71-80	81-90	sup. 90	Total
F CALLE 70 CON CARRERA 1 A 12	1.941	539	271	2.751
F CALLE 25 CON AVENIDA 2N	1			1
TOTAL	7.329	1.880	854	10.063

Fuente: Programa Servicios de tránsito

7.2. INSPECCION DE CAMPO

7.2.1. Geometría de la vía

Riesgo de congestiones y colisiones por entrecruzamientos en la vía.

Figura 11. Geometría adoptada para delimitar y hacer giro a la derecha. Maniobra a riesgo de motociclista



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Figura 12. La transición para incorporarse al enlace para el giro es muy corta y permite el entrecruzamiento de vehículos. Generación de altas congestiones



Fuente: UrbaVial SAS, 2016

Figura 13. Ascenso y descenso de pasajeros, se suman a los problemas capacidad y geometría



Fuente: UrbaVial SAS, 2016

Explicación de hallazgo

Conflictos entrecruzamientos, transición en la geometría, cambio de capacidad e información de giro a través de enlace deficiente. Ascenso y descenso de pasajeros, se suman a los problemas de capacidad y geometría.

Consecuencia	Alto nivel de congestiones, conflictos entre vehículos
Recomendaciones	<ol style="list-style-type: none"> 1) Señalizar demarcar y ajustar la geometría a través de señalización elevada para la transición con mayor fluidez. 2) Control en el ascenso y descenso de pasajeros.

Fuente: Elaboración Propia.

7.2.2. Drenajes

Riesgo a caídas y maniobras peligrosas.

Figura 14. Drenaje deteriorado, por debajo de la rasante



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Explicación de hallazgo	
Los drenajes están por debajo de la rasante, con basuras y en deterioro, presentándose como un obstáculo en la vía para ciclistas, motociclistas y vehículos menores.	
Consecuencia	Caídas, maniobras riesgosas
Recomendaciones	<ol style="list-style-type: none"> 1) Ajustar la infraestructura, nivelar con la rasante 2) Hacer mantenimiento por parte de EMCALI 3) Estudiar un cambio en el diseño de drenaje.

Fuente: Elaboración Propia.

7.2.3. Semaforización

Riesgo de colisiones y atropellamientos enlace giro a la derecha

Figura 15. el giro a la derecha a través del enlace se hace a riesgo no hay carril de aceleración



Fuente: Video UrbaVial SAS, 2016

Explicación de hallazgo	
El giro a la derecha a través del enlace se hace a riesgo, no existe un carril de aceleración que ayude a su incorporación de manera segura. Igualmente, no existe solución semafórica que facilite la incorporación sobre la segunda. Los conductores van pasando según criterio generando caos y peligrosidad en la intersección, los peatones tampoco tienen paso seguro en ese punto los cuales deben pasar a riesgo y sin seguridad	
Consecuencia	Colisiones y maniobras riesgosas
Recomendaciones	1) Semaforizar el cruce a la derecha a través del enlace

Fuente: Elaboración Propia.

7.2.4. Señalización Vertical

Riesgo de inadvertencia y desinformación para los conductores de las condiciones de la vía (Señalización Vertical)

Figura 16. Señal de límite de velocidad de 30 km y otra a menos de 40 metros indicando límite de velocidad de 60km



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Figura 17. Única señal de obra cerca, a 40 metros del sitio, no se advierte con anticipación.



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Figura 18. La señal esta tapada ramas y además está indicando una situación que no es consecuente con lo que pasa en la vía



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Figura 19. Señal preventiva peatones obstaculizada por ramas



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Explicación de hallazgo

La señalización vertical es inconsistente y no obedece a las situaciones de la vía. Las señales de velocidad generan ambivalencia y duda para la toma de decisiones. Falta señal informativa preventiva y reglamentaria ubicada de manera clara y dentro de las condiciones de la vía actuales

Consecuencia

Desinformación para los usuarios, maniobras peligrosas.

Recomendaciones

- 1) Hacer un estudio de señalización
- 2) Retirar las señales que no indican situaciones actuales de la vía
- 3) Hacer un estudio de velocidades con el fin de determinar las velocidades reales para poder transitar.
- 4) Adoptar la señalización teniendo como base el manual de señalización de 2015

Fuente: Elaboración Propia.

7.2.5. Señalización Horizontal

Riesgo de inadvertencia y desinformación para los conductores de las condiciones de la vía (Señalización Horizontal)

Figura 20. Ausencia de señalización



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Figura 21. Demarcación desgastada, perdida de la reflectividad



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Figura 22. Señal de giro con geometría diferente al exigido por el manual de señalización de 2015



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Explicación de hallazgo

La señalización horizontal está deteriorada, en algunos puntos hay ausencia y pérdida de la reflectividad.

Consecuencia

No existe información clara para los actores de la vía

Recomendaciones

Demarcar la intersección, ajustando con base al manual de señalización vial de 2015.

Fuente: Elaboración Propia.

7.2.6. Iluminación.

Riesgo de atracos a los transeúntes, invasión de la calzada vehicular para buscar la luz en la calzada.

Figura 23. Existe iluminación en la calzada, aunque en muchos casos el follaje de los arboles interfiere



Fuente: *UrbaVial SAS, 2016*

Figura 24. La zona peatonal costado oriental no tiene iluminación, no está pavimentada y hay presencia de personas que viven en la calle.



Fuente: *Registro fotográfico de la fase de inspección.*

Figura 25. La zona peatonal costado sur también carece de iluminación artificial, solo el paso por la clínica cuenta con la iluminación suministrada por la propia clínica



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Explicación de hallazgo	
No hay Iluminación para el sistema peatonal	
Consecuencia	Desincentivo por parte de los peatones de transitar en horas de la noche, búsqueda de la luz sobre la calzada vehicular puede generar atropellamientos
Recomendaciones	1) Instalar iluminación artificial para las zonas de peatones. 2) Poda de árboles a las lámparas obstruidas por arboles

Fuente: Elaboración Propia.

7.2.7. Paraderos.

Riesgo de accidentalidad y congestión vehicular por ubicación de los paraderos del MIO

Figura 26. Ubicación señal de parqueadero vandalizada y golpeada



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Figura 27. No existen bahías para recoger y dejar pasajeros de manera adecuada y que no interfieran con la operación de la vía.



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Explicación de hallazgo	
No existe una bahía de paradero definida. Existe una parada autorizada para el MIO, sin embargo, cada vez que el bus para a recoger o dejar pasajeros, se pierde automáticamente un carril completo, generando congestiones permanentes. A eso se suma que otros vehículos de servicio público paran constantemente a recoger y dejar pasajeros, en el enlace para giro a la derecha.	
Consecuencia	Congestiones, colisiones y caos general.
Recomendaciones	<ol style="list-style-type: none"> 1) Restructurar el punto de parada del MIO, y no permitir el recoger y dejar pasajeros fuera del paradero de otros vehículos de servicio público. 2) Control por parte de las autoridades.

Fuente: Elaboración Propia.

7.2.8. Superficie de Rodadura.

Riesgo de maniobras peligrosas por evasión de las condiciones de deterioro de la carpeta.

Figura 28. Huecos y pavimento deteriorado.



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Explicación de hallazgo	
La superficie de rodadura presenta huecos, grietas, piel de cocodrilo y desgaste.	
Consecuencia	Caídas, maniobras riesgosas
Recomendaciones	Hacer mantenimiento general a la carpeta.

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 29. No hay accesibilidad en la infraestructura para PMR y obstaculización de los andenes por comercio.



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

7.2.9. Subsistema Peatonal.

Riesgo para PMR y tránsito peatonal

Figura 30. Sendero sin pavimentar, invasión de espacio público.



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección

Figura 31. Los andenes están deteriorados y los límites con la calzada se han perdido.



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Figura 32. Huecos de alcantarilla como obstáculos en la red



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Explicación de hallazgo

En el costado izquierdo de la vía (sentido norte - sur) no hay un sistema peatonal y el del costado derecho está deteriorado. En la zona está la clínica de los remedios y las personas no tienen facilidades para llegar hasta este. El espacio que se considera como andén y los pasos peatonales están invadidos de comercio. No hay accesibilidad universal en los andenes para ningún tipo de usuario.

Consecuencia

Caídas, accidentes, desincentivo a transitar en la vía

Recomendaciones

Ajustar la infraestructura peatonal en la intersección, dar accesibilidad a todos los usuarios. y priorizar a las PMR

Fuente: Elaboración Propia.

Riesgo de caídas y accesibilidad de los peatones.

Figura 33. Bolardos obstaculizando el paso peatonal.



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Figura 34. No existe accesibilidad.



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Explicación de hallazgo	
No hay pasos a nivel para discapacitados y los refugios peatonales no son seguros. No hay rampas para discapacitados. Los refugios peatonales tienen bolardos siendo un obstáculo para los usuarios con movilidad reducida	
Consecuencia	Accidentes, caídas e incentivo de salir a la vía (exclusión social) por parte de personas que tienen movilidad reducida
Recomendaciones	Mejorar las condiciones de accesibilidad para los peatones y PMR

Fuente: Elaboración Propia.

7.2.10. Ciclistas

Riesgo de conflictos en la vía y de atropellamientos.

Figura 35 . Ciclistas en la vía.



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Explicación de hallazgo	
Hay alto flujo de ciclistas en la vía, haciendo maniobras riesgosas por falta de segregación o una infraestructura adecuada para ellos.	
Consecuencia	Maniobras peligrosas, atropellamientos
Recomendaciones	Estudiar la posibilidad de ajustar una infraestructura para ciclistas en la vía.

Fuente: Elaboración Propia.

7.2.11. Entorno, mobiliario y paisajismo urbano.

Riesgo de Colisiones y congestiones en la vía

Figura 36. La entrada y salida de vehículos de los parqueaderos y lavaderos aledaños afectan el tránsito de la vía



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Figura 37. La entrada y salida de las ambulancias obstaculizan la movilidad de la vía y la movilidad de los peatones.



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Figura 38. Descargue de mercancías y vehículos que se quedan estacionados por largo tiempo en la bahía temporal.



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Explicación de hallazgo

La entrada y salida de vehículos al hospital, a los parqueaderos y la zona de lavadero interfieren con la movilidad. Igualmente, en algunos momentos no es posible el acceso de las ambulancias a la zona de urgencias por la alta congestión que se da en la vía

Consecuencia	Colisiones, invasión de los andenes y congestión vial
Recomendaciones	<ol style="list-style-type: none"> 1) Controlar el parqueo sobre andenes 2) Delimitar el acceso al lavadero y parqueaderos en este momento pueden entrar por cualquier lado igual salir 3) Delimitación de la zona de emergencias 4) Control del espacio público por parte de las autoridades

Fuente: Elaboración Propia.

Riesgo de colisiones contundentes con objeto fijo

Figura 39. Elemento contundente muy cercano al trayecto de los vehículos



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Explicación de hallazgo	
Objetos contundentes muy cercanos a la vía como: árboles, postes de alumbrado y poste cámara de foto multa	
Consecuencia	Colisiones con objeto fijo
Recomendaciones	1) Retiro o reubicación de elementos 2) Reducción de las velocidades de operación autorizadas 3) Instalación de elementos de contención 4) Control por parte de las autoridades

Fuente: Elaboración Propia.

7.2.12. Imprudencias de los usuarios.

Riesgo de maniobras riesgosas y conflictos entre los actores.

Figura 40. Ciclista, motociclista y taxistas transitando sobre andén



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Explicación de hallazgo	
Los motociclistas son los principales infractores, invaden constantemente los senderos peatonales. Por la falta de definición de los límites entre la calzada y los senderos peatonales facilita la invasión permanente, sobre todo en horas de alto tráfico y congestión de la intersección	
Consecuencia	Accidentes de tránsito, entre los actores maniobras riesgosas, atropellamientos, conflictos
Recomendaciones	<ol style="list-style-type: none"> 1) Control por parte de las autoridades 2) Campañas de educación vial 3) Mejoramiento de la infraestructura

Fuente: Elaboración Propia.

FASES DE LOS SEMAFOROS EN LA INTERSECCION

En la intersección existen tres semáforos actualmente, en la siguiente figura se muestran los tiempos que tienen cada uno de:

Figura 11. Tiempos semáforos en la intersección



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección.

Se observa que hay congestión en la calle en sentido norte sur y en la entrada a la intersección desde la Carrera 1, se debe analizar las fases semafóricas.

Tabla 10. Fases semáforos en la intersección

Semaforo	1	2	3
FASE			
A	R	V	V
A	R	A	V
B	V	R	A
B	V	R	R

Fuente: Elaboración propia

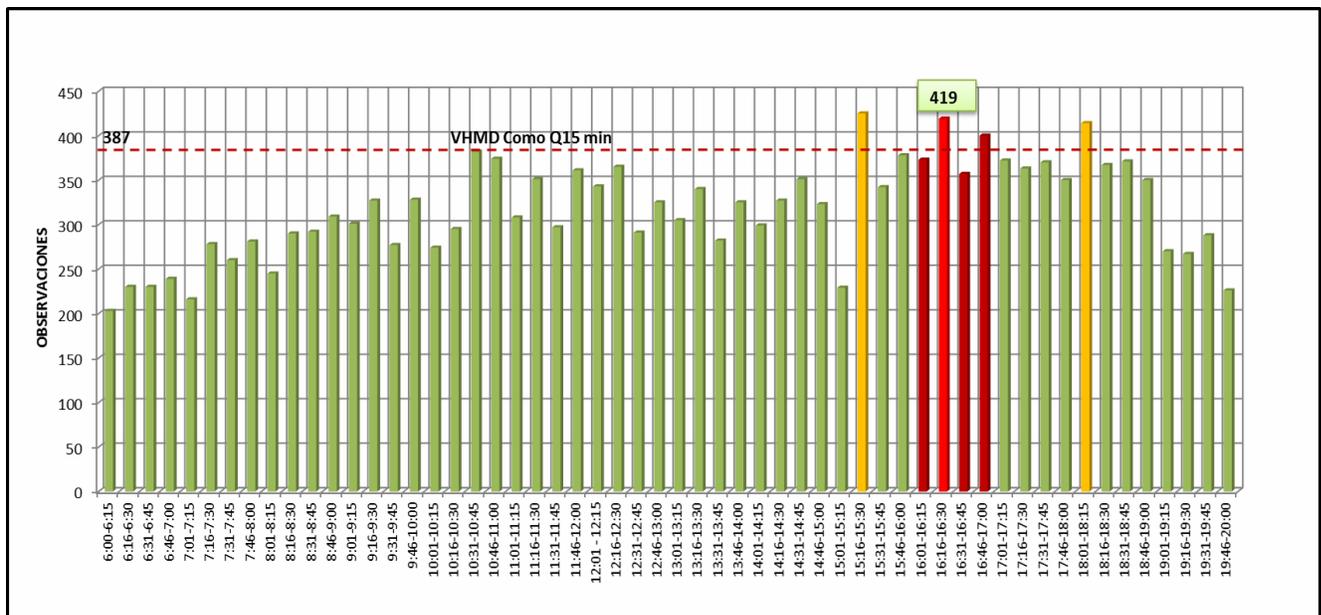
7.3. ANALISIS Y DESARROLLO

7.3.1. Variación Horaria del Volumen de tránsito

Los volúmenes de tránsito siempre deben ser considerados como dinámicos, por lo que solamente son precisos para el periodo de duración de los aforos. En la *Figura 41*, se visualiza la variación del tránsito de la vía en análisis, a lo largo del día en intervalos de tiempo de 15 minutos. Se resalta en color rojo estos periodos que conforman la Hora de máxima demanda para el estudio, que se sitúa entre las 16:01 y 17:00; en el cual el **Q₁₅ max es de 419 veh mixtos**; compuestos por de un: 11% Motos, 14% Taxis, 0% Buses, 64% Vehículo Pequeño, 11% Vehículo Mediano, 0% Vehículo Grande.

Los conteos vehiculares realizados en la zona de análisis solo fueron aplicados para dos de los cuatro carriles que posee el acceso. Por tanto, los datos representan volúmenes menores a los que en realidad se están presentando en la vía.

Figura 41. Variación horaria del volumen de tránsito - Intervalos (15 Minutos)

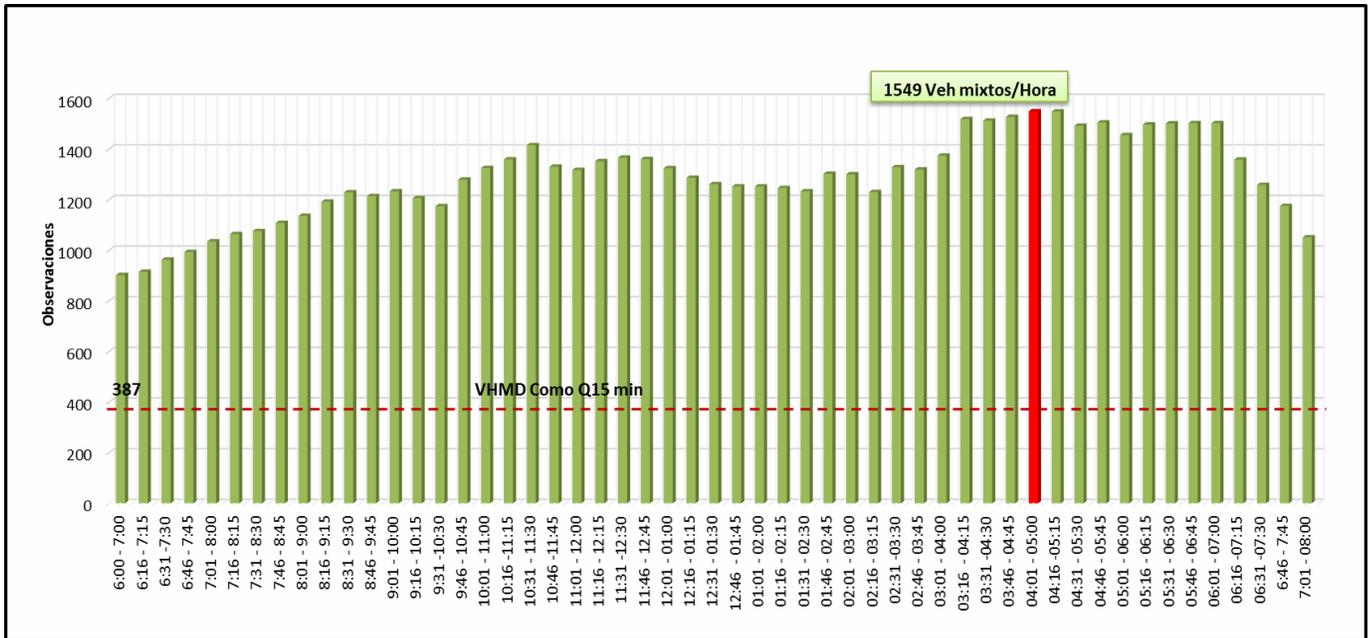


Fuente: Elaboración Propia.

En la *Figura 41* también se referencia con una línea horizontal de color rojo un volumen observado de **387 Veh-mixtos como Q₁₅ min uniforme**, que representa el supuesto de que en la hora de máxima demanda los periodos son todos iguales, este concepto es validado para la inspección de puntos de congestión. Existen dos puntos de congestión que son identificados en la figura por estar en color amarillo, entre los intervalos de tiempo de 15:16 a 15:30 y de 18:01 a 18:15; son periodos que presentan demandas vehiculares similares a los intervalos con mayores volúmenes, que pueden generar congestión y demoras parciales a los usuarios de la vía, dependiendo de las condiciones de capacidad del segmento vial.

Para determinar la eficiencia de un sistema vial, es necesario determinar las características en sus condiciones críticas de funcionamiento, es decir, los periodos en los cuales exista la mayor cantidad de vehículos transitando por la vía en estudio; de esta manera en la *Figura 42* se busca establecer como tiempo de análisis en condiciones críticas, la hora de máxima demanda con la generación de cuatro grupos sucesivos de 15 minutos.

Figura 42. Variación horaria del volumen de tránsito (VHMD), en la Calle 25 con Avenida 2N



Fuente: Elaboración Propia.

El tránsito diario de la vía tuvo un total de **17755 vehículos mixtos**, de los cuales el **9%** se presenta en la hora de máxima demanda, la cual se ubica entre las horas de 4:01 y 5:00 de la tarde, con un número de observaciones de **1549 veh mixtos/hora (VHMD)**.

Un parámetro vinculante al análisis de la variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda es el cálculo de **FHMD** (Factor horario de máxima demanda), también es conocido como factor pico horario y expresa la relación del volumen de la hora máxima demanda a la tasa de volumen máximo dentro de la hora pico.

$$FHMD = \frac{VHMD}{N * Qmax}$$

N=Número de intervalos que forman una hora, Qmax= Intervalo máximo de vehículos

El factor horario de máxima demanda (FHMD) es de 0.92, este valor de factor de hora pico implica una distribución informe de los flujos máximos dentro de la hora, en la cual se verifica que los periodos que componen la hora de máxima demanda tienen

observaciones similares al **Qmax**.

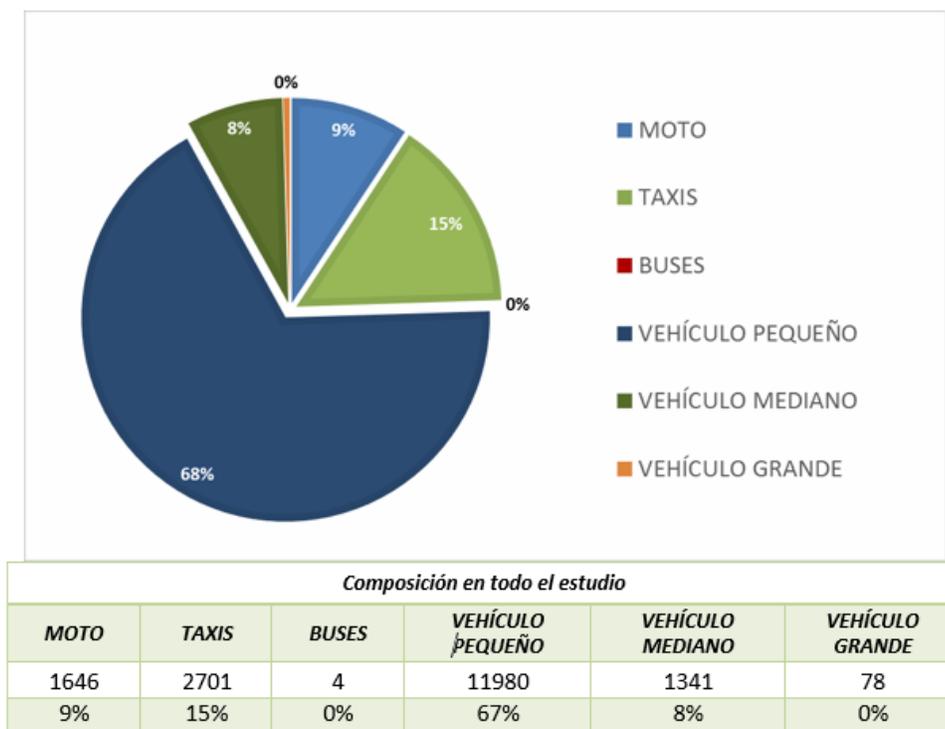
Esta vía urbana ubicada en una zona residencial con alto porcentaje de centros de comercio tiene la función de ofrecer conectividad entre las zonas hogar-trabajo; de manera que las mayores motivaciones de viaje de los usuarios son para desplazarse a las zonas de trabajo en la mañana, y en la hora de la tarde para el regreso al hogar.

7.3.2. Distribución del Volumen De Tránsito

En la *Figura 43* se observa una alta demanda de parte de los usuarios de la vía por el vehículo pequeños; que generalmente representa el transporte particular; lo anterior como en muchas de zonas de la ciudad es un comportamiento asumido por los usuarios ante las demoras y en general la falta de eficiencia del transporte público colectivo de las zonas residenciales; por lo cual las elecciones de los usuarios con ciertas características socioeconómicas se ven inclinadas al uso de automóvil particular.

Los **taxis** son la segunda opción de los residentes de la zona para sus desplazamientos diarios, éste sustituye el transporte colectivo urbano, fenómeno que se presenta por los malos servicios de este último y por las facilidades de accesibilidad, comodidad y rapidez de los taxis.

Figura 43. Distribución del volumen de tráfico por Tipo en todo el estudio



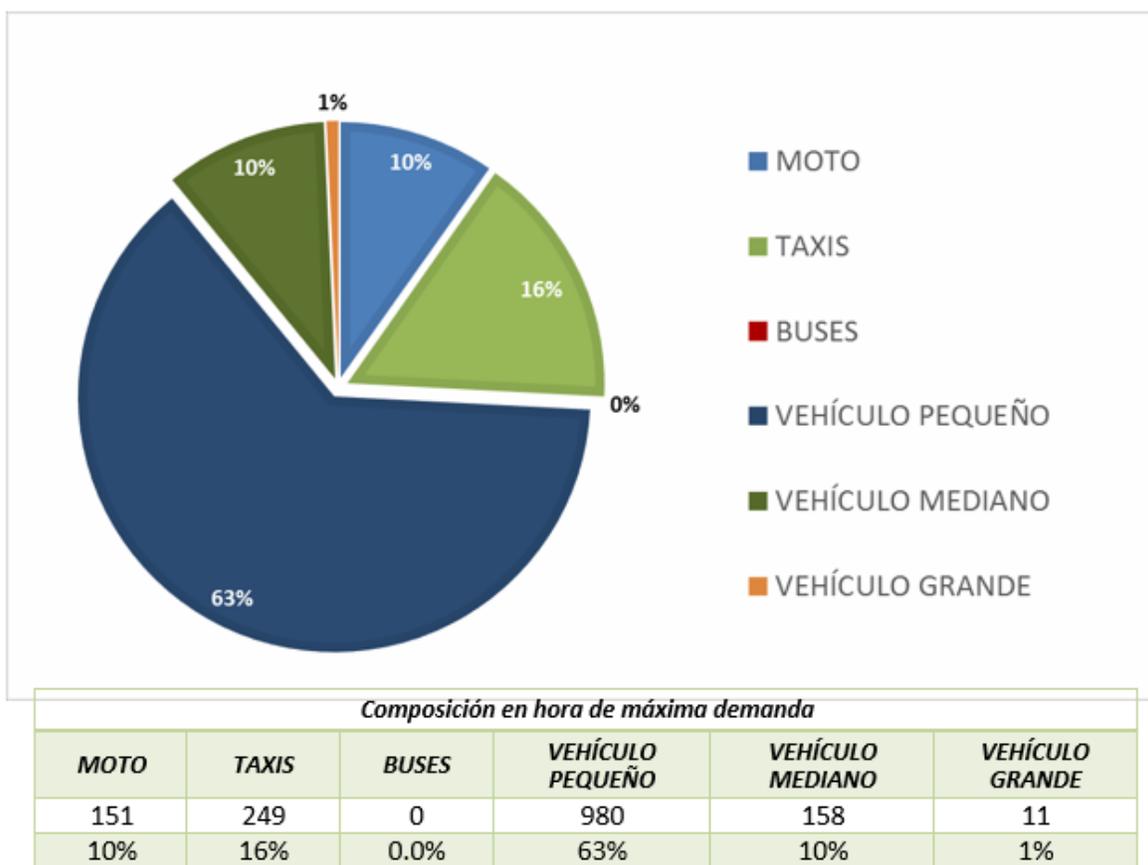
Fuente: *Elaboración Propia*.

En la *Figura 44* se observa la composición en la hora de máxima demanda presenta la

misma jerarquía que la composición en todo el estudio; se presenta las mismas condiciones descritas en el literal anterior. En cuanto a las **motocicletas**, comparado con otros puntos de la ciudad su porcentaje es bajo, pero la cantidad que se presenta en la hora máxima es de **151 motociclistas**; son cifras considerables para tenerlos en cuenta en las estrategias que se implementen para mejorar la seguridad de la vía como actor principal, por su vulnerabilidad y falta de protección física.

Los vehículos pequeños, están en función a los centros de comercio de la zona, ya que son los encargados del transporte de mercancías a la zona en análisis y zonas de comercio aledañas.

Figura 44. Distribución del volumen de tráfico por Tipo en hora de máxima demanda

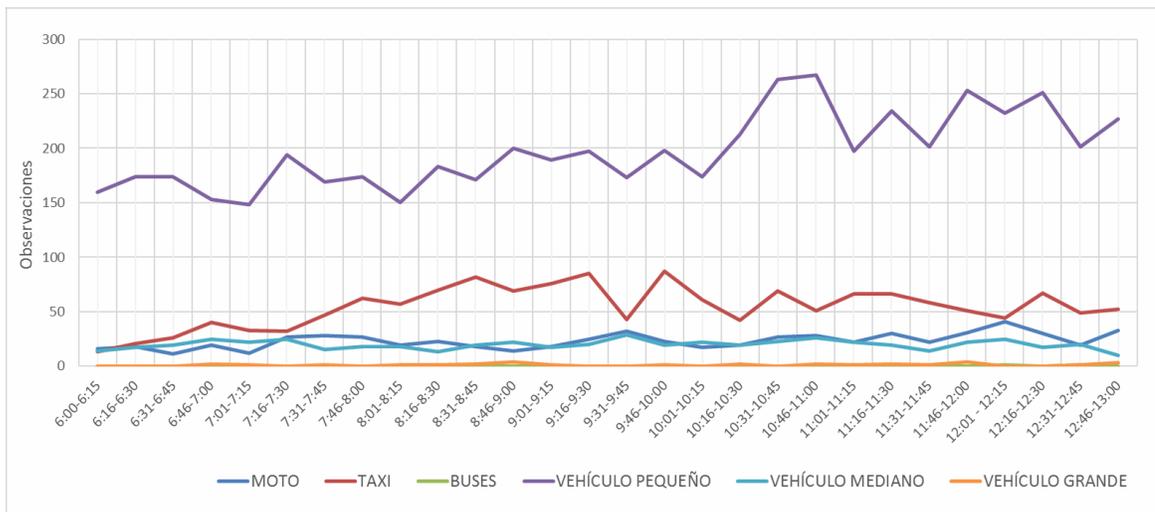


Fuente: Elaboración Propia.

En las Figuras 45 y 46 se visualiza la variación de los volúmenes vehiculares distinguidos por tipo de vehículos, los vehículos pequeños mantienen una gran representatividad a lo largo del día, marcando las horas pico del aforo vehicular; se puede visualizar en las horas de la mañana pico cercanos a las **267 observaciones**, y en las horas de la tarde observaciones hasta de **288 vehículos** pequeños; un aumento del tránsito del 7% en las horas de la tarde.

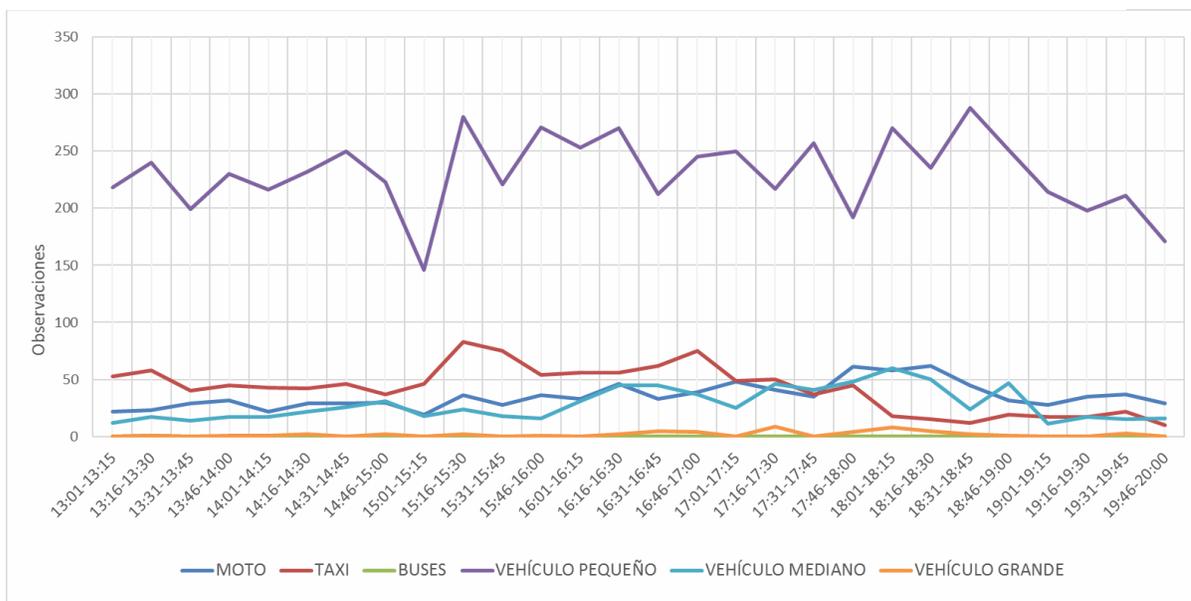
Los demás tipos de vehículos tiene proporciones muy por debajo de los vehículos pequeños, y no denotan variaciones fuertes a lo larga del día mostrando que sus observaciones no son mayores a los 100 vehículos.

Figura 45. Variación horaria del volumen de tránsito Por Cada Tipo de Vehículo Jornada de la Mañana



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 46. Variación horaria del volumen de tránsito Por Cada Tipo de Vehículo Jornada de la Tarde



Fuente: Elaboración Propia.

7.3.3. Capacidad de Servicio

Tabla 10. Datos de Entrada

OBSERVACIONES		
Factor de hora pico	0.92	Obtenido por medio de estudios de volúmenes.
Velocidad a Flujo libre (Km/h)	52	Teniendo en cuenta el concepto de velocidad a flujo libre, se determina el percentil 98 de grupo de datos de velocidad para la hora con menor demanda.
Número de carriles	4	Obtenido por medio de archivos fotográficos
VHMD (Veh mixtos/h)	1436	Sumatoria de todos los vehículos presentes en la hora pico, teniendo en cuenta la conversión de las motos a vehículos livianos
% camiones	0.8%	Contempla porcentaje de buses y vehículos grandes.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 11. Resultados

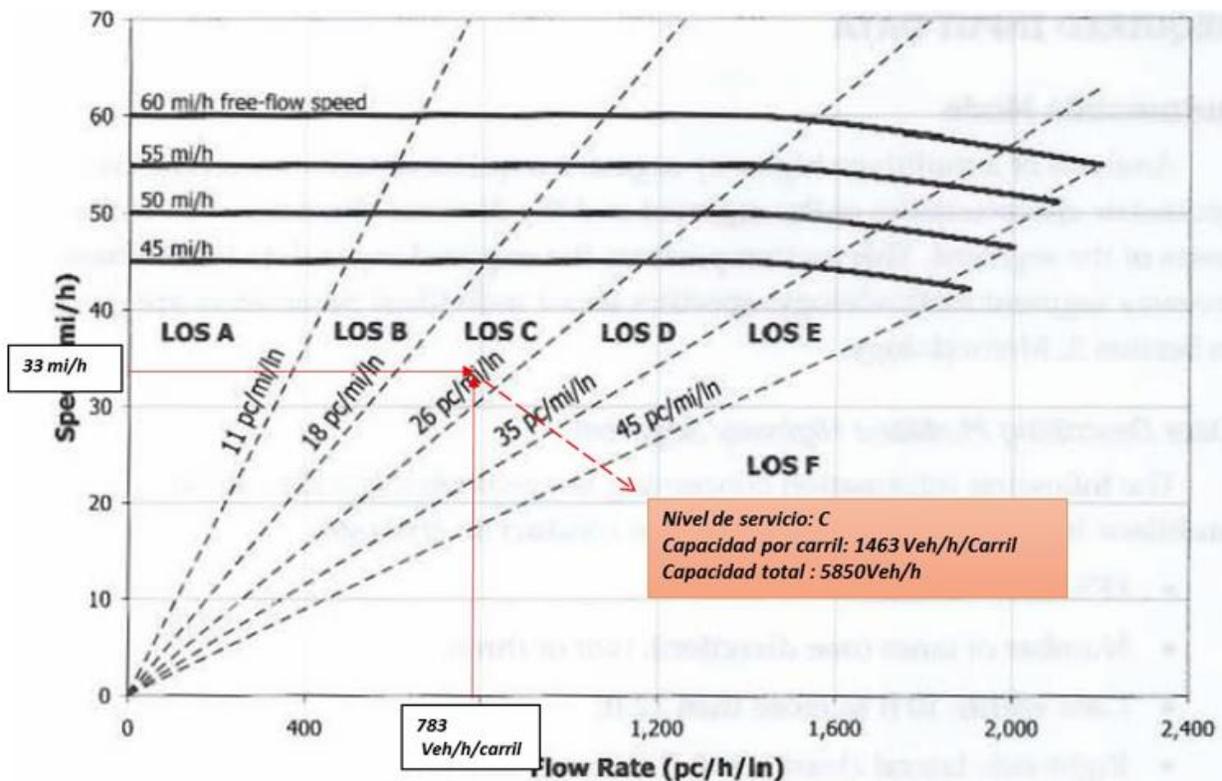
1) Determinación de velocidad a flujo libre (FFS)		
	FFS (Km/h)	52
	FFS (Mi/h)	33
2) Determinación de la tasa de flujo de demanda (Vp)		
	2.1) Factor de ajuste por Vehículos pesados (Fhv)	1
	2.2) Tasa de flujo de demanda (Vp) (Veh/h/carril)	783
NIVEL DE SERVICIO		B
	Por carril (veh/h/carril)	1463
CAPACIDAD	Total (veh/h)	5850

Fuente: Elaboración Propia

La Figura 47 nos muestra que las características de funcionamiento de la vía en análisis son propias de un nivel de servicio C (Escobar & Angela, 2015); sin embargo, este nivel de servicio se puede ver afectado por la presencia de la intersección semaforizada sobre el segmento vial y las demoras en que incurren los vehículos por los tiempos en fase rojo y las colas vehiculares que se originan. Es posible un nivel de servicio más bajo.

La capacidad supera en un **60%** la demanda de tránsito de la vía, lo que permite que los vehículos presenten libertad de maniobra, esta puede afectarse por la falta de análisis para la intersección que se presenta a lo largo del segmento vial como se menciona en los literales anteriores.

Figura 47. Curvas Nivel de Servicio.



Fuente: Elaboración Propia. (Escobar & Angela, 2015).

Por la carencia de datos de la intersección como el flujo de saturación (s), tiempo de ciclo (c), tiempo de verde (v) y tiempos de rojo (r), no se realizó un análisis a la intersección cercana a la vía.

La composición vehicular denota alta preferencia por el transporte particular de parte de los usuarios de la vía, por las condiciones de servicio ineficientes del transporte público que no atraen a los usuarios para su uso.

Los volúmenes vehiculares no representan la realidad de las condiciones de la vía, ya que los volúmenes vehiculares solo fueron tomados para dos carriles de los cuatro que el acceso en análisis posee, por tanto, las condiciones de composición, capacidad y nivel de servicio que están en función de esta información pueden variar.

El segmento vial en análisis presenta un **nivel de servicio C**; no obstante, la intersección que genera estrangulamiento de los flujos puede afectar fuertemente dicho nivel de servicio; en el cual la velocidad se ve disminuida y la presencia de colas vehiculares generan demoras a los vehículos; por tanto, la vía en realidad la vía puede estar funcionando en un **nivel de servicio menor**.

7.3.4. Desarrollo de las soluciones

Teniendo en cuenta las recomendaciones y propuestas de solución para mitigar la accidentalidad de la intersección Avenida 2N con calle 25 mostradas en el capítulo anterior se desarrollan las siguientes soluciones para cada uno de los aspectos:

Figura 48. Vista hacia el giro ala derecha e isla peatonal



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección

Mejorar la isla peatonal, mantenimiento general de la superficie de rodadura, demarcar señalización con base al manual de señalización vial de 2015.

Figura 49. Propuesta solución Figura 48



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 50. Vista hacia intersección



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección

Se propone demarcar la intersección, ajustando con base al manual de señalización vial de 2015.

Colocación de semáforo peatonal, ya que el volumen de peatones en la zona es alto por ser una zona de hospitales y cercano a la terminal de transporte.

Mejorar el acceso a obra nueva (Proyecto Parque Lineal Rio Cali)

Figura 51. Propuesta solución Figura 50



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 52. Vista de sendero existente al lado de Calle 25



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección

Estudiar la posibilidad de ajustar una infraestructura para ciclistas en la vía, paralela a la calle 25. Instalar iluminación artificial para el ciclo ruta y sendero de peatones. Podar de árboles a las lámparas obstruidas por árboles. Ajustar la infraestructura y realizar el mantenimiento de andenes y a lo largo del corredor

Figura 53. Propuesta solución Figura 52



Fuente: Elaboración Propia

Figura 54. Vista hacia retorno a la izquierda ubicado en la calle 25



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección

Demarcar cebra teniendo en cuenta la fase del semáforo ya que se dé el tiempo necesario para el paso de peatones Y PMR con base al manual de señalización de 2105, Mejorar las condiciones de accesibilidad para los peatones y PMR, dejar solo un semáforo y señalizar el retorno a la izquierda.

Figura 55. Propuesta solución Figura 54



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 56. Vista hacia el sur en uno de los costados de la calle 25



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección

Estudiar la posibilidad de ajustar una infraestructura para ciclistas en la vía, paralela a la calle 25, construir bahía en giro a la izquierda que se encuentra sin funcionamiento con su respectiva iluminación, retirar las señales que no indican situaciones actuales de la vía, demarcar cebras en esta zona.

Figura 57. Propuesta solución Figura 56



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 58. Vista hacia la intersección desde el occidente Avenida 2N



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección

Se propone la construcción isla donde se dé continuidad al paso de ciclistas, peatones y PMR teniendo en cuenta su accesibilidad. Colocar iluminación artificial para esta zona.

Figura 59. Propuesta solución Figura 58



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 60. Vista hacia el giro ala derecha e isla peatonal



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección

Colocar semaforización en el cruce a la derecha a través del enlace, demarcar cebrá, mejorar la infraestructura peatonal en la intersección, quitar bolardos que obstaculizan y así dar accesibilidad a todos los usuarios. y priorizando a las PMR, hacer mantenimiento de carpeta asfáltica.

Figura 61. Propuesta solución Figura 60



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 62. Vista hacia bahía frente a Clínica de los Remedios



Fuente: Registro fotográfico de la fase de inspección

Implementar paradero para recoger y dejar pasajeros de manera adecuada y que no interfieran con la operación de la vía. Igualmente, no está claramente definido, mejorar en general el subsistema de los usuarios que frecuentan el servicio de salud cercano a la intersección alto volumen peatonal y PMR.

Figura 63. Propuesta solución Figura 62



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 64. Vista aérea de la intersección



Fuente: Urbavial SAS, 2016

En la Figura 54 se muestra la intersección en una vista aérea tomada en el 2016, en la cual la obra nueva (Proyecto Parque Lineal Rio Cali) estaba en ejecución, en la Figura 55 se muestra todas las propuestas anteriormente descritas con el fin de mostrar un esquema general de la intersección.

Figura 65. Propuesta solución



Fuente: Elaboración Propia.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La intersección de la Avenida 2N con Calle 25 ha tenido una tendencia a la reducción en la accidentalidad del 27,4%, después de la implementación de la solución tecnológica en el año 2014.

La infraestructura auditada no cuenta con condiciones seguras para todos los actores, es necesario emprender acciones de mejora comenzando por la infraestructura para los usuarios más vulnerables. Las condiciones actuales acentúan la posibilidad de cometer errores en la vía, igualmente la insuficiencia y decadencia del entorno asociado a la infraestructura someten en muchas ocasiones a los usuarios a cometer imprudencias y maniobras riesgosas.

Teniendo en cuenta las condiciones actuales de la infraestructura y el entorno, sumado a la velocidad permitida en el tramo y paso por la intersección de 60 km/hora, es muy importante hacer un estudio de velocidades que privilegie la seguridad de todos los usuarios de la movilidad, inclusive revaluando las velocidades de operación autorizadas.

Con respecto a la capacidad y nivel de servicio del segmento analizado, es importante destacar que, si bien las condiciones analizadas aparentemente no son críticas, la visión fue parcial; esta situación hace pensar, que las condiciones dentro de un análisis integral de toda la intersección pueden arrojar condiciones mucho más bajas.

Igualmente, correlacionando todas las variables objeto de este estudio, es previsible que los niveles de servicio se vean afectados de manera temporal por otros factores como: detenciones injustificadas y mal parqueo, accidentes resultado de imprudencias, o condiciones inherentes a la infraestructura, la cual este estudio ampliamente a detallado en la auditoría. En tal sentido y con el fin de evitar que situaciones externas afecten la movilidad, es necesario emprender acciones preventivas, disuasivas y de control con el fin de evitar que las condiciones se afecten por factores externos a la capacidad y nivel de servicio propios de las características actuales.

Actualmente, se está ejecutando en la ciudad de Cali el proyecto Parque Lineal Rio Cali y esta pronto a finalizar, este proyecto afecta la movilidad en la intersección Avenida 2N con Calle 25 ya que disminuyo el ancho de carril sobre la Avenida 2N ocasionando congestiones en la zona; pero no todo es malo, el proyecto prioriza los modos de transporte no motorizado que contribuyen al bienestar individual y colectivo, de igual manera establece el enfoque de sostenibilidad con el que se deben formular los planes de movilidad urbana, dando así un buen comienzo para la integración de las soluciones planteadas en el estudio.

Dada las condiciones actuales de la infraestructura y el comportamiento de los usuarios es importante mantener y fortalecer los procesos con equipos de detección fijos e implementar procesos de detección itinerante, para contrarrestar los

comportamientos no adecuados en la intersección. (ver numeral 7.2.12. *Imprudencias de los usuarios.*).

En cuanto a los drenajes, el diseño, estructura y condición actual los convierten en trampas permanentes para los usuarios vulnerables (peatones, ciclistas y motociclistas); es necesario replantear el uso de este tipo de estructuras para la filtración de aguas lluvias, ya que hoy, además de convertirse en obstáculo no tienen ningún tipo de mantenimiento preventivo por parte de las empresas públicas de la ciudad, complicando y poniendo en riesgo la movilidad en épocas de lluvia.

Es importante el desarrollo de procesos con la comunidad en materia de educación vial, con el fin de mejorar comportamientos y dar buen uso a las vías, estudiando la posibilidad de adaptar una infraestructura para ciclistas, existe un alto número de estos usuarios y no cuentan con las condiciones mínimas para un tránsito seguro.

A nivel general se observa que la iluminación está destinada exclusivamente para el tránsito de los vehículos en las calzadas, de ahí es importante, emprender un proyecto donde los peatones tengan iluminación en el subsistema peatonal y así mejorar su seguridad. Igualmente, para el caso de la iluminación artificial de las calzadas es prioritario el mantenimiento de la arborización, sobre todo en los casos que obstruye la iluminación.

Dentro del sistema peatonal se observa que hay carencias importantes en la infraestructura, especialmente para personas con movilidad reducida, por ello, es necesario emprender acciones que mejoren las condiciones para todo tipo de peatón, con el fin de incentivar su tránsito seguro.

Haciendo un análisis general de los criterios evaluados y su correlación con la seguridad de la intersección, es importante destacar que las condiciones actuales de la Avenida 2N con Calle 25 en materia de: infraestructura, velocidades, comportamiento de usuarios y volúmenes y capacidad de servicio, presentaron serias fallas para una operación segura y fluida para los actores de la movilidad. Los antecedentes históricos de la accidentalidad indican que es posible que se presenten accidentes, condición que hace necesario emprender medidas de choque para aminorar el impacto generado. En tal sentido, mientras la situación de la intersección no mejore, sobre todo en lo que corresponde a la infraestructura, es clave mantener y fortalecer la fiscalización a través de medios tecnológicos.

9. BIBLIOGRAFÍA

- **Alcaldía de Santiago de Cali (2010).** Manual de Diseño y Construcción de los Elementos Constitutivos del Espacio Público. MECEP.
- **Ali S Al-Ghamdi, (2003).** Analysis of traffic accidents at urban intersections in Riyadh. Accident Analysis & Prevention, vol. 35
- **Bruce W. Robinson, (2000)** ROUNDABOUTS: An Informational Guide. U.S. Department of Transportation. Portland.
- **Cal Mayor Asociados (2005).** Manual de Auditorías de Seguridad Vial. Alcaldía Mayor de Bogotá.
- **Carlos Andrés Loaiza Zapata (2012).** Accidentes de tránsito en Colombia: calles peligrosas. <https://www.sura.com/blogs/autos/accidentes-transito-colombia.aspx>
- **Cerquera Escobar, Flor Ángela (2015).** Capacidad y Niveles de Servicio de la Infraestructura Vial. Análisis de planeación, análisis operacional. Tunja, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.
- **Cisa Ingeniería Ltda., (2005).** Auditoría de seguridad vial de la conectante occidente – Norte de la intersección de la AC 80 con AV. Caracas. Bogotá D. C., Julio de 2005
- **Corporación Fondo de Prevención vial. (2013).** Guía de Cicloinfraestructura.
- **Corporación Fondo de Prevención vial. (2013).** Guía de medidas para calmar el tránsito.
- **HCM 2000: Washington D.C., (2000).** Highway Capacity Manual.
- **HCM 2010: Washington D.C., (2010).** Highway Capacity Manual (Manual de capacidad vial). Transportation Research Board of the National Academies.
- **Instituto de Desarrollo Urbano.** Guía práctica de la movilidad peatonal urbana.
- **Instituto Nacional de Vías INVIAS (2008).** Manual de Diseño Geométrico de carreteras.
- **Torres José A. F. (2012).** Metodología de evaluación de la seguridad vial en intersecciones basada en el análisis cuantitativo de conflictos entre vehículos. Madrid, España.
- **L. Leden (2002).** Pedestrian Risk decreases with pedestrian flow. A case study based on data from signalized intersections in Hamilton, Ontario

- **MINISTERIO DE TRANSPORTE (2015).** Manual de señalización vial 2015.
- **MINISTERIO DE TRANSPORTE (2015).** Transporte en cifras Estadísticas 2015.
- **Ministerio de Transporte (2014).** Plan Nacional de Seguridad Vial Colombia 2011-2021.
- **ND Antonucci, KK Hardy, KL Slack, R. Pferer, TR Neuman (2004).** A Guide for Reducing Collisions at Signalized Intersections. National Cooperative Highway Research Program Report 500, vol. 12
- **Organización Mundial de la Salud (2016).** En línea: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/es/> .
- **Robin Hernandez (2013).** Implementación de controles semafóricos en intersecciones de barranquilla. Secretaria Distrital de Movilidad.
- **Roads & Traffic Authority of NSW (1996).** Road Environment Safety A Practitioners Reference Guide to Safer Roads. Sidney
- **Sindry Camargo, Angela Herrera (2012).** Metodología para el análisis de la seguridad vial en sitios críticos de la ciudad de Barranquilla. Secretaria Distrital de Movilidad.
- **T. Sayed, F. Rodriguez (1999).** Accident prediction models for urban unsignalized intersections in British Columbia
- **Wilson E. Vargas, Edison Mozo, Edwin Herrera (2012).** Análisis de los puntos más críticos de accidentes de tránsito en Bogotá. Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Bogotá – Colombia).