

Modelación de los accesos a los barrios San José de Los Campanos y La Carolina

María José Mercado Díaz¹, Alejandra Marcela Silva Díaz², Patricia Garcés Del Castillo³

¹Estudiante de X semestre de Ingeniería Civil Universidad de Cartagena, e-mail: mariajosemercado@hotmail.com

²Estudiante de X Semestre de Ingeniería Civil Universidad de Cartagena. e-mail: a_silvad@hotmail.com

³Ingeniera Civil, Universidad de Cartagena, Colombia. Magíster en vías terrestres, Universidad Del Norte, Colombia. Docente del programa de Ingeniería Civil, Universidad de Cartagena, Colombia. e-mail: pgarces@unicartagena.edu.co

RESUMEN

Este artículo presenta la situación actual de una parte de la malla vial de la ciudad de Cartagena, los flujos de tránsito y su relación con los cambios en la infraestructura vial debidos al proyecto del Sistema de Transporte Masivo y las nuevas vías programadas por el gobierno colombiano. Se analiza y se plantea el diseño preliminar del manejo de los flujos vehiculares en las intersecciones de la Transversal del Caribe (Ruta 90) con los accesos a los barrios San José de Los Campanos y La Carolina, partiendo de la situación actual y los diseños proyectados para la doble calzada. Se evaluaron estas condiciones con el software PTV VISSIM 5.3, y se clasificó el funcionamiento de estas intersecciones, según los niveles de servicio. Se proponen y evalúan alternativas como la restricción de accesos y giros izquierdos y el planteamiento de retornos en la Ruta 90 como solución al congestionamiento y control del tráfico en ambas intersecciones.

PALABRAS CLAVE: Intersecciones viales, diseño geométrico de vías, doble calzada, modelación de tráfico

ABSTRACT

The article presents actual situation of Cartagena's Road network, the traffic flows and its relationship with the changes in roads infrastructure by construction of the project was the main topic in the research, which the objective was perform the previous design of the traffic management plan in the intersection of Transversal Del Caribe (Ruta 90) with the access to the neighborhood San Jose de Los Campanos and La Carolina; We start with the actual situation and designed projects for the dual carriageway, these conditions was assessed with PTV VISSIM 5.3 software and was clasified, in base of the service levels, the funcionaly of these intersections. Was proposed and assessed alternative like dont permit accesses, dont turn left allowed and perform returns in the Ruta 90 as solution of congestion problem and traffic control in both points.

KEYWORDS: Road intersections, ways geometric design, dual carriageway, traffic modelling.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los factores que afecta el desarrollo de una ciudad a nivel económico y social es la capacidad de proporcionar una movilidad adecuada, eficiente y cómoda para los habitantes y visitantes de la misma. La ciudad de Cartagena de Indias, capital del Departamento de Bolívar, ubicada en el Caribe colombiano, clasificada como Distrito Turístico y Cultural, declarada patrimonio histórico de la humanidad por la UNESCO y un importante centro industrial, tiene gran afluencia vehicular por su condición de ciudad turística y portuaria, pero no tiene actualmente, un óptimo sistema de transporte ni redes viales que proporcionen una correcta movilidad tanto a residentes como a visitantes. La administración distrital ha trazado un plan de crecimiento a nivel de infraestructura, adecuación, reparación y ampliación de la malla vial muy importante y notorio, pero paralelo a ello, se ha generado una expansión urbana que ha llevado a la creación de planes parciales de desarrollo de acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito, lo que ha hecho evidente la falta de nuevas vías urbanas y por ello se busca el buen funcionamiento de la malla vial existente en sinergia con el desarrollo urbano y la sostenibilidad con el ambiente.

La ampliación a dobles calzadas de las vías rurales que conectan la ciudad con el interior del país y con los departamentos vecinos como es el caso de la doble calzada de la vía Transversal del Caribe o Ruta 90, en los tramos Cartagena–Turbaco–Arjona y Cartagena–Bayunca, dada en concesión por el gobierno nacional, por ser una vía de altas especificaciones y tener tramos urbanos que se conectan con zonas residenciales de la ciudad, genera dificultades en la movilidad y riesgos de accidentes especialmente en las intersecciones de esta vía con los accesos a los barrios del sector.

Este estudio propone una alternativa de solución para mitigar los congestionamientos que se generen en los accesos que intersecan la doble calzada Transversal del Caribe, con los barrios San José de Los Campanos y la urbanización La Carolina, partiendo de las condiciones actuales de diseño, volumen y composición del tráfico y de las condiciones futuras consideradas. Debido a que en problemas con características de complejidad y magnitud como el de control de tráfico urbano, las estrategias de control diseñadas no son fácilmente validables directamente sobre la malla vial afectada, la utilización de plataformas de simulación se considera una herramienta fundamentalmente ligada a las estrategias de control de tráfico urbano, por ello las soluciones propuestas fueron evaluadas bajo modelación con el software PTV Visum 5.3 (PTV AG, 2009). Los resultados obtenidos apoyan el desarrollo vial y la movilidad de la ciudad y ponen de manifiesto la utilidad del uso del software de modelación para analizar futuras soluciones en intersecciones viales en los proyectos de dobles calzadas en Colombia.

2. AREA DE ESTUDIO.

El estudio se realizó en la ciudad de Cartagena de Indias ubicada sobre el Caribe colombiano, al norte del Departamento de Bolívar, a $10^{\circ} 25'30''$ de Latitud Norte y $75^{\circ} 32'25''$ de Longitud Oeste, con una extensión total de $609,1 \text{ km}^2$. El área en estudio se encuentra en el triángulo comprendido entre la Calle 31 y la Transversal del Caribe o Transversal 54 (Ruta 90) en la zona urbana; la otra base del triángulo es la variante de Cartagena. Esta zona, se proyecta como un gran polo de desarrollo de viviendas de interés social por la estratificación que maneja y la disponibilidad de servicios públicos, siendo uno de los factores que determina con mayor intensidad el crecimiento urbano planificado, y desarrollo de viviendas de propiedad horizontal y vertical de estrato 4 (Figura 1). Las dos intersecciones estudiadas no tienen semáforos ni ninguna otra señalización que facilite la movilidad y corresponden a acceso a los desarrollos residenciales de San José de Los Campanos y La Carolina.



Figura 1. Sector en estudio entre la Transversal 54 (vía principal en la parte norte) y la Calle 31 (vía principal al sur). **Fuente:** Imagen Google Maps, 20.

Las vías que brindan acceso a la urbanización La Carolina son: la Transversal 54 o Ruta 90 y la Calle 31. La Ruta 90 es la entrada a Cartagena por el lado Este, también conocida como Carretera La Cordialidad, recibe la nomenclatura vial de la malla de la Cartagena como Transversal 53-54. En el punto de acceso a la urbanización La Carolina, es el vértice del cambio de numeración de la Transversal 53 a Transversal 54 y está compuesta por una calzada de dos carriles en asfalto, de 3.62 metros cada uno, sin separador, sin andenes en el área de la intersección y con una banca amplia proyectada para la doble calzada (ver Figura 1). La Calle 31, es una vía principal de doble sentido de circulación desde su inicio en la intersección con la Transversal 54, en la conocida intersección Bomba El Amparo, y termina en la intersección a desnivel con la variante Mamonal-Gambote en el Cementerio Jardines de Paz, para continuar hacia la zona rural. Está compuesta actualmente por una calzada construida en pavimento rígido de dos carriles, de 5.2 m. cada uno, sin separador, andenes en ambos lados de 1.5m., en promedio, y la superficie de rodadura se encuentra en buen estado en el sector en estudio. La Carrera 91 es una vía de acceso al barrio Villa Estrella hacia el Noroeste pero que permite acceso a La Carolina, hacia el Sureste. En su tramo perteneciente a Villa Estrella posee una calzada de 5 metros habilitada para circulación bidireccional. Construida en pavimento rígido y con excelentes condiciones de rodadura. En el tramo de acceso a La Carolina la vía se encuentra proyectada, existe solo un carreteable destapado, sin superficie mejorada de rodadura, con un ancho de calzada de 18 metros, y proyección de un separador y con un carril aproximadamente de 8 metros para cada sentido (Figura 1).

Las vías que conectan la intersección en el barrio San José de Los Campanos son: la Calle 31 y la Carrera 100. La Calle 31 es una vía principal de doble sentido de circulación desde su inicio en la intersección con la Transversal 54, en la conocida intersección Bomba El Amparo, y termina en la intersección a desnivel con la variante Mamonal-Gambote en el Cementerio Jardines de Paz, para continuar hacia la zona rural. Está compuesta actualmente por una calzada construida en

pavimento rígido de dos carriles, de 5.2 m. cada uno, sin separador, andenes en ambos lados de 1.5m., en promedio, y la superficie de rodadura se encuentra en buen estado en el sector en estudio. La Carrera 100 es la vía de acceso al barrio San José de Los Campanos y una de las vías del barrio Simón Bolívar, posee una calzada de 7.74 m. de ancho, sin ningún separador físico, es de doble sentido de circulación, con dos carriles de 3.87 metros cada uno, con andenes de ambos lados de 1.5 metros en promedio, construida en pavimento rígido, con estado excelente de superficie de rodadura.

3. METODOLOGÍA

Las intersecciones viales son áreas comunes a dos o más carreteras que se cruzan en un mismo punto y en ellas se incluyen las calzadas que pueden utilizar los vehículos para el desarrollo de todos los movimientos posibles hacia un acceso determinado; pueden ser a nivel o a desnivel (INVIAS, 1998).

Las condiciones de operación de una intersección están representadas por los Niveles de Servicio de acuerdo con el Highway Capacity Manual (HCM 2000). Los parámetros considerados para determinar los Niveles de Servicio son la demora promedio de los vehículos, el volumen vehicular, y la velocidad operacional, siendo la demora promedio de los vehículos la más representativa. La Tabla 1 presenta los niveles de servicio para las condiciones dadas teniendo en cuenta si la intersección está señalizada o no, siendo el nivel de servicio A, el mejor. Sin embargo, estos valores son en cierta forma subjetivos ya que un tiempo de espera determinado puede ser aceptable en una gran ciudad y ser inadmisibles en una pequeña. En las intersecciones señalizadas los datos para hacer el análisis se agrupan en tres categorías: condiciones geométricas, condiciones del tráfico y condiciones de la señalización.

Tabla 1. Niveles de servicio en intersecciones de acuerdo con el Highway Capacity Manual 2000

NIVEL DE SERVICIO	SIN SEÑALIZACIÓN	CON SEÑALIZACIÓN
	DEMORA PROMEDIO (segundos/veh.)	DEMORA PROMEDIO (segundos/veh.)
A	< 10	< 10
B	10.1- 15	10.1-20
C	15.1 - 25	20.1- 35
D	25.1 - 35	35.1 - 55
E	35.1- 50	55.1-80
F	> 50	> 80

Fuente: HCM 2000, modificado por los autores.

El software PTV Vissim es un simulador multiusuario que se dirige al personal técnico responsable del control de la semaforización, operación de tránsito, planificación de ciudades e investigadores que requieran evaluar la influencia de tecnologías nuevas de control. Está basado en un modelo de microsimulación que se desarrolló para modelar el tránsito urbano y operaciones del transporte público, este programa puede analizar: configuración de carriles, composición del tránsito, semaforización, señal de PARE, etc., convirtiéndose así en una herramienta útil para la evaluación de varias alternativas basadas en el diseño y la planeación del tránsito y transporte.

La metodología para la realización de esta investigación consistió en la recolección de información secundaria, información de campo y la modelación con el software PTV Vissim©. Se realizó la planimetría de cada intersección y su área de influencia, se seleccionaron cuatro puntos de control en cada acceso para conocer el número de vehículos que transitaban en cada intersección, identificar los movimientos vehiculares y giros, así como sus velocidades y condición respecto a colas, la proyección del tránsito en periodos de tiempo de 5, 10 y 20 años y la modelación de diferentes alternativas de solución con el Software PTV Vissim©. Los aforos se hicieron manualmente un día miércoles y un domingo en períodos de 15 minutos, clasificando los diferentes tipos de vehículos, los giros de acuerdo con la Norma RILSA, la longitud de las colas, tiempo en cola, y la velocidad. Se contabilizaron los vehículos que se detienen en los primeros 10 segundos y en los siguientes intervalos de 10 segundos hasta los 60 segundos. Se registró la condición del clima y se determinaron horas pico. La información de los aforos se procesó estadísticamente para hacer una descripción cuantitativa de la composición del tráfico y con los datos de los levantamientos topográficos de las condiciones actuales de cada intersección, las velocidades medidas para cada tipo de vehículo, las longitudes de cola y tiempos de demora de los vehículos, se realizó la simulación del estado actual de funcionamiento de las intersecciones utilizando el software y calibrando los resultados con las mediciones de campo. Para las modelaciones de las condiciones futura se asumió una tasa de crecimiento del 3% que es la tasa que se utilizó para los diseños del Sistema de Transporte Masivo de Cartagena. Los resultados arrojados por la modelación se utilizaron para validar las mejores alternativas de solución en cuanto a funcionalidad y operación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados para la intersección San José de Los Campanos (Figura 2 y para la situación actual en los cuatro accesos, indican que los dos accesos que corresponden a los flujos de la vía principal Calle 31 (Ruta 90), Acceso NW y Acceso SE, presentan colas demasiado largas (408.2m y 375.9m) y demoras demasiado altas, , mientras que en los otros dos accesos, Acceso NE (salida de San José de Los Campanos), la cola promedio es de 15 m. de largo, mientras que en el Acceso SW (salida de Simón Bolívar) no se presentaron colas representativas. Para las demoras, la situación en los accesos es muy similar a la de la longitud de colas (Figura 3). Comparando estos resultados con los parámetros de la HCM 2000 indicados en la Tabla 1, se clasifica el estado actual de esta intersección con un Nivel de Servicio F.

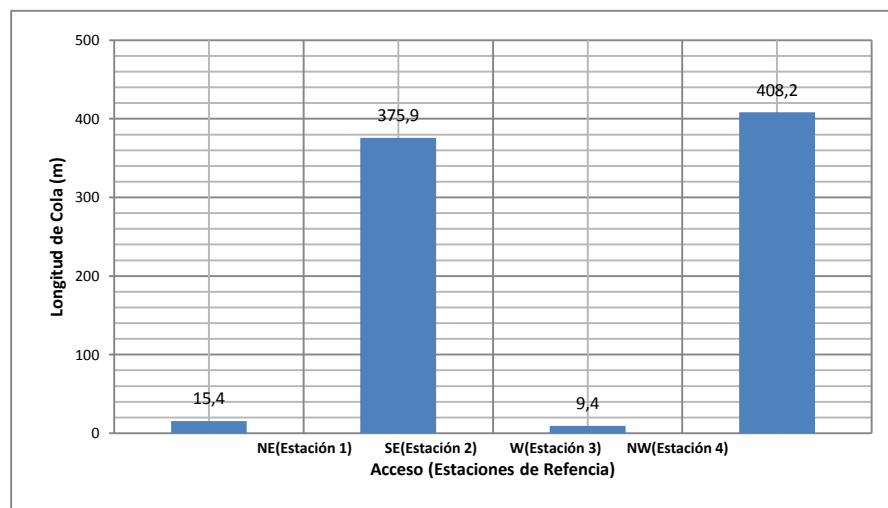


Figura 2. Promedio de longitud de colas para la situación actual en la intersección de San José de Los Campanos

Fuente: Resultados de PTV Vissim 5.3 diagramado por los autores.

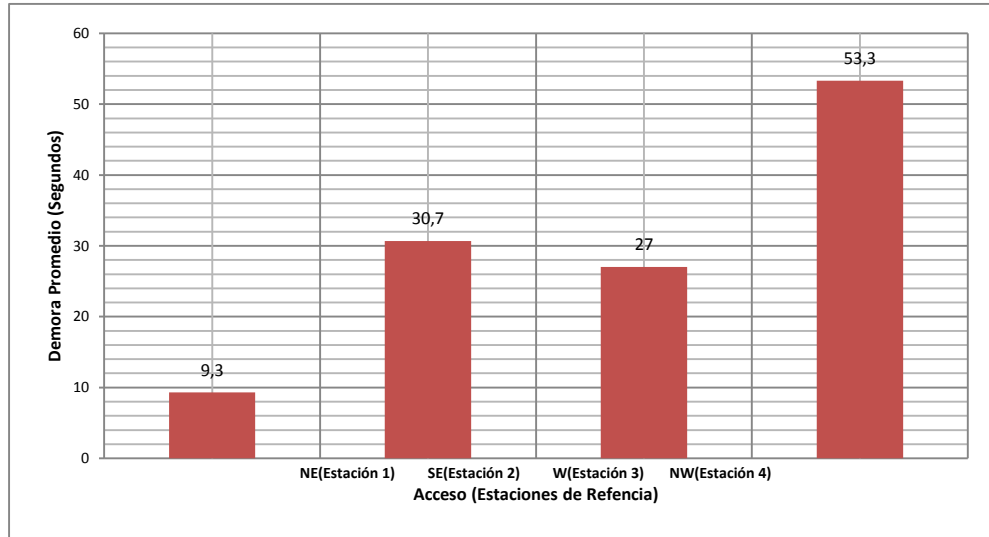


Figura 3. Promedio de demoras para la situación actual en la intersección de San José de Los Campanos

Fuente: Resultados de PTV Vissim 5.3 diagramado por los autores.

Analizando los cuatro accesos de la intersección La Carolina, se observa que los dos accesos que corresponden a los flujos de la vía principal Transversal 53-54(Ruta 90), Acceso SW – Acceso E, presentan colas demasiado largas, de casi de medio kilómetro cada una, mientras que en los otros dos accesos, Acceso N y Acceso S, la salida de Villa Estrella y la salida de La Carolina respectivamente, los flujos son muy bajos y no se forman colas (Figura 4). Igual comportamiento tuvieron las demoras en esta intersección (Figura 5). De acuerdo con estos resultados y los indicados en la Tabla 1, la intersección anterior, estos resultados también arrojan un nivel de servicio actual F para estas direcciones y un nivel de servicio para A para la dirección NE y la NW.

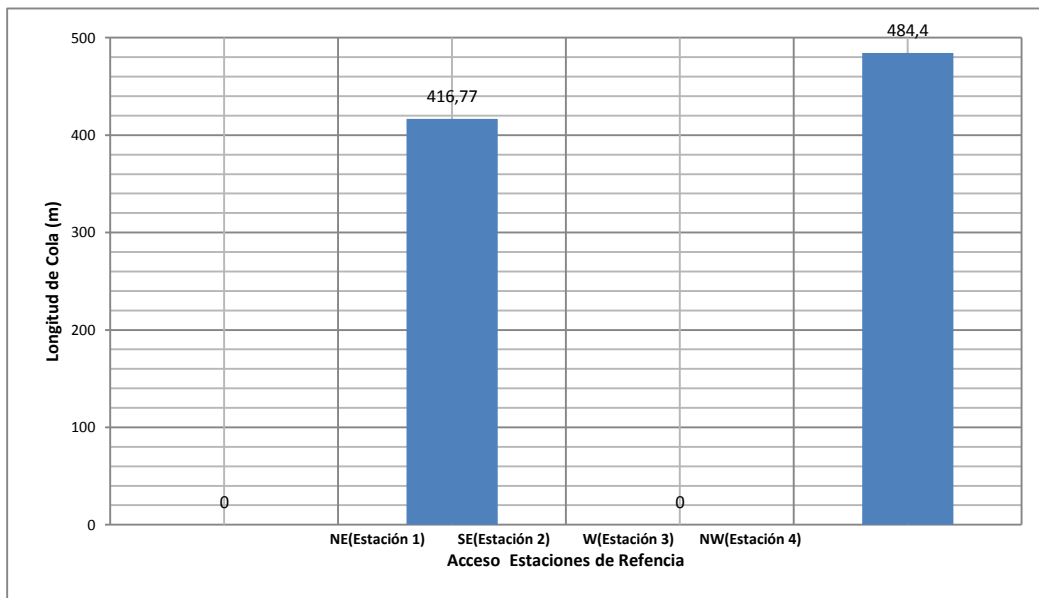


Figura 4. Promedio de colas de la situación actual en la intersección de La Carolina.

Fuente: Resultados de PTV Vissim 5.3 diagramado por los autores.

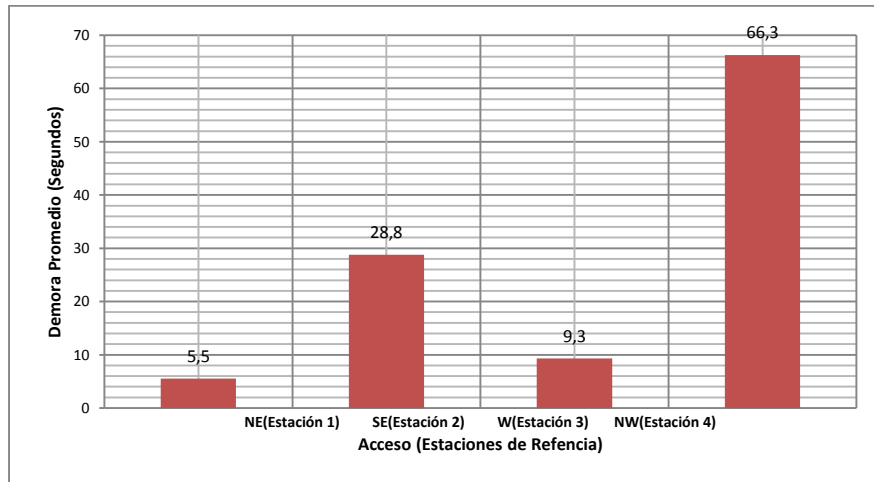


Figura 5. Promedio de demoras de la situación actual en la intersección de La Carolina.

Fuente: Resultados de PTV Vissim 5.3 diagramado por los autores.

Para evaluar el funcionamiento de las intersecciones a 5, 10 y 20 años, se proyectaron los volúmenes actuales para estos años y se modelaron sobre las secciones de los nuevos diseños de la doble calzada de la Ruta 90. Las rutas de transporte público fueron sustituidas por las rutas proyectadas para el proyecto de transporte masivo TRANSCARIBE y que pasarán por estas dos intersecciones.

En la intersección San José de Los Campanos los resultados arrojados por el PTV Vissim© para estas nuevas condiciones, fueron muy satisfactorios. Los parámetros longitud de colas y demoras fueron satisfactorios, aun así, los vehículos transitan sin dispositivos de control, los giros, cruces y maniobras ocurren todos al tiempo y los conflictos son demasiados y peligrosos. Los resultados de colas y demoras disminuyen y entran en niveles ideales porque aunque existen conflictos, la nueva sección geométrica tiene la capacidad de abarcar todo el volumen vehicular y da mayor espacio para cada movimiento. Para corregir este hecho se diseñaron dispositivos de control que garanticen un flujo organizado en las intersecciones. Se ingresaron los datos de tráfico futuros a 5 años al programa SINTRAFFIC OFFICE y se determinó el plan de hora pico (Figura 6).

La evaluación de este plan semafórico en PTV Vissim© dio como resultado colas demasiado grandes y demoras muy altas, ya que cualquier metodología empleada para el cálculo de semáforos dará prioridad a los flujos con mayor volumen y en el caso de esta intersección se dio prioridad a los flujos de la vía principal, por lo que los tiempos verdes de los giros izquierdos, como es el caso de la entrada a San José de Los Campanos, son muy bajos y no alcanzan a evacuar los vehículos que llevan este fin.

Finalmente se propuso eliminar los giros izquierdos y plantear retornos en la vía principal para reducir al máximo el número de conflictos en la intersección y se diseñó y calculó un plan semafórico con dos semáforos, más que todo para facilitar los cruces peatonales (Figura 7). Los resultados de este último plan semafórico, muestran una intersección con longitudes de cola y demoras admisibles.

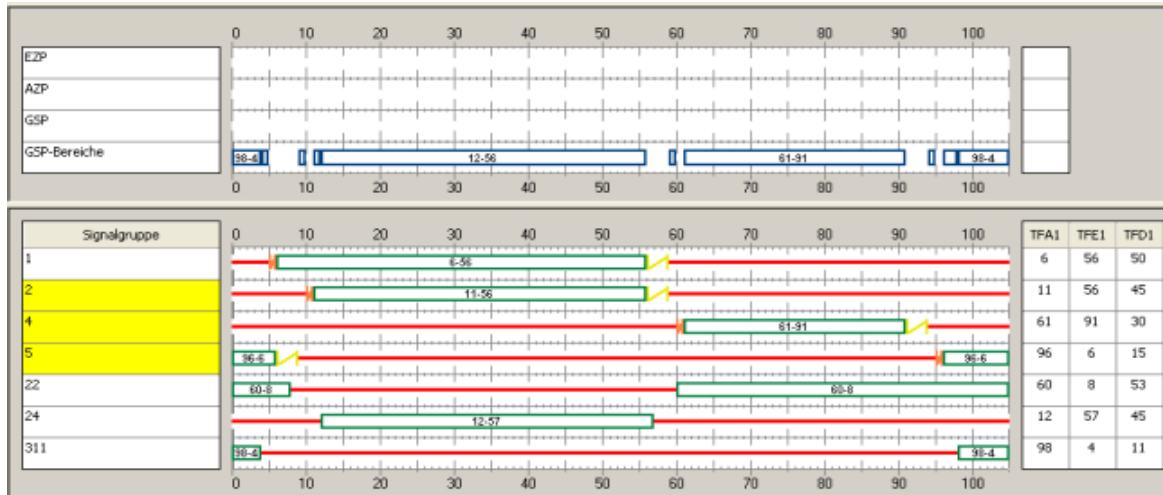


Figura 6. Plan de hora para las fases del primer semáforo calculado en la intersección de San José de Los Campanos.

Fuente: Resultados del programa SINTRAFFIC OFFICE



Figura 7. Retornos diseñados como solución para la intersección San José de Los Campanos.

Fuente: Imagen Google Earth, modificada por los autores.

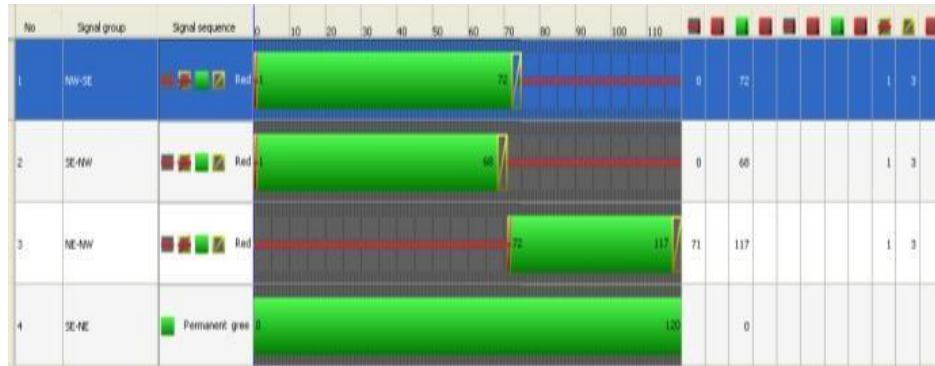


Figura 8. Plan de hora para las fases del segundo semáforo calculado en la intersección San José de Los Campanos.

Fuente: Resultados de PTV Vissim 5.3 diagramado por los autores

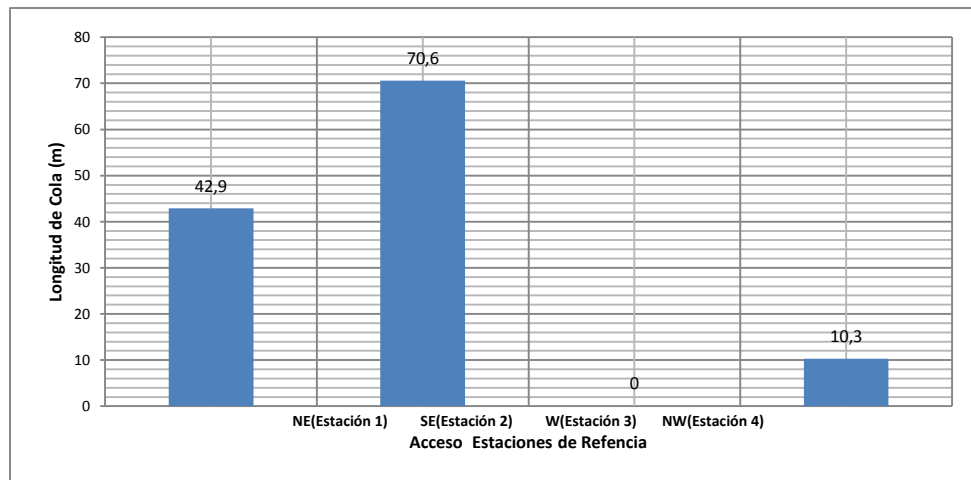


Figura 9. Promedio de longitud de colas para la intersección San José de Los Campanos para la situación proyectada a cinco años con la alternativa propuesta.

Fuente: Resultados de PTV Vissim diagramado por los autores.

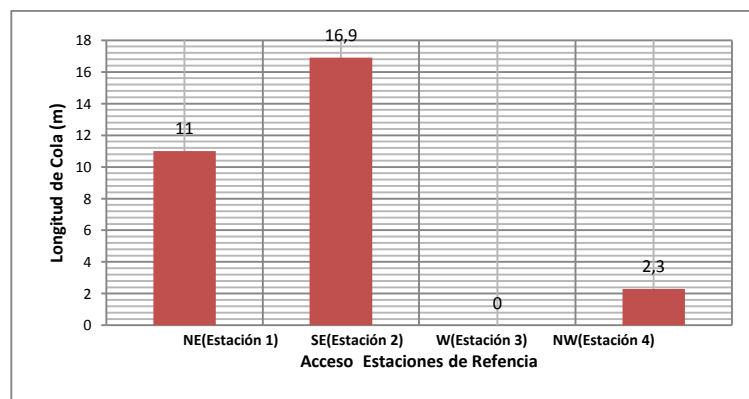


Figura 10. Promedio de demoras de la situación a cinco años con la alternativa propuesta en San José de Los Campanos

Fuente: PTV Vissim 5.3 diagramado por los autores

La modelación de la intersección La Carolina en la situación futura arrojó resultados muy satisfactorios, la ampliación de la doble calzada de la Ruta 90 colabora por si sola a la solución de las colas y demoras. El diseño de esta ampliación consideró una gran isleta frente a La Carolina y Villa Estrella lo que eliminó los giros izquierdos y cruces que afectarían el flujo continuo de la vía principal. Los resultados de la modelación a cinco años fueron los siguientes: Longitudes de colas menores de 5m y demoras por debajo de 13 segundos.

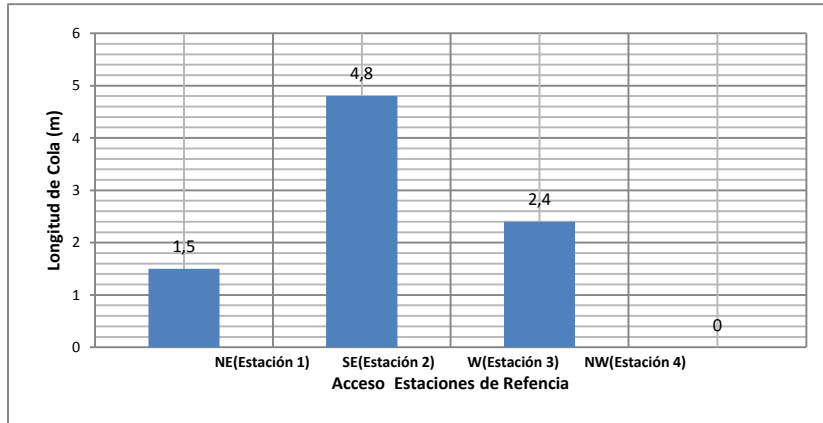


Figura 11. Promedio de longitud de colas de la situación proyectada a cinco años en la intersección de La Carolina

Fuente: PTV Vissim 5.3 diagramado por los autores

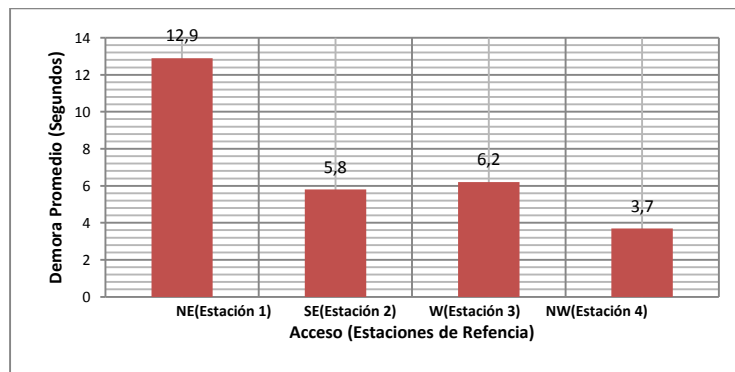


Figura 12. Promedio de demoras para la situación a cinco años en la intersección de La Carolina

Fuente: PTV Vissim 5.3 diagramado por los autores

Para suplir la necesidad de los giros hacia la izquierda y cruces, el diseño del Sistema de Transporte Masivo, Transcribe, propone un retorno como elemento interconector entre este sistema y la doble calzada, lo cual sería una solución de retorno. Por otro lado, en la salida de la Terminal de Transporte existe un espacio en el separador para la entrada y la salida de los vehículos; la propuesta que se evaluó consistió en situar los vehículos que necesitan realizar retorno por este extremo, conduciéndolos a la vía de la Terminal de Transporte con el fin de poder salir por esta abertura y protegerse con el separador.

En los diseños del Sistema de Transporte Masivo, Transcaribe se proyecta un retorno a la altura del Canal Calicanto que sería el empalme de este sistema con la doble calzada de la Ruta 90 y serviría de retorno para los giros izquierdos provenientes de N o del E. Por otro lado, en la entrada a la Terminal de Transporte, el diseño de la doble calzada contempla un espacio sin separador para la entrada y salida de los vehículos de este punto con mayor facilidad; como este espacio no puede ser utilizado como retorno, ya que los giros en U están prohibidos, se proponen vías alternas, aún sin superficie de rodadura para salir a la vía de la Terminal de Transportes la cual tiene diseñado este espacio en el separador que permita la inclusión de su flujo a la doble calzada.

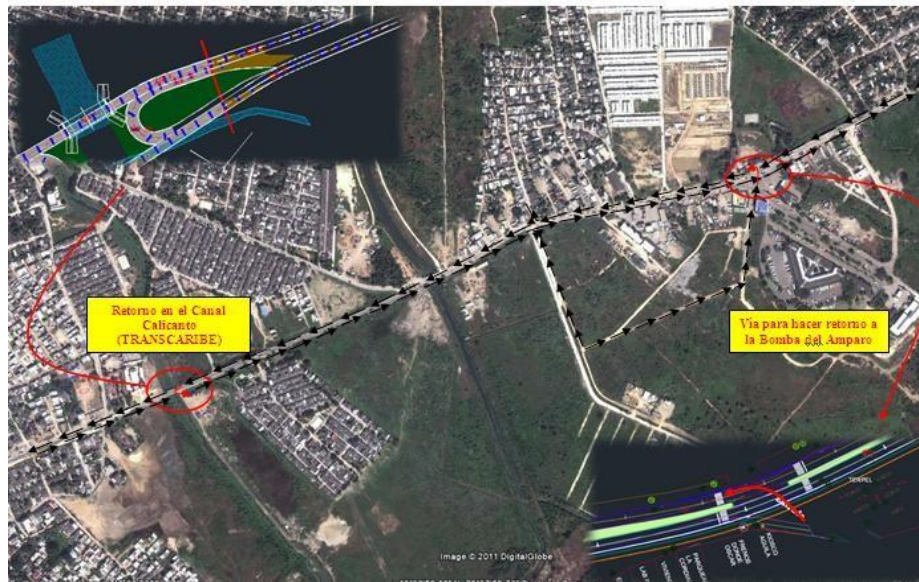


Figura 13. Retornos para la intersección de La Carolina

Fuente: Google Earth modificado por los autores

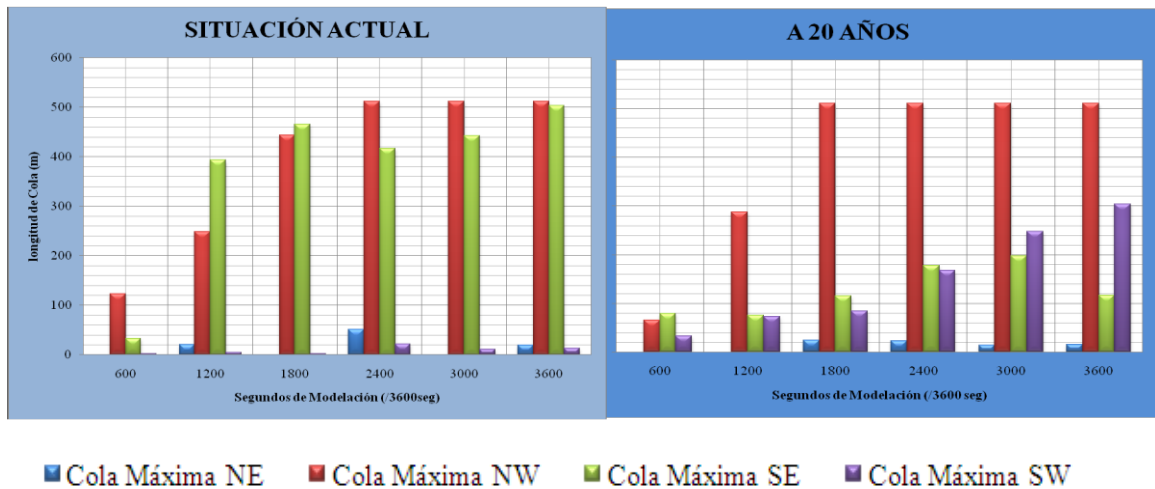


Figura 14. Comparación de resultados de la situación actual y la solución propuesta en un horizonte de veinte años, para la intersección San José de Los Campanos.

Fuente: Resultados de la modelación diagramado por los autores

Para la proyección a veinte años, los resultados arrojan valores muy similares a los actuales, con colas extremadamente largas y promedio de demoras muy alto. La intersección queda clasificada en tres de sus cuatro accesos con un nivel de servicio F (Figura 14). Para esta situación, los volúmenes de tráfico prácticamente se duplican y aunque la Ruta 90 ya estaría ampliada a doble calzada en su totalidad, sería insuficiente para garantizar el buen funcionamiento de las maniobras en la intersección, sin dispositivos de control, o sin elementos geométricos auxiliares.

5. CONCLUSIONES

Los resultados del estudio demuestran que la ampliación a doble calzada de la Ruta 90 en la intersección La Carolina generará por sí sola una solución a los problemas de congestión que se presentan actualmente; mientras, la doble calzada en la intersección de San José de Los Campanos mejora en cierta medida los problemas de colas y demoras, pero, los movimientos no son controlados y la circulación vehicular se vuelve traumática con colas largas, demoras grandes y desorden en los maniobras permitidas.

La modelación de la situación actual de las intersecciones San José de Los Campanos y La Carolina con la Ruta 90 arrojados por el programa de modelación PTV Vissim 5.3 y analizados bajo parámetros de la HCM2000 clasifican estas intersecciones con niveles de servicio F, muy elevado con relación al límite menor de esta clasificación.

La evaluación de las intersecciones en situaciones futuras a cinco y diez años, considerando las secciones de diseño de la doble calzada de la Ruta 90 para ambos puntos y las rutas proyectadas por el Sistema de Transporte Masivo TRANSCARIBE y que pasarán por esas zonas, fueron satisfactorios.

Para la intersección San José de Los Campanos, en la situación futura a cinco y diez años, la modelación muestra niveles de servicios muy buenos; como en esta intersección los diseños no contemplan dispositivos de control de tráfico, el funcionamiento será caótico por los conflictos entre los diferentes movimientos permitidos y el cruce de los peatones. Se propuso eliminar el Acceso SW en esta intersección por el bajo volumen que maneja y por la facilidad de salida que tiene por la intersección siguiente.

La alternativa de mejoramiento del flujo en la intersección planteando semáforos no colaboró en la solución del problema pues los volúmenes que manejan las vías principales son muy altos en comparación con los volúmenes de los giros izquierdos. Por ello se propone suprimir totalmente los giros izquierdos y proponer retornos en la vía principal, sobre la doble calzada de la Ruta 90, para suplir esta necesidad.

Esta última alternativa es la que brinda mayores aportes a la solución del manejo óptimo de los flujos en la intersección. Los resultados de la simulación muestran colas cortas de niveles de servicio A y B y las demoras que son normales en las intersecciones semaforizadas, en niveles de servicio D y E.

Para la intersección La Carolina, el estudio de su situación futura para los años de proyección, cinco, diez y veinte años, muestra un funcionamiento ideal. El diseño de la doble calzada plantea una gran isleta que elimina los giros izquierdos de cualquier acceso en esta intersección lo que aporta a la erradicación de conflictos generadores de colas y demoras

La aplicación de un software de modelación de tráfico en la evaluación de diseños geométricos y su funcionalidad, como lo es PTV Vissim 5.3, y la validación de estos resultados con los parámetros de colas y demoras medidos y establecidos por la HCM 2000 para la clasificación de

intersecciones según niveles de servicio permite proponer alternativas de solución a los conflictos generados en puntos focalizados de una red, como lo son las intersecciones en vías urbanas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcalá, Y., Bettín, F. (2008). Modelación con el software PTV VISSIM del plan de manejo de tráfico del proyecto de Transporte Masivo en Cartagena, Transcribe, tramos parque de La Marina - Bocagrande. Trabajo final de grado, Universidad de Cartagena. Cartagena, Colombia

Cal y Mayor, R, y Cárdenas, J. (2006) Ingeniería de tránsito, fundamentos y aplicaciones, 8ª Ed. Alfaomega, México

INVIAS, Ministerio de Transporte. (1998). Manual de diseño geométrico para carreteras. Bogotá, Colombia

Cárdenas, Grisales., J. (2004). Diseño geométrico de carreteras. ECOE Ediciones. ISBN: 9789586488594.

Ministry of Transportation and Infrastructure. (2010). Traffic control manual for work on roads. TCM 2010. British Columbia.

Pozueta, J. (2000). Movilidad y planeamiento sostenible: Hacia una consideración inteligente del transporte y la movilidad en el planeamiento y en el diseño urbano. Instituto Juan de Herrera. Madrid, España.

Suarez, L. (2007). Análisis y evaluación operacional de intersecciones urbanas mediante microsimulación. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia

Transportation Resear Board. Nacional Research Board. (2000). Highway Capacity Manual, HCM2000. National Academy of Science, United States of America, Washington D.C.

Uribe, S. (2009). Propuesta metodológica para el diseño de intersecciones urbanas. Inventum No. 7 Facultad de Ingeniería Uniminuto - Diciembre de 2009 - ISSN 1909 – 2520. Pp 46-54. Bogotá.

Planung Transport Verkehr AG, PTV AG. (2005). VISSIM 4.10. User Manual. Karlsruhe, Germany.

