

# AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL PARA EL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO.

TRAMO: CALLE 5 CON CRA 34 HASTA LA CRA 15 CON CALLE 9

JOSE EDUARDO ARROYO MAYORGA  
LUIS ALEJANDRO CHICUNQUE TRIVIÑO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA CALI  
ARTICULO CIENTIFICO DEL PROYECTO DE GRADO  
06 DE SPETIEMBRE DE 2016

## RESUMEN:

*El presente trabajo consiste en una auditoria de seguridad vial que se realizó en la ciudad de Cali en la calle quinta, donde se identifico el comportamiento de los usuarios, el diseño de la via y los controles de trafico que hay en esta. Para ello se realizo un inventario del tramo que pretendia reconocer el estado actual de la infraestructura vial, se tomaron velocidades del flujo vehicular, se realizo un registro fotografico y filmico, se elaboraron listas de chequeo, se construyeron de matrices de riesgo, etc.*

*Con esto se tomo una seccion del tramo identificada como la zona más critica y es en esta seccion donde se presentara un diseño que solucione los problemas encontrados para que*

---

*la autoridad competente tome en cuenta dicho diseño, con el fin de mejorar el servicio de la via y la seguridad de los usuarios. El trabajo lograr mostrar que la intersección ubicada en la carrera 15 con calle novena es la zona más critica de todo el tramo auditado y esto se debe a la cantidad de factores negativos o no deseados que se identificaron en ella, a partir de esto se realizo un estudio del nivel de obediencia por parte de los usuarios y una vez identificado que el problema central es el gran volumen de peatones que omiten los controles de transito que ahí se encuentran, además de controles que no estaban dentro de los lineamientos de la norma de transito. Se propuso intervenir aquellos controles de tal forma que cumplieran con la norma y ademas de vallas peatonales que direccionen el flujo de peatones.*

**Palabras claves:** Auditoria de seguridad vial (ASV), inventario vial, nivel de obediencia, señales verticales, señales horizontales, lista de chequeo, metodo del vehiculo flotante, matrices de riesgo, tramo critico, accidentes equivalentes.

## **I. INTRODUCCIÓN:**

Las auditorías en seguridad vial son estudios que han adquirido mayor importancia a través de los años al momento de diseñar, construir y planificar un proyecto, pues estos han sido reconocidos como factor fundamental para propender por el buen funcionamiento de la vía y la seguridad de los usuarios presentes y/o futuros.

Este proyecto hace parte de un trabajo de investigación realizado entre Metro Cali y la Pontificia Universidad Javeriana, que tiene como propósito identificar los sitios críticos por gravedad en accidentalidad vial y buscar su relación con los componentes de la infraestructura y el tránsito.

A través de esta investigación se estudiarán datos brindados por Metro Cali con el fin de compararlos con los datos obtenidos en campo, para ello se visitara la zona de estudio y se obtendrán dichos datos. Al final del estudio se deberán obtener datos concluyentes que lleven a la reducción del índice de accidentalidad. Según la información suministrada el tramo de

la calle 5 con cra 34 hasta la cra 15 con calle 9 posee un historial de accidentes de alta severidad es por ello que es a este tramo al cual se le realizara una ASV con el fin de corregir errores de infraestructura que se identifiquen. A través de estudios de infraestructura vial y peatonal, niveles de obediencia de los usuarios y listas de chequeo que permitan caracterizar el tramo.

## **II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

Las auditorias en seguridad vial son una herramienta de gran utilidad para prevenir los accidentes de tráfico, por este medio una persona calificada examina las condiciones de un proyecto nuevo, existente o cualquier estructura que pueda afectar la vía y/o a los usuarios.

Los aspectos claves de la realización de una ASV son: (Diaz, 2010)

- Una ASV es una comprobación formal.
- Los auditores ser expertos en la materia.
- Los auditores deben ser personal independiente de la fase de diseño.
- La auditoría de seguridad vial debe concentrarse en aspectos relacionados con la seguridad.
- Deben contemplarse las necesidades de seguridad de todos los posibles usuarios de la vía.

En esta ocasión la auditoria se va a realizar en el Sistema Integrado de Transporte Masivo

(SITM) de la ciudad de Cali, este es conocido como el Mío.

Los SITM en Colombia son una parte fundamental del desarrollo de las ciudades a nivel económico, político y social; alrededor de estos se han venido desarrollando proyectos de gran envergadura. Cada ciudad implementa su SITM según el contexto en el que esta se desarrolló, pues cada una varía en población, demanda del servicio, uso del suelo, distribución de actividades urbanas, etc. El MIO (Masivo Integrado de Occidente -Metro Cali S.A.) es el SITM que presta el servicio en la ciudad de Cali, contiene cinco troncales de carriles exclusivos donde conectan sus estaciones con una extensión de 35.01 km. Este sistema cuenta con rutas pretroncales y alimentadoras las cuales prestan un servicio de 243 km. Este servicio cubre casi el 89.9% de la ciudad. (Junca & Aguilar, 2013). Las estrategias dentro del POT de Cali incluyen: Continuar con el proceso de integración del sistema MIO que garantice la cobertura de todo el municipio, otorgar la información necesaria que facilite el uso del transporte público, gestionar sistemas que mejoren la circulación vehicular dentro de la ciudad y fomenten el desarrollo sostenible, formar corredores para la inclusión de los peatones, generar un sistema de seguridad vial más efectivo que disminuya

la cantidad de heridos dentro y fuera de la ciudad. (Consejo de Santiago de Cali, 2012)

Una estrategia de la disminución de la accidentalidad en las vías son las Auditorías de Seguridad Vial ASV. Al pasar de los años las ASV han colaborado de manera efectiva con la disminución de la accidentalidad no en su totalidad, pero si en una gran proporción. Lo bueno de las ASV son que se pueden realizar en cualquier fase del proyecto: planificación, pre diseño, diseño, pre construcción, pre operación y operación, es claro que se pueden realizar cuanto halla la suficientemente información que permita a los auditores realizar su trabajo de evaluación. (Cal y Mayor & Cardenas, 2007).

La infraestructura vial es importante pues esta asegura la vida de las personas que van a usar el proyecto, a través de estrategias que prevengan y progamen con anterioridad acontecimientos a futuro.

Los factores más importantes a la hora de desarrollar un estudio de accidentalidad son: los usuarios, los vehículos y la zona de desarrollo o infraestructura presente. (Novoa, Perez, & Borrell, 2009).

### **III. RESULTADOS**

#### **A. INVENTARIO VIAL**

Para realizar un mejor análisis y un procedimiento que facilitara el mismo, se

dividió el tramo general de estudio en tres subtramos, Tramo I (calle 5 entre carrera 34 y puente de la calle 6), Tramo II (calle 5 entre puente de la calle 6 y carrera 15 con calle 5), Tramo III (carrera 15 entre calle 5 y calle 9).

Este tramo está compuesto por dos calzadas norte-sur y sur-norte, las cuales a su vez poseen dos carriles de vehículos mixtos y un carril exclusivo donde transitan buses del sistema MIO.

### B. LISTA DE CHEQUEO

La lista de chequeo es un mecanismo con el cual ayuda al desarrollo de cualquier tipo de auditoría, en este caso se evaluó en el tramo que se está auditando, permitiendo hallar puntos débiles en donde se requiere un tipo de intervención para tener una solución de los hallazgos.

Los hallazgos más importantes fueron: Los arboles presentes en la vía obstruyen las señales de verticales, la iluminación no es suficiente en la zona peatonal y los peatones no obedecen los controles de tráfico.

### C. VELOCIDAD DE RECORRIDO (VEHICULO FLOTANTE)

La toma de datos por el método de vehículo flotante es una metodología muy sencilla, se utilizó un vehículo con un conductor calificado, un velocímetro y un odómetro en buen estado.

A partir de los datos obtenidos de distancias y tiempos se calculó las velocidades de recorrido y de marcha y las velocidades medias de recorridos y de marca con las siguientes ecuaciones:

$$V = \frac{D}{T} * \frac{3600}{1000} \quad (1)$$

Velocidad de recorrió o marcha.

Donde:

- V= Velocidad de recorrido o marcha. (Km/h)
- D= Longitud del tramo (hasta punto de control) en metros.
- T= Tiempo de recorrido o marcha sea su caso en segundos.

$$V' = \frac{DT}{\Sigma T} * \frac{3600}{1000} \quad (2)$$

Velocidad media de recorrido o marcha.

Donde:

- V'= Velocidad media de recorrido o marcha. (Km/h)
- D= Longitud de recorrido en metros.
- $\Sigma T$ = Suma de tiempos de recorrido o marcha sea su caso en segundos.

### D. MATRIZ DE RIESGO

Con las matrices de riesgo se logra cuantificar el riesgo que puede tener un tramo de estudio, estas se dividen en 4 partes principales: identificación, cálculo de la amenaza, cálculo de la vulnerabilidad y cálculo y clasificación del riesgo.

La identificación hace alusión a las zonas o tramos específicos donde se analizó el proyecto para identificar riesgos.

La amenaza es la probabilidad de que un suceso ocurra o no con cierto grado de peligrosidad y está asociada a la exposición y consecuencia.

Para calcular la amenaza se debe determinar el porcentaje de peligrosidad que está dado por la siguiente ecuación:

$$Peligrosidad(\%) = (A_{ex} + A_c) * 10 \quad (3)$$

La amenaza está dada por la siguiente ecuación:

$$Amenaza = (A_{ex} + A_c) * FM_j * FM_d \quad (4)$$

La vulnerabilidad está dada por la siguiente ecuación:

$$Vulnerabilidad = V_{cgt} + V_{ex} + V_v \quad (5)$$

Para completar la matriz se debe calcular como último paso el riesgo, para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$Riesgo (\%) = A * V \quad (6)$$

### E. NUMERO DE ACCIDENTES EQUIVALENTES

Los accidentes viales pueden cuantificarse mediante el índice de severidad o el número de accidentes equivalentes el cual correlaciona la gravedad de los accidentes en términos de daños materiales, heridos y muertos, con respecto a la cantidad de vehículos que utilizan la vía. (Cal y Mayor & Cardenas, 2007)

Luego de haber encontrado estos datos para los tres tramos definidos anteriormente en la lista de chequeo se procedió a calcular el  $NAD_E$  (Cal y Mayor & Cardenas, 2007).

$$NAD_E = NAD + NAH (F1) + NAM (F2) \quad (7)$$

Dónde:

$NAD_E$ =Número de accidentes equivalente a número de accidentes con daños materiales, heridos y muertos.

$NAD$ =Número de accidentes con daños materiales.

$NAH$ =Número de accidentes con heridos.

$NAM$ =Número de accidentes con muertos.

$$F1 = \frac{\text{Costos de AH}}{\text{Costo de AD}} \quad (8)$$

$$F2 = \frac{\text{Costos de AH}}{\text{Costo de AD}} \quad (9)$$

### F. SELECCIÓN DEL TRAMO CRITICO

Tabla 1. Selección del tramo crítico

SENTIDO	TRAMO	RIESGO	DISTANCIA (km)	RIESGO/Km	Velocidad de marcha Km/h			ACCIDENTALIDAD			
					MIO		VEHICULO	NAD	NAH	NAM	NADE
					EXPRESO	TRONCAL					
S-N	I	315%	1.2	262%	48.29	52.98	44.71	4	3	0	16
N-S					58.13	66.49	61.52				
S-N	II	117%	0.6	196%	57.4	57.25	51.97	11	2	0	19
N-S					52.63	67.37	59.88				
S-N	III	168%	0.4	420%	54.21	55.42	53.39	9	8	0	41
N-S					33.02	56.5	45.11				

### G. DISEÑO

Dentro de las soluciones están: vallas peatonales que guíen el flujo de peatones a movilizarse por los controles de tráfico adecuados, estas estarán ubicadas en los andenes o zonas por donde los peatones no usaron los controles de forma adecuada y se extenderán 6 metros antes de llegar al paso de

peatones al cual se desea acceder. Se propuso colocar la correcta señalización horizontal en la intersección como son las flechas de reducción del carril, diferenciación de los carriles, restricción de bloque para una intersección amplia y volver a pintar señales que no son visibles para dar un mensaje claro e inequívoco, un giro a derecha de norte a sur en la carrera quince con calle novena que permitirá un flujo más libre a través de la intersección; de igual forma se propone un pompeyano o levantamiento trapezoidal en este giro con el fin de darle prioridad a los peatones que desean atravesar dicho giro, también se propone un mantenimiento y/o poda de los árboles que bloquean las señales verticales antes y después de la intersección.

#### **IV. CONCLUSIONES**

- Teniendo como punto de partida los inventarios viales se afirma que el nivel de funcionalidad del pavimento y del drenaje en todo el tramo auditado tiene la mayor calificación.
- La iluminación a lo largo del tramo auditado cumple su función debido a que hay muy pocas zonas oscuras.
- La infraestructura peatonal es óptima para el uso de los usuarios en todo el tramo auditado.
- Se evidenció que en muchas zonas las señales horizontales están desgastadas

debido a su uso, por lo cual se deben marcar de nuevo, teniendo en cuenta que a lo largo del tramo la señalización es adecuada; sin embargo, existen zonas donde no se cumple con algunas medidas del manual.

- La señalización vertical es buena y su ubicación es pertinente, pero esta es obstruida por árboles que no permiten visualizarla por la falta de mantenimiento.
- Diferentes vehículos giran a la derecha de la carrera 15 hacia la novena por lo cual se optó por proponer un diseño de un ramal de entrada (Giro a la derecha) para poder dar un mejor flujo vehicular en la carrera 15.
- Como solución para la protección de los peatones con respecto al giro a la derecha se plantea un levantamiento trapezoidal (pompeyano) que obligue a los vehículos a reducir la velocidad en este giro y los peatones cuenten con un paso a nivel de la isleat y el espacio público, por lo cual se debe perfeccionar el estudio de volumen de peatones para determinar las dimensiones del pompeyano.
- Se removió la señalización que estaba de más y se incluyó la necesaria.

- Debido a que no se tuvo en cuenta a los peatones invidentes se plantea la implementación de semáforos sonoros.

## V. REFERENCIAS

(11 de 05 de 2004). Recuperado el 11 de 05 de 2004, de Alcaldía de Santiago de Cali: [http://www.cali.gov.co/publicaciones/nuestra\\_historia\\_santiago\\_de\\_cali\\_tiene\\_477\\_años\\_publicos](http://www.cali.gov.co/publicaciones/nuestra_historia_santiago_de_cali_tiene_477_años_publicos)

(7 de 2011). Obtenido de infraestructura: <http://www.infraestructura.org.co/seguimientoproyectos/InformeSITMJulio2011.pdf>

(24 de 7 de 2015). Obtenido de wikipedia : [https://es.wikipedia.org/wiki/Seguridad\\_vial](https://es.wikipedia.org/wiki/Seguridad_vial)

(11 de 8 de 2015). Obtenido de wikipedia : [https://es.wikipedia.org/wiki/Masivo\\_Integrado\\_de Occidente](https://es.wikipedia.org/wiki/Masivo_Integrado_de Occidente)

Cal y Mayor, R., & Cardenas, J. (2007). *Ingeniería de tránsito, Fundamentos y aplicaciones*. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.

Consejo de Santiago de Cali. (2012). Obtenido de <http://200.29.101.134/infoeseladera/ayuda/plan%20desarrollo%20cali%20acdo0326-12.pdf>

a/plan%20desarrollo%20cali%20acdo0326-12.pdf

Díaz, J. (10 de 2010). Obtenido de [http://www.institutoivia.com/cisev-ponencias/medicion\\_gestion\\_gs/Jacobo\\_Diaz.pdf](http://www.institutoivia.com/cisev-ponencias/medicion_gestion_gs/Jacobo_Diaz.pdf)

Junca, J., & Aguilar, J. (31 de 8 de 2013). Obtenido de fedesarrollo: <http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/La-integración-de-los-sistemas-de-transporte-urbano-en-Colombia-Finder.pdf>

Novoa, A., Pérez, K., & Borrell, C. (16 de 4 de 2009). *scielo*. Obtenido de scielo: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0213-91112009000600013](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-91112009000600013)

Ortiz, A. (30 de 11 de 2008). Obtenido de sobre cali: <https://sobrecali.wordpress.com/la-movilidad-en-cali-el-problema- apenas-comienza/>

Palacios, J., & Moreno, J. (2012). Obtenido de biblioteca digital univalle: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/5917/1/0461682-p.pdf>

