

**DISEÑO PRELIMINAR Y MODELACION DE LAS INTERSECCIONES DE LOS
ACCESOS A LOS BARRIOS SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS Y LA CAROLINA
CON LA DOBLE CALZADA TRANSVERSAL DEL CARIBE (RUTA NACIONAL
90)**

**MARÍA JOSÉ MERCADO DÍAZ
ALEJANDRA MARCELA SILVA DÍAZ**



**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
Cartagena de Indias**

2012

**DISEÑO PRELIMINAR Y MODELACION DE LAS INTERSECCIONES DE LOS
ACCESOS A LOS BARRIOS SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS Y LA CAROLINA
CON LA DOBLE CALZADA TRANSVERSAL DEL CARIBE (RUTA NACIONAL
90)**

**MARÍA JOSÉ MERCADO DÍAZ
ALEJANDRA MARCELA SILVA DÍAZ**

Proyecto de Grado

**Director:
ING. PATRICA GARCES DEL CASTILLO
Magister en Ingeniería Civil**



**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
Cartagena de Indias**

2012



DEDICATORIA

A Dios,
A la memoria de mi Abuelo Agatón, mi papá Germán y mi tío Gabriel,
A mi madre,
A mi abuela Fabiola
A Cristo, Andre y Daniel
A Jairo y la familia Manzur Caro,
A Sofy y Ale,
A mis amigos
... a todos los que han creído en mí

María José Mercado Díaz

A Dios,
A mi compañera de tesis, gran amiga y hermana,
María José Mercado.
A mi esposo Jesús David Camacho Polo,
A mi hija Sofía Camacho,
A mis padres,
A mis sobrinos Raúl y Hannah,
A mi primo, Dickson Zamora,
A mis amigos,

Alejandra Marcela Silva Díaz



AGRADECIMIENTOS

DOCENTES

Patricia Garcés del Castillo, Magíster en Ingeniería. Directora de Tesis de Grado.

Jesús Eduardo Álvarez Gaviria. Coordinador Especialización en Planificación de Tránsito y Transporte. Facultad de Ingeniería. Asesor

Ramón Torres Ortega. Magíster en Vías Terrestres. Decano Facultad de Ingeniería Civil. Evaluador.

Héctor Sánchez Zapardiel, Especialista en Vías Terrestres. Evaluador.

COLABORADORES

Lía María Zamora, Estudiante de Ingeniería Civil. Universidad de Cartagena.

Robert Iriarte Miranda. Estudiante de la Especialización en Planificación de Tránsito y Transporte. Universidad de Cartagena. Central Semafórica de Cartagena.

Wilmer Iriarte Restrepo. Estudiante de la Especialización en Planificación de Tránsito y Transporte. Universidad de Cartagena. Transcribe

Orlando Cabeza Sanabria. Estudiante de la Especialización en Planificación de Tránsito y Transporte. Universidad de Cartagena. Departamento Administrativo de Tránsito y Transporte.

FAMILIARES Y AMIGOS

Familia Colón Díaz
Familia Silva Díaz
Familia Camacho Polo
Familia Manzur Caro
Jorge Emilio San Juan Blanco
Carlos Orozco Bustamante
Dickson Zamora Silva
Bryan Deschamps
Fabián Andrés Ramos

Lorena Morillo Escorcía
Karina Álvarez Martínez
Nelly Bonfante Zarza
Fredy Sarmiento Pinto
Eblin Conde Arrieta
Adriana Luna Pérez
Jair Fernando Lara
Dania Salamanca



TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-----|
| 1. RESUMEN..... | 1 |
| 2. INTRODUCCIÓN..... | 3 |
| 3. MARCO TEÓRICO | 8 |
| 4. OBJETIVOS | 18 |
| a. OBJETIVO GENERAL..... | 18 |
| b. OBJETIVOS ESPECIFICOS..... | 18 |
| 4.1 ALCANCE..... | 19 |
| 5. METODOLOGÍA..... | 20 |
| 5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN..... | 20 |
| 5.2 MARCO GEOGRAFICO | 20 |
| 5.3 TÉCNICAS PARA LA RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN | 20 |
| 5.4 PROCESO METODOLÓGICO..... | 21 |
| 5.5 FLUJOGRAMA | 34 |
| 6. RESULTADOS | 34 |
| 6.1 ESTUDIO DE VELOCIDADES..... | 35 |
| 6.1.1. Acceso A San José De Los Campanos | 35 |
| 6.1.2 Acceso A La Carolina | 35 |
| 6.2 ESTUDIO DE COLAS..... | 36 |
| 6.2.2 Composiciones vehiculares de los accesos..... | 38 |
| 6.3 MODELACIÓN DE LAS INTERSECCIONES EN PTV-VISSIM 5.3..... | 43 |
| 6.3.1 Definición de términos del programa VISSIM | 43 |
| 6.3.2 Resultados de la simulación para la situación actual de la Intersección San José de Los Campanos | 43 |
| 6.3.3 Modelación de la situación ffutura de la Intersección San José de los Campanos.... | 49 |
| 6.3.4 Resultados de la modelación para la Situación Actual de la Intersección La Carolina . | 81 |
| 6.3.5 Modelación de la situación futura de la Intersección La Carolina | 86 |
| 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 101 |



*Diseño Preliminar y Modelación de las Intersecciones de los Accesos a los barrios
San José de Los Campanos y la Carolina con la Doble Calzada
Transversal del Caribe (Ruta Nacional 90)*



| | |
|-----------------------|-----|
| 8. BIBLIOGRAFIA | 106 |
| 9. ANEXOS | 108 |



TABLA DE GRÁFICAS

| | |
|---|----|
| GRÁFICA 1 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN SU SITUACIÓN ACTUAL | 45 |
| GRÁFICA 2 PROMEDIO DE LAS DEMORAS POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN SU SITUACIÓN ACTUAL | 46 |
| GRÁFICA 3 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 5 AÑOS | 54 |
| GRÁFICA 4 PROMEDIO DE LAS DEMORAS POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS A 5 AÑOS | 55 |
| GRÁFICA 5 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 10 AÑOS | 57 |
| GRÁFICA 6 PROMEDIO DE LAS DEMORAS POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS A 10 AÑOS | 58 |
| GRÁFICA 7 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 20 AÑOS | 60 |
| GRÁFICA 8 PROMEDIO DE LAS DEMORAS POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS A 20 AÑOS | 61 |
| GRÁFICA 9 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS A 5 AÑOS ELIMINANDO EL ACCESO SW | 65 |
| GRÁFICA 10 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS A 5 AÑOS ELIMINANDO EL ACCESO SW | 66 |



| | |
|--|----|
| GRÁFICA 11 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS A 10 AÑOS ELIMINANDO EL ACCESO SW | 67 |
| GRÁFICA 12 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS A 10 AÑOS ELIMINANDO EL ACCESO SW | 68 |
| GRÁFICA 13 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS A 20 AÑOS ELIMINANDO EL ACCESO SW | 69 |
| GRÁFICA 14 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS A 20 AÑOS ELIMINANDO EL ACCESO SW | 70 |
| GRÁFICA 15 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO SEGÚN EL PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA Y SEGÚN PROMEDIO DE DEMORAS A 5 AÑOS Y ELIMINANDO EL ACCESO SW | 71 |
| GRÁFICA 16 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO SEGÚN EL PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA Y SEGÚN PROMEDIO DE DEMORAS A 10 AÑOS Y ELIMINANDO EL ACCESO SW | 72 |
| GRÁFICA 17 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO SEGÚN EL PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA Y SEGÚN PROMEDIO DE DEMORAS A 20 AÑOS Y ELIMINANDO EL ACCESO SW | 73 |
| GRÁFICA 18 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO SEGÚN EL PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA Y SEGÚN PROMEDIO DE DEMORAS A 5 AÑOS Y ELIMINANDO EL ACCESO SW CON SEMÁFOROS | 76 |
| GRÁFICA 19 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA Y DEMORA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS PLANTEANTDO RETORNO A 5 AÑOS | 79 |
| GRÁFICA 20 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA Y DEMORA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS PLANTEANTDO RETORNO A 10 AÑOS | 79 |
| GRÁFICA 21 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA Y DEMORA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS PLANTEANTDO RETORNO A 20 AÑOS | 80 |



| | |
|--|----|
| GRÁFICA 22 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN SU SITUACIÓN ACTUAL..... | 82 |
| GRÁFICA 23 PROMEDIO DE LAS DEMORAS POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN SU SITUACIÓN ACTUAL..... | 83 |
| GRÁFICA 24 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 5 AÑOS | 93 |
| GRÁFICA 25 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 5 AÑOS | 94 |
| GRÁFICA 26 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 10 AÑOS | 95 |
| GRÁFICA 27 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 10 AÑOS | 96 |
| GRÁFICA 28 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 20 AÑOS | 97 |
| GRÁFICA 29 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 20 AÑOS | 98 |



TABLA DE IMÁGENES

| | |
|--|-----|
| IMAGEN 1 RED VIAL A LA QUE PERTENECEN LAS INTERSECCIONES ESTUDIADAS | 24 |
| IMAGEN 2 PUNTOS DE CONTROL Y CODIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS VEHICULARES EN EL ACCESO A SAN JOSE DE LOS CAMPANOS | 27 |
| IMAGEN 3 PUNTOS DE CONTROL Y CODIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS VEHICULARES EN EL ACCESO A LA CAROLINA | 28 |
| IMAGEN 4 LÍMITES EN PLANTA DE LAS LONGITUDES DE COLA DE CADA ACCESO A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS | 37 |
| IMAGEN 5 LÍMITES EN PLANTA DE LAS LONGITUDES DE COLA DE CADA ACCESO A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA | 38 |
| IMAGEN 6 ACCESOS EN LAS ESTACIONES 1, 2, 3 Y 4 DE LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS | 39 |
| IMAGEN 7 ACCESOS EN LAS ESTACIONES 1, 2, 3 Y 4 DE LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA | 40 |
| IMAGEN 8 PLAN DE MANEJO DE TRÁFICO DE LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS | 78 |
| IMAGEN 9 PLAN DE MANEJO DE TRÁFICO DE LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA OPCION 1 | 100 |
| IMAGEN 10 PLAN DE MANEJO DE TRÁFICO DE LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA OPCION 2 | 101 |



TABLA DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| ILUSTRACIÓN 1 NIVELES DE SERVICIO SEGÚN LONGITUDES DE COLA | 14 |
| ILUSTRACIÓN 2 PLAN DE HORA PICO PARA LAS FASES DEL SEMÁFORO DE LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS CON LOS FLUJOS PROPUESTOS, GIROS Y CRUCES PERMITIDOS PARA EL CALCULO DE LAS FASES DEL SEMÁFORO | 75 |



LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| TABLA 1 NIVELES DE SERVICIO PARA UNA INTERSECCIÓN SIN SEMÁFORO SEGÚN DEMORAS (HCM)..... | 14 |
| TABLA 2 NIVELES DE SERVICIO PARA UNA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO ... SEGÚN DEMORAS (HCM)..... | 14 |
| TABLA 3 RESUMEN VELOCIDADES DE LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS | 35 |
| TABLA 4 RESUMEN VELOCIDADES DE LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA..... | 36 |
| TABLA 5 ESTACIONES DONDE SE APLICÓ EL ESTUDIO DE COLAS EN LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS | 36 |
| TABLA 6 ESTACIONES DONDE SE APLICÓ EL ESTUDIO DE COLAS EN LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA | 38 |
| TABLA 7 ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSE DE LOS CAMPANOS | 41 |
| TABLA 8 DISTRIBUCIONES VEHICULARES EN LA INTERSECCIÓN SAN JOSE DE LOS CAMPANOS PARA CADA ESTACIÓN Y ACCESO CORRESPONDIENTE DE LA HORA PICO | 41 |
| TABLA 9 ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA | 42 |
| TABLA 10 DISTRIBUCIONES VEHICULARES EN LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA PARA CADA ESTACIÓN Y ACCESO CORRESPONDIENTE DE LA HORA PICO | 42 |
| TABLA 11 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS DE LOS RESULTADOS DE LA MODELACIÓN | 43 |
| TABLA 12 LONGITUDES DE COLA QUE SE PRESENTAN EN LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN SU SITUACIÓN ACTUAL | 44 |
| TABLA 13 PROMEDIOS DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS DE LA INTERSECCIÓN EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL | 45 |



| | |
|--|----|
| TABLA 14 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSE DE ELOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL | 46 |
| TABLA 15 COMPARACIÓN DE LAS LONGITUDES DE COLA REALES Y LAS LONGITUDES PROMEDIOS DE LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS | 47 |
| TABLA 16 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO SEGÚN LONGITUDES DE COLA Y DEMORA EN LA SITUACIÓN ACTUAL | 48 |
| TABLA 17 RUTAS TRONCALES PROYECTADAS PARA TRANCARIBE..... | 50 |
| TABLA 18 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA T103P RODEO - CENTRO | 50 |
| TABLA 19 INFORMACIÓN OPERATIVA DE LAS RUTAS TRONCALES DE TRANSCARIBE | 50 |
| TABLA 20 RUTAS ALIMENTADORAS PROYECTADAS PARA TRANSCARIBE ... | 51 |
| TABLA 21 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA A103P SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS-PORTAL | 51 |
| TABLA 22 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA A104P UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA-PORTAL | 51 |
| TABLA 23 INFORMACIÓN OPERATIVA DE LAS RUTAS ALIMENTADORAS DE TRANSCARIBE | 52 |
| TABLA 24 RUTAS SUBURBANAS PROYECTADAS PARA TRANSCARIBE..... | 52 |
| TABLA 25 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA S102P ARJONA..... | 52 |
| TABLA 26 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA S104P TURBANA | 53 |
| TABLA 27 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA S105P TURBACO | 53 |
| TABLA 28 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN DE LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 5 AÑOS | 54 |
| TABLA 29 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 5 AÑOS | 55 |



| | |
|--|----|
| TABLA 30 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO SEGÚN LONGITUDES DE COLA Y DEMORA A 5 AÑOS | 56 |
| TABLA 31 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 10 AÑOS | 57 |
| TABLA 32 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 10 AÑOS | 58 |
| TABLA 33 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO SEGÚN LONGITUDES DE COLA Y DEMORA A 10 AÑOS | 59 |
| TABLA 34 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 20 AÑOS | 60 |
| TABLA 35 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 20 AÑOS | 61 |
| TABLA 36 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 5 AÑOS ELIMINANDO EL ACCESO SW | 65 |
| TABLA 37 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 5 AÑOS ELIMINANDO EL ACCESO SW | 66 |
| TABLA 38 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 10 AÑOS ELIMINANDO EL ACCESO SW | 67 |
| TABLA 39 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 10 AÑOS ELIMINANDO EL ACCESO SW | 68 |
| TABLA 40 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 20 AÑOS ELIMINANDO EL ACCESO SW | 69 |



| | |
|--|----|
| TABLA 41 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 20 AÑOS ELIMINANDO EL ACCESO SW | 70 |
| TABLA 42 LONGITUDES DE COLA QUE SE PRESENTAN EN LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN SU SITUACIÓN ACTUAL..... | 81 |
| TABLA 43 PROMEDIOS DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS DE LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE SU SITUACIÓN ACTUAL | 82 |
| TABLA 44 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE SU SITUACIÓN ACTUAL | 83 |
| TABLA 45 COMPARACIÓN DE LAS LONGITUDES DE COLA REALES Y LAS LONGITUDES PROMEDIOS DE LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA CAROLINA | 84 |
| TABLA 46 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO SEGÚN LONGITUDES DE COLA Y DEMORA EN LA SITUACIÓN ACTUAL | 85 |
| TABLA 47 RUTAS AUXILIARES PROYECTADAS PARA TRANSCARIBE..... | 86 |
| TABLA 48 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA X101P TERMINAL INTERMUNICIPAL- PEDRO ROMERO-CENTRO..... | 87 |
| TABLA 49 RUTAS ALIMENTADORAS PROYECTADAS PARA TRANSCARIBE | 87 |
| TABLA 50 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA A102P VARIANTE-PORTAL..... | 88 |
| TABLA 51 RUTAS SUBURBANAS PROYECTADAS PARA TRANSCARIBE | 88 |
| TABLA 52 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA S101P LA PAZ..... | 88 |
| TABLA 53 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA S103P BAYUNCA..... | 89 |
| TABLA 54 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA S106P VILLANUEVA | 89 |
| TABLA 55 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA S107P SANTA ROSA | 89 |
| TABLA 56 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE SU SITUACIÓN FUTURA A 5 AÑOS | 92 |



| | |
|---|----|
| TABLA 57 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE SU SITUACIÓN FUTURA A 5 AÑOS | 93 |
| TABLA 58 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE SU SITUACIÓN FUTURA A 10 AÑOS | 94 |
| TABLA 59 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE SU SITUACIÓN FUTURA A 10 AÑOS | 95 |
| TABLA 60 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE SU SITUACIÓN FUTURA A 20 AÑOS | 96 |
| TABLA 61 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE SU SITUACIÓN FUTURA A 10 AÑOS | 98 |



1. RESUMEN

Con el propósito de conocer un poco más sobre la situación actual de la ciudad en cuanto a la malla vial y los flujos de tránsito y la relación de ésta con los cambios que se están realizando en la infraestructura vial, se realizó el presente proyecto de investigación, en donde el objetivo principal fue realizar el pre diseño del plan de manejo del tráfico de dos intersecciones en la ciudad de Cartagena que se encuentran dentro de la zona denominada “Triángulo de Desarrollo Social”, a saber: los accesos al Barrio San José de los Campanos y Urbanización La Carolina en su interacción con la ruta nacional Transversal del Caribe, proyectada y ya en construcción como una vía de altas especificaciones y doble calzada. Se planteó como metodología para la realización del mismo, la recolección de información secundaria, la toma de información primaria relacionada al estado actual de las zonas de estudio, el procesamiento y análisis de la información, la proyección del tránsito a diferentes periodos de tiempo, la modelación de diferentes alternativas de solución en el Software PTV VISSIM y finalmente el análisis de los resultados y redacción de las conclusiones. La importancia del presente proyecto radica en la aplicación de un software de modelación para la evaluación de los niveles de servicio de intersecciones y cuyos resultados sirven para validar las mejores alternativas de solución en cuanto a funcionalidad y operación. Los resultados arrojaron que la doble calzada de la Ruta 90 en la intersección la Carolina generará por si 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, aun así los movimiento no son controlados y la circulación vehicular se vuelve traumática: colas y demoras grandes en intervalos amplios y desorden en los maniobras permitidas, se plantean entonces soluciones que mejoren los conflictos en esta, con dispositivos de control del tráfico, como semáforos, y restricciones de movimientos, como giros izquierdos y flujos no permitidos.



ABSTRACT

With the purpose of know a little bit more about the actual situation of the city about road network, transit fluids and the relationship between this and the changes that are happening in the road infrastructure, was made this research project, where the main objective was perform the previous design of traffic management plan of two intersections in Cartagena City that are in a Zone called "Triangulo de Desarrollo Social", Namely: Access to San Jose de los Campanos neighborhood and La Carolina urbanization in its interaction with the Ruta Nacional Transversal del Caribe, projected and under construction as a road of high specifications and dual carriageway. A methodology was proposed for the realization of the this project, secondary data collection, getting primary information about the actual status of the mentioned zones, the processing and analysis information, the transit projection in different time periods, modeling of different alternatives for the solution in PTV VISSIM software and finally the results analysis and drafting conclusions.

The importance of these project lies in the application of modeling software to assess the intersection service levels and its results are useful to validate the best alternatives to the solution about functionality and operation.

The result said that the dual carriageway of the 90 route in the intersection La Carolina will generate by itself a solution for the congestion problems that are happening nowadays; in the meantime, the dual carriageway in the San Jose de los Campanos intersection make some better the long lines and traffic delays, even so the movements are no controlled and the traffic became traumatic: Long lines, high delays in long intervals and untidiness in allowed maneuvers. So, the solutions are set to improve the conflicts there, with traffic control devices, as traffic lights, maneuvers restrictions, no turn left allowed and no allowed flows.



2. 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 planeación de la infraestructura de tránsito y transporte de una ciudad marca el desarrollo económico de la misma, pues mezcla los usos del suelo y el sistema vial y de transporte siempre en búsqueda de conseguir altos niveles económicos y sociales. Para una planeación adecuada que responda a los altos índices de crecimiento de las ciudades, se han desarrollado softwares que simulan la operación del tránsito, visualizando el presente y las proyecciones futuras del impacto que ocasionaría un proyecto integrado a los diferentes escenarios que se generan por el desarrollo de las ciudades” (SUAREZ, 2007)

Cartagena, al ser Distrito turístico y cultural, patrimonio histórico de la humanidad y un importante centro industrial, es una ciudad de gran afluencia vehicular, sin embargo actualmente no cuenta con un óptimo sistema de transporte ni redes viales que proporcionen una correcta movilidad tanto a residentes como visitantes. No obstante, el distrito de Cartagena de Indias, ha trazado un crecimiento a nivel de infraestructura, adecuación, reparación y ampliación de la malla vial muy importante y notoria. Paralelo a ello, una expansión urbana que ha llevado a la creación de planes parciales de desarrollo enmarcado en el Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito que busca el buen funcionamiento del mismo en sinergia con sus habitantes y sostenibilidad con el ambiente.

En Cartagena, se están adelantando proyectos como el Sistema de Transporte Masivo TransCaribe, el túnel semideprimido de Crespo, el mejoramiento de la Transversal 54. Integrada con el desarrollo nacional en infraestructura de carreteras, la ampliación a dobles



calzadas de las vías rurales principales que llegan a la ciudad es otro proyecto que busca mejorar la comunicación entre el centro del país y la costa Caribe. En los estudios adelantados en este último proyecto mencionado se observa que no está contemplada una solución definitiva a los problemas que se generaran por el impacto del funcionamiento de esta infraestructura vial en el flujo vehicular de sus áreas de impacto; es el caso de la construcción de la doble calzada Transversal del Caribe en sus tramos Cartagena- Turbaco- Arjona y Cartagena-Bayunca, vías de altas especificaciones que al tener tramos urbanos que intersecan con accesos a zonas residenciales de la ciudad generarán traumatismos de tipo vehicular, peatonal, social, ambiental y económico, y posibles congestiones en el tráfico en la zona de influencia. De la anterior afirmación nace nuestra pregunta de investigación:

¿Qué alternativas se podrán plantear como diseños preliminares de las intersecciones: Acceso a San José de Los Campanos y acceso a La Carolina con la sección de la doble calzada Transversal del Caribe (Ruta 90), que disminuyan la problemática actual de las zonas en cuanto a congestión, demoras y colas; y la problemática futura debida al impacto de la doble calzada, evaluadas bajo resultados de simulación obtenidos con el software PTV VISSIM?

Este proyecto se centra en dos de los accesos que intersecan con la doble calzada Transversal del Caribe (Ruta 90) en los tramos Cartagena–Turbaco–Arjona y Cartagena–Bayunca: acceso al barrio San José de Los Campanos y acceso a la urbanización La Carolina. Se pretende proponer una alternativa de solución para mitigar los congestionamientos generados en los accesos mencionados, elaborando un pre diseño de las intersecciones señaladas teniendo en cuenta estudios de tránsito como aforos vehiculares, sus respectivas proyecciones a 5, 10 y 20 años, estudios topográficos y los diseños de la doble calzada. Se realizarán modelaciones de las intersecciones usando el Software de vías VISSIM, con el fin de analizar la situación actual con aforos vehiculares reales y la situación futura que funcionará con el nuevo diseño de la doble calzada con las respectivas proyecciones del tráfico vehicular. Además se hace una descripción de las ventajas y



desventajas de las alternativas propuestas desde la funcionalidad y viabilidad, que a nivel de pre-diseño este proyecto podría generar en estos dos puntos de la ciudad de Cartagena y su desarrollo urbano.

Actualmente se desarrollan en varios países, investigaciones tendientes a la calibración de modelos de simulación de tráfico para diferentes ambientes locales, así como a los cambios que se han gestado en las diferentes variables relacionados con el tránsito de vehículos y la diversidad de normas en diferentes lugares, ya que la habilidad en el manejo de dichos software depende de entender y aplicar dichas particularidades y se han adelantado estudios motivados por la rápida evolución de los modelos de micro simulación. Es el caso de una investigación realizada en la Universidad de Puerto Rico titulada, ADAPTATION OF VISSIM, A DYNAMIC SIMULATION MODEL, TO THE TRAFFIC BEHAVIOR AT INTERSECTIONS IN MAYAGÜEZ, PUERTO RICO, cuyo objetivo principal fue validar el programa VISSIM para el ambiente del usuario Puertorriqueño dado que este programa fue desarrollado y validado para el comportamiento de tráfico en Alemania donde el ambiente y reglas de tráfico son diferentes con respecto a las de Puerto Rico.

En Colombia, varios proyectos han implementado la modelación a través de software considerados básicos en el diseño de infraestructura para el tráfico vehicular, entre estos se pueden citar a manera de ejemplo el Sistema de Transporte Masivo de la ciudad de Cali, en la que se observó gran coherencia con estudios realizados con métodos tradicionales. Además, los realizados en la ciudad de Barranquilla, durante el análisis de tránsito del Centro Internacional del Caribe en los que se reafirmó la utilidad de dichas tecnologías. (ALCALÁ & BETTÍN, 2008)

En el año 2005, en la Universidad Nacional de Colombia, como trabajo final de la especialización en Vías y Transporte, los Ingenieros Miguel Melo, Margarita López e Isabel López, realizaron un estudio sobre los softwares de micro simulación existentes: Evaluación y Aplicación de Modelos de Tránsito en Medellín. Aquí analizaron las



bondades y debilidades de cada uno, y como conclusión postularon a VISSIM como el programa con mayor potencialidad para ser estudiado en ciudad de Colombia.

En 2007, también en la Universidad Nacional de Colombia, la Ingeniera Liliana Suarez, como trabajo de investigación en su Maestría en Ingeniería Infraestructura y Sistema de Transporte plantea metodologías para la recolección de datos y análisis de parámetros relevantes en la modelación en VISSIM de intersecciones urbanas en su proyecto: **ANÁLISIS Y EVALUACIÓN OPERACIONAL DE INTERSECCIONES URBANAS MEDIANTE MICROSIMULACIÓN**

En el ámbito local, para el diseño y validación del nuevo Sistema Integrado de Transporte Masivo Transcaribe, en Cartagena, se ha utilizado simulación por computador antes de la fase de construcción, esto con la colaboración de la Universidad de Cartagena, como ente facultado para tal fin. Además, para el desarrollo del proyecto se presupuestó la compra de una licencia del software de la línea PTV VISIÓN (los módulos VISEM, VISUM, VISSIM) gran tecnología para la planificación, modelación y simulación de transporte masivo, público y particular.

En la Universidad de Cartagena, en estudios de pregrado y postgrado, del Programa de Ingeniería Civil, se han adelantado trabajos finales de grado que han arrojado resultados aplicables a la ejecución de los planes de manejo de tráfico antes y durante la construcción de las obra del SITM, estos son: **MODELACIÓN DE LOS PLANES DE DESVÍO DEL TRÁNSITO, TRAMO: AMPARO - CUATRO VIENTOS. LIGIA SANCHEZ FERNANDEZ Y CINDY CAMARGO MARTINEZ y MODELACIÓN DE LOS PLANES DE DESVIO DEL TRANSITO, TRAMO: CUATRO VIENTOS – BAZURTO. ANGIE QUIROZ. MODELACION CON EL SOFTWARE PTV VISSIM DEL PLAN DE MANEJO DE TRÁFICO DEL PROYECTO DE TRANSPORTE MASIVO EN CARTAGENA, TRANSCARIBE, TRAMO PARQUE DE LA MARINA-BOCAGRANDE. YOEL ALCALÁ ZUÑIGA Y FREDDY BETTÍN HERNANDEZ.**



Debido a que en problemas con características de complejidad y magnitud como el de control de tráfico urbano no es viable validar las estrategias de control directamente sobre la malla vial, la utilización de plataformas de simulación se encuentra fundamentalmente ligada a las estrategias de control de tráfico urbano. Por esta razón, es importante identificar, como es el caso de este proyecto, la pertinencia en el uso de la plataforma de simulación VISSIM para validar qué plataformas de simulación se están utilizando tanto por la comunidad académica en general como por las autoridades distritales y municipales a través de consultorías por parte del sector privado para llevar a cabo su gestión. El diseño preliminar presentado en este proyecto será evaluado con un modelo de microsimulación en VISSIM por lo que este estudio podrá apoyar los análisis de la aplicación de la normativa vigente a nivel nacional en el diseño de intersecciones y las plataformas de simulación aptas para realizar análisis y diseños de este tipo. De igual manera, este proyecto servirá de base para las futuras soluciones que se planteen en las intersecciones que formen todos los proyectos de dobles calzadas en Colombia.



3. MARCO TEÓRICO

Las dos intersecciones que son prediseñadas preliminarmente en este proyecto se encuentran sobre la Transversal del Caribe, Ruta Caribe o Ruta 90. Esta vía actualmente se encuentra en proceso de ampliación a doble calzada. El diseño de la Doble Calzada de la Transversal del Caribe (Ruta 90), tiene con una sección geométrica fija y con especificaciones técnicas altas que al entrar a la ciudad y truncarse con los limitantes técnicos de especificaciones viales y tránsito residenciales ocasionarán traumatismos de tipo vehicular, peatonal, social, urbanístico, ambiental y económico para las zonas que se encuentren en las área de influencia directa. Sumado a esto, nuestra área de estudio se encuentra en la zona denominada como Triángulo de Desarrollo Social del Distrito de Cartagena de Indias, localizado al oriente de la ciudad, circunscrito por el triángulo conformado por la Carretera de la Cordialidad, la vía troncal que conduce al Municipio de Turbaco, la Variante de Cartagena en el tramo comprendido entre la carretera la Cordialidad y la intersección con la vía denominada “Vía de Campaña” y el límite entre el Distrito de Cartagena y el Municipio de Turbaco. Esta zona ha experimentado un rápido crecimiento y está contemplada en uno de los planes parciales de la ciudad, que busca destinar recursos y suministrar los servicios básicos en la cantidad necesaria y en la calidad adecuada, originando cambios en el flujo vehicular presente y futuro. Por otro lado, urbanizaciones como La Carolina, Huellas de Alberto Uribe, Villa Grande, La India en sus etapas I y II, Villas de La Candelaria y Ciudad Bicentenario, y el crecimiento del barrio San José de los Campanos han aumentado la demanda de viajes en esta zona de la ciudad; se ha rebasado la capacidad de servicio de la mayoría de las arterias de mayor importancia, por lo que nace la inquietud de realizar proyectos de infraestructura vial acordes a los requerimientos de seguridad vial y capacidad.



La Doble Calzada de la Transversal del Caribe (Ruta 90) en el tramo Cartagena-Bayunca, ya fue culminada en el zona que no toca suelo urbano. Este tramo completo, tiene una longitud de 15 kilómetros con 2 carriles, cada uno de 3,65 metros de ancho, con un ancho total de superficie de 9,40 metros, y con unas bermas de protección de 0,3 y de 1,8 metros. Así mismo el área total pavimentada es de 143.820 m². La velocidad máxima de circulación por esta vía es de 100 kilómetros/hora. Este tramo se extiende desde la intersección con la Variante a Mamonal hasta la entrada al corregimiento de Bayunca.

El tramo urbano de esta vía, entre la intersección de la Variante a Mamonal y el Caño Calicanto, al lado de Villa Rosita, tendrá una longitud de 2,1 kilómetros y su avance a la fecha apenas supera el 4,7% (a momento de realizado este estudio). En ese tramo se avanza en la canalización de algunos caños, especialmente frente a la Urbanización La Carolina, estando pendiente una gestión predial con algunos propietarios de la zona. Igualmente se trabaja en paso nivel, en la intersección con la Variante a Mamonal. Este tramo igualmente será en doble calzada y en asfalto, con separador, y se uniría al tramo Bomba El Amparo-Urbanización Anita, del proyecto Transcaribe.

El proyecto vial de doble calzada Cartagena-Turbaco-Arjona apenas inicia sus obras. Cada calzada tendrá 2 carriles, cada uno de 3,65 metros, berma interna de 30 centímetros y externa de 1,80 metros, en zona rural. El separador será de 3 metros en promedio, en algunos puntos va a tener más amplitud y en otros menos, sobre todo en áreas pobladas, donde debemos cerrarlo un poco. En Cartagena, por ejemplo, el separador es de 1 metro ó 1 metro y 20 centímetros, lo mismo que se tiene proyectado para la cabecera de Turbaco. También se debe dejar una zona de reserva de 15 metros de cada lado de la vía, más una acera de 3 metros a cada lado. En total, la doble calzada completa requiere de 49,6 metros de ancho.

Los diseños para estas dos dobles calzadas en el acceso sur de la ciudad no han contemplado soluciones a los conflictos que se presentarán por la interacción de dichas vías de altas especificaciones con las zonas urbanas, especialmente en la intersecciones con los



accesos a los barrios que se encuentran a su paso, como es el caso de los que conforman el Triángulo de Desarrollo Social que está limitado por las dos vías mencionadas y con proyección a doble calzada.

Para el logro de el objetivo planteado en la presente investigación, como es encontrar el diseño preliminar más apropiado para los accesos a los barrios de San José de Los Campanos y La Carolina desde la Doble Calzada de la Transversal del Caribe es necesario definir algunos conceptos sobre diseño geométrico de vías, ingeniería de tránsito y sobre los modelos de simulación como VISSIM. A continuación se describen la teoría aplicada al presente proyecto:

Las **intersecciones viales** son, como lo definen en el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras del INVIAS, “zonas comunes a dos o más carreteras que se cruzan al mismo (o diferente) nivel y en las que se incluyen las calzadas que pueden utilizar los vehículos para el desarrollo de todos los movimientos posibles”. (INVIAS, Manual de Diseño Geométrico para Carreteras, 1998)

Factores como la topografía, características específicas de las carreteras que se intersecan y el comportamiento del flujo vehicular, son los que determinan finalmente el diseño de las intersecciones viales.

En el desarrollo del presente proyecto se siguen los criterios generales para el diseño de intersecciones explicados en el Manual del INVIAS; aquí, se definen y describen conceptos y procedimientos para obtener el diseño más conveniente teniendo siempre presente que debe ser la solución más sencilla y comprensible para los usuarios. El procedimiento establece entre varios puntos *la priorización de los movimientos* primarios ante los secundarios obligando a limitar los secundarios con señalización, reducciones de secciones transversales, curvas con radios pequeños y hasta plantear la alternativa de eliminarlos. Respecto al diseño y a la demanda, debe haber *consistencia con los volúmenes de tránsito, sencillez y claridad* de la geometría para los usuario y preferiblemente una *separación de*



los movimientos esto plantea la necesidad de dotar a algunos movimientos de vías con sentidos únicos que pueden o no tener carriles de aceleración y desaceleración según sea el caso. En cuanto al comportamiento del flujo en la intersección, *la visibilidad* y *la velocidad* estarán limitadas por la distancia de parada que debe existir siempre que el conductor pueda identificar otro vehículo con preferencia de paso y en los puntos de conflicto de la intersección. Por evaluación de conflictos la *perpendicularidad de las trayectorias* proporcionara menos conflictos. Las intersecciones requieren superficies amplias es por ello que se deben restringir o controlar las construcciones al margen de la carretera.

Para el dimensionamiento preliminar o planear el manejo, del tráfico de las alternativas, el manual de INVIAS, propone una serie de actividades previas como: el estudio de volúmenes de tránsito, y estimación los volúmenes de tránsito futuros. Clasificación de las vías que se cruzan para establecer los criterios generales de capacidad por carril, longitudes mínimas de entrecruzamiento, número de carriles necesarios por zonas de entrecruzamiento, así como el balance de estos y la necesidad o no de carriles de aceleración o desaceleración y espaciamientos en entradas y salidas para el caso dimensionar.

Los diseños o mejoramientos de cualquier elemento vial dependen directamente de la variable TRÁFICO, las dimensiones y magnitudes deben ser capaces de permitir, sin inconvenientes, el flujo del volumen que transite en un tiempo dado, con su variación, su tasa de crecimiento y sin importar la composición. Elementos de la variable *tráfico*, como: capacidad del camino, nivel de servicio, volumen de servicio, congestionamiento, velocidad de diseño, volumen del tráfico, volumen de tráfico promedio diario, volúmenes de tráfico horarios, volumen horario máximo anual, volumen horario del proyecto, densidad de tráfico, tráfico máximo horario, tráfico generado, tráfico desviado o inducido se utilizan en este proyecto en el cálculo y dimensionamiento de las alternativas de intersección. Del texto INGENIERIA DE TRANSITO de Rafael Cal y Mayor, se tomaron y resumieron los anteriores elementos y se presentan en el Glosario de Anexo. (CAL Y MAYOR, 1994)



El Manual de Diseño para Carreteras del INVIAS clasifica las intersecciones en intersecciones a nivel e intersecciones a desnivel, en el diseño preliminar del presente proyecto se ha limitado a las intersecciones a nivel.

Las intersecciones a nivel son intersecciones en un mismo plano pueden ser simples con prioridad de paso y reguladas por señalización, con ramales de canalización y direccionamiento del tránsito, semaforizadas, con carriles adicionales para cambios de velocidad o de flujo continuo (glorietas). Mientras que las intersecciones a desnivel se presentan en planos diferentes y son utilizadas para conectar vías que confluyen en alturas diferentes o para sortear problemas topográficos, de funcionalidad, de capacidad y de seguridad.

Las condiciones de operación de una carretera o intersección están representadas por los Niveles de Servicio. Los parámetros considerados para determinar los Niveles de Servicio son el volumen vehicular, la velocidad operacional, y la demora promedio de los vehículos.

Nivel de Servicio “A”: Excelente

Condición de flujo libre, con bajos volúmenes de tránsito y altas velocidades. Los conductores tienen poca restricción para maniobrar y pueden mantener la velocidad deseada con poca demora.

Nivel de Servicio “B”: Muy Bueno

Las velocidades de operación están un poco restringidas por las condiciones del tránsito. Los conductores mantienen una considerable libertad para maniobrar y mantener la velocidad deseada con poca demora.



Nivel de Servicio “C”: Bueno

Volúmenes de tránsito más altos controlan las velocidades y la posibilidad de maniobrar. Los conductores tienen restricciones para cambiar de carril, rebasar y mantener la velocidad deseada. Se producen demoras de bajas magnitudes.

Nivel de Servicio “D”: Aceptable

La condición de flujo se acerca a la inestabilidad, con velocidades tolerables mantenidas pero afectadas por los cambios operacionales del tránsito. Los conductores tienen poca libertad para maniobrar. Demoras de magnitudes aceptables.

Nivel de Servicio “E”: Capacidad

Condición de flujo inestable, con altos volúmenes de tránsito y bajas velocidades. Los conductores tienen muy poca libertad para maniobrar y el flujo puede tener interrupciones momentáneas. Demoras considerables.

Nivel de Servicio “F”: Malo

Condición de flujo congestionado, la velocidad operacional es muy baja causando grandes demoras. En la evaluación del funcionamiento de las intersecciones afectadas se utilizó un programa (Signalized and Unsignalized Design and ResearchAid, aaSIDRA 2.1) de la Junta de Investigaciones sobre Carreteras de Australia (Australian Road sResearchBoard) y Traffic Signal Coordination Software, Synchro Versión 7 y SimTraffic 7. En el análisis se modelaron las intersecciones para las condiciones existentes y proyectadas.

Para evaluar el funcionamiento de las intersecciones afectadas se utilizaron las técnicas del "Highway Capacity Software" (HCS2000), establece que el Nivel de Servicio de una intersección está dado por la demora promedio que sufren los vehículos en ella.



| Nivel de Servicio | Demora Promedio (segundos) |
|-------------------|----------------------------|
| A | < 10 |
| B | 10.1 - 15 |
| C | 15.1 - 25 |
| D | 25.1 - 35 |
| E | 35.1 - 50 |
| F | > 50 |

TABLA 1 NIVELES DE SERVICIO PARA UNA INTERSECCIÓN SIN SEMÁFORO
Fuente: HCM 2000

| Nivel de Servicio | Demora promedio (segundos) |
|-------------------|----------------------------|
| A | < 10 |
| B | 10.1 - 20 |
| C | 20.1 - 35 |
| D | 35.1 - 55 |
| E | 55.1 - 80 |
| F | > 80 |

TABLA 2 NIVELES DE SERVICIO PARA UNA INTERSECCIÓN CON SEMÁFORO
Fuente: HCM 2000

Además, a continuación se muestra un ejemplo de la clasificación de los niveles de servicio según las longitudes de cola, en anaranjado son para intersecciones semaforizadas, y los que están en negro son para intersecciones con señalización según el HCM 2000.

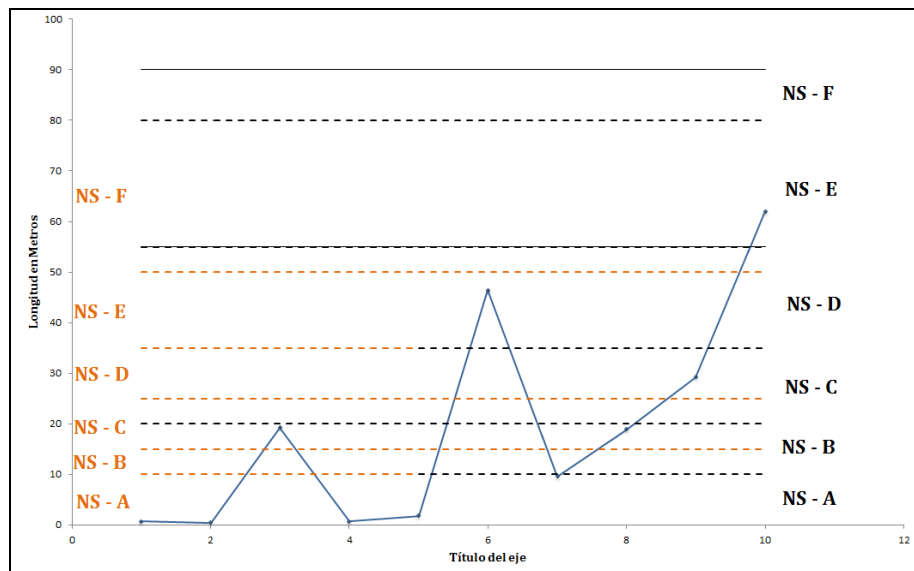


ILUSTRACIÓN NIVELES DE SERVICIO SEGÚN LONGITUDES DE COLA



Las alternativas de diseño que son presentadas en esta investigación fueron modeladas en el **Software de Simulación VISSIM**, este 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.

Los resultados de VISSIM se utilizan en la definición de estrategias en el control de la semaforización para el manejo óptimo de vehículos, también para probar varias disposiciones y asignaciones de cruces complejos, lo mismo que para la ubicación de bahías de autobuses, la viabilidad de paradas complejas, la viabilidad de sitios de peaje, así mismo se encuentra que es para asignar carriles de mezclamiento, entre otros.

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.

El flujo de tránsito es simulado por el movimiento de la unidad "vehículo - conductor" a través de la red. Cada conductor con sus características de conducta específica es asignado a una clase de vehículo. Como consecuencia, el comportamiento del conductor corresponde a las capacidades técnicas de su vehículo, cada atributo de las características de la unidad vehículo-conductor puede ser discriminado dentro de tres categorías:

La primera son las especificaciones técnicas de los vehículos como la longitud, máxima velocidad, potencia de aceleración, posición actual en la red, velocidad actual y aceleración. La segunda es el comportamiento de la unidad vehículo – conductor, Umbral de sensibilidad del conductor (habilidad para estimar, agresividad), memoria del conductor, aceleración basada en la velocidad de la corriente y la velocidad deseada, y por último la



interdependencia de la unidad vehículo- conductor, relación de lecturas del seguimiento de vehículos en carriles propios y adyacentes, relación de enlaces de las corrientes de flujo a las intersecciones próximas, relación de la próxima señal de tránsito.

Como una guía en el proceso de simulación de las intersecciones en su situación actual y en las alternativas que se proponen se utilizó el manual de del programa PTV VISION VISSIM 5.20 User Manual y el VISSIM 4.10 User Manual. En los Anexos Magnéticos se adjunta los tópicos más usados en el proceso de simulación. (VISION, VISIM 5.20 USER MANUAL , 2009) (VISION, VISSIM 4.10 USER MANUAL, 2005)

La teoría base de la investigación es tomada del Manual del INVIAS para el diseño geométrico de Carreteras, ésta, a su vez, se basa en las indicaciones norteamericanas que se pueden consultar en el manual de la AASHTO. En un trabajo de grado en la Especialización en Vías y transporte de la Universidad Nacional de Colombia, el Ing. Emilio José Ochoa Pineda, presenta la investigación “ESTUDIO DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS INTERSECCIONES A NIVEL SEGÚN LA AASHTO”. En temas de manejo del flujo, el INVIAS solo trata intersecciones controladas con pare, mientras que la AASHTO también expone características para diferentes controles de tránsito y fórmulas empíricas para la distancia mínima que necesita un vehículo para reducir su velocidad o realizar un giro izquierdo o movimientos directos. Finalmente, recomienda evaluar distintas intersecciones a nivel nacional con el manual norteamericano para realizar una comparación y obtener un cuadro comparativo de lo existente o proyectado a construir. Las anteriores anotaciones permiten apoyarnos en nuestra normativa pero siempre de la mano del manual madre, la AASHTO

El presente proyecto será base, con los datos, análisis, alternativas estudiadas, conclusiones y recomendaciones de próximos estudios en la solución de diseños de intersecciones viales con todas las dobles calzadas proyectadas a nivel nacional, específicamente en los tramos urbanos de estas carreteras.



*Diseño Preliminar y Modelación de las Intersecciones de los Accesos a los barrios
San José de Los Campanos y la Carolina con la Doble Calzada
Transversal del Caribe (Ruta Nacional 90)*



Además, este diseño preliminar está guiado por las especificaciones de la Normatividad Colombiana en el Manual de Diseño Geométrico para Carreteras, y metodologías de estimación de Capacidad en Intersecciones del Highway Capacity Manual 2000, que son modelados bajo el software computacional VISSIM para finalmente dejar sentado un primer estudio sobre la aplicación de estas especificaciones y metodologías en una solución de este tipo.



4. OBJETIVOS

a. OBJETIVO GENERAL

Diseñar preliminarmente el 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 las condiciones actuales de diseño, volumen y composición de tráfico, longitudes de colas, demoras, velocidades y los volúmenes y especificaciones proyectados para la doble calzada Transversal del Caribe (Ruta 90) evaluadas bajo modelación con el software PTV VISSIM.

b. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar preliminarmente el manejo de los flujos en las intersecciones de la doble calzada de la Transversal del Caribe en conexión con el acceso a San José de Los Campanos y con el acceso a La Carolina
- Modelar las intersecciones de acceso a San José de Los Campanos y de acceso a la Carolina en su situación actual y contrastarlas con la modelación del pre-diseño con proyecciones a 5, 10 y 15 años.
- Identificar las ventajas y desventajas en términos de funcionalidad y operación, a nivel de pre-diseño, de las alternativas planteadas como posibles soluciones en el manejo de los flujos, para determinar la pertinencia del proyecto frente a la problemática que plantea el desarrollo urbano de la ciudad de Cartagena, teniendo en cuenta las demandas actuales y futuras de accesibilidad y vialidad en coordinación con los planes de desarrollo vial proyectados y en construcción.



- Plantear las iniciativas para proyectar una vía interconectora entre la Doble Calzada Transversal de Caribe teniendo como puntos extremos las intersecciones Acceso a San José de los Campanos y Acceso a La Carolina.
- Establecer una metodología de estudio como referencia para los futuros diseños de las Intersecciones Acceso a los Barrios del Triangulo de Desarrollo Social del Distrito desde la Doble Calzada Transversal del Caribe.

4.1 ALCANCE

El alcance del estudio es realizar el planteamiento de los manejo de los flujos vehiculares en las intersecciones de los accesos a los barrios San José de Los Campanos y La Carolina con la doble calzada Transversal del Caribe con el fin de establecer la mejor alternativa que garantice niveles de servicio aceptables.

Se presentan los resultados de los estudios de tránsito (aforos vehiculares y peatonales) y topográficos realizados, las consideraciones técnicas de diseño necesarias para el buen funcionamiento de la intersección, las proyecciones de los flujos vehiculares y peatonales que se puedan presentar a 5, 10 y 15 años, las diferentes alternativas de pre-diseño en planta de las intersecciones, los resultados de la modelación en el Software de modelación de tránsito PTV VISSIM 5.3 de las diferentes alternativas, teniendo en cuenta las proyecciones del tránsito vehicular; y por último una comparación de los resultados de las modelaciones de cada alternativa en cuanto a aspectos de funcionalidad y operación.

No incluye este proyecto el diseño geométrico detallado de las vías mencionadas en las intersecciones escogidas, ni obras de drenaje y obras hidráulicas, estructura del pavimento, manejo de suelos.



5. METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente metodología, se caracteriza por definir el procedimiento de una investigación aplicada de campo, basada en la toma de datos en el lugar de estudio, cuya información será Cualitativa-Cuantitativa describiendo la manera como fluye el tránsito en las intersecciones Acceso a San José de Los Campanos y Acceso a La Carolina en su interacción con la Doble Calzada, Transversal del Caribe. Todo lo anterior para lograr alcanzar cada uno de los objetivos específicos y así mismo, el análisis de dichos datos, los hechos u observaciones anotadas durante el proceso de investigación, serán analizados para encontrar la mejor alternativa de diseño para las intersecciones accesos a los barrios mencionados.

5.2 MARCO GEOGRAFICO

Las dos intersecciones que son diseñadas en el presente proyecto son el Acceso a San José de Los Campanos y el Acceso a la Urbanización La Carolina desde la doble calzada de la transversal del Caribe, ambos puntos pertenecen al Triángulo de Desarrollo, en el sur oriente de la ciudad del Distrito de Cartagena. Anotar km de la doble calzada. Este diseño se inició en julio de 2011 con la etapa de recolección de datos hasta el 10 de diciembre culminando para la entrega del presente documento final donde se propone la alternativa que da solución al problema planteado

5.3 TÉCNICAS PARA LA RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para tener una idea sólida y completa del problema de la investigación se hizo una Revisión de Literatura que abarcará la revisión bibliográfica de textos de Diseño Geométrico de Intersecciones, Ingeniería de Tránsito, Planeación Urbana y otros que puedan apoyar la investigación integral para el diseño de una Intersección. Además, un análisis de



documentos históricos, análisis de archivos, proyectos para la zona y de la normatividad vigente en materia de diseño y planeación.

La recolección de datos en campo fue mediante aforos peatonales y vehiculares y análisis de conteos y volúmenes de tránsito anteriores. Se realizaron levantamientos topográficos en ambas intersecciones para tener las características y especificaciones actuales de las zonas de estudio, y se compararon con los planos suministrados por los entes territoriales, concesiones y empresas interesadas en el área.

Mediante modelación en software (VISSIM) se analiza el comportamiento actual de ambas intersecciones y con proyecciones de tránsito, parámetros, especificaciones, conceptos y normatividad vigente se plantearán alternativas de solución a los problemas presentados y a la futura interacción de ambas con las dobles calzadas y el sistema de transporte masivo. Finalmente se escoge la alternativa que brinde las mejores condiciones en niveles de servicio y que cumpla con aspectos de funcionalidad y operatividad

5.4 PROCESO METODOLÓGICO

La metodología adoptada para plantear la solución más viable en términos de economía, eficiencia y funcionalidad, adoptada como el proceso lógico para la identificación de los problemas, para la ejecución de este proyecto y la posterior elección de la mejor solución fue la siguiente:

5.4.1. Revisión de la literatura

Se refiere a la literatura necesaria para identificar fácilmente problemas o conflictos en las intersecciones estudiadas. Se incluye aquí el estudio de los conceptos claves para el diseño y normas que rigen las especificaciones técnicas en nuestro país, los ejemplos exitosos donde se han implantado estrategias para la accesibilidad vehicular y peatonal desde vías



dobles calzadas o de altas especificaciones en su transición por áreas urbanas, y los antecedentes encontrados para la amplitud de conocimiento y como lineamiento de diseño.

Se hace además una recopilación de información (información secundaria) en la Alcaldía de Cartagena de Indias en la Secretaría de Infraestructura y en la Secretaría de Planeación, en la Concesión “Ruta Caribe” donde son partícipes el Instituto Nacional de Concesiones y la Concesionaria Autopistas del Sol S.A. y en Transcribe sobre los proyectos viales y los diseños planteados necesarios para el diseño de la solución al problema

Material de apoyo:

- Ingeniería de Tránsito de Cal y Mayor
- Diseño Geométrico de Vías de James Cárdenas
- Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito de Cartagena de Indias
- Manual Geométrico de Vías del INVIAS
- Planos de levantamiento topográfico, estado actual de la intersección.
- Plan de ordenamiento territorial vigente, a fin de obtener secciones transversales típicas de la zona a intervenir para determinación de anchos proyectados de calzada, y así proyectar ciclos semafóricos por periodo y sentido.
- Diseños definitivos de la doble calzada del trayecto 1, sector urbano Cartagena y la intersección del trayecto 2 con la variante Cartagena a la altura del PR 0 de la Cordialidad. (específicamente los diseños propuestos para las dos intersecciones en estudio)



- Diseño definitivo de la sección de la pretronal de San José de Los Campanos para el Sistema de Transporte Masivo Transcaribe.
- Problemas de seguridad vial en la zona.
- Operación de sistemas de transporte colectivo y futuro Sistema de Transporte Masivo - Transcaribe

5.4.2 Toma de datos en campo:

Se refiere a la topografía, aforos, registros fotográficos, inventario de señalización, correspondiente a la información primaria. A continuación, se describirá el procedimiento realizado para la obtención de la información primaria de campo:

Inicialmente se realizó una visita a los accesos de La Carolina y al barrio San José de los Campanos y se hizo una inspección visual de las zonas para poder determinar los puntos de control, así como el método de aforo que se utilizaría.

De acuerdo con la revisión, se determinó que se tomarían 4 puntos de control en cada acceso, para conocer el número de vehículos que transitan en la intersección y se identificarían los movimientos vehiculares, así como sus velocidades y condición respecto a colas.

Para el objetivo final, que es la modelación y análisis de los resultados de esta, es necesaria una identificación de las intersecciones y su área de influencia, como su planimetría donde se muestren los principales corredores de acceso; esta planimetría se enmarca en una vista general de la zona, esta distribución identifica la red vial arterial de la zona que posiblemente será impactada.

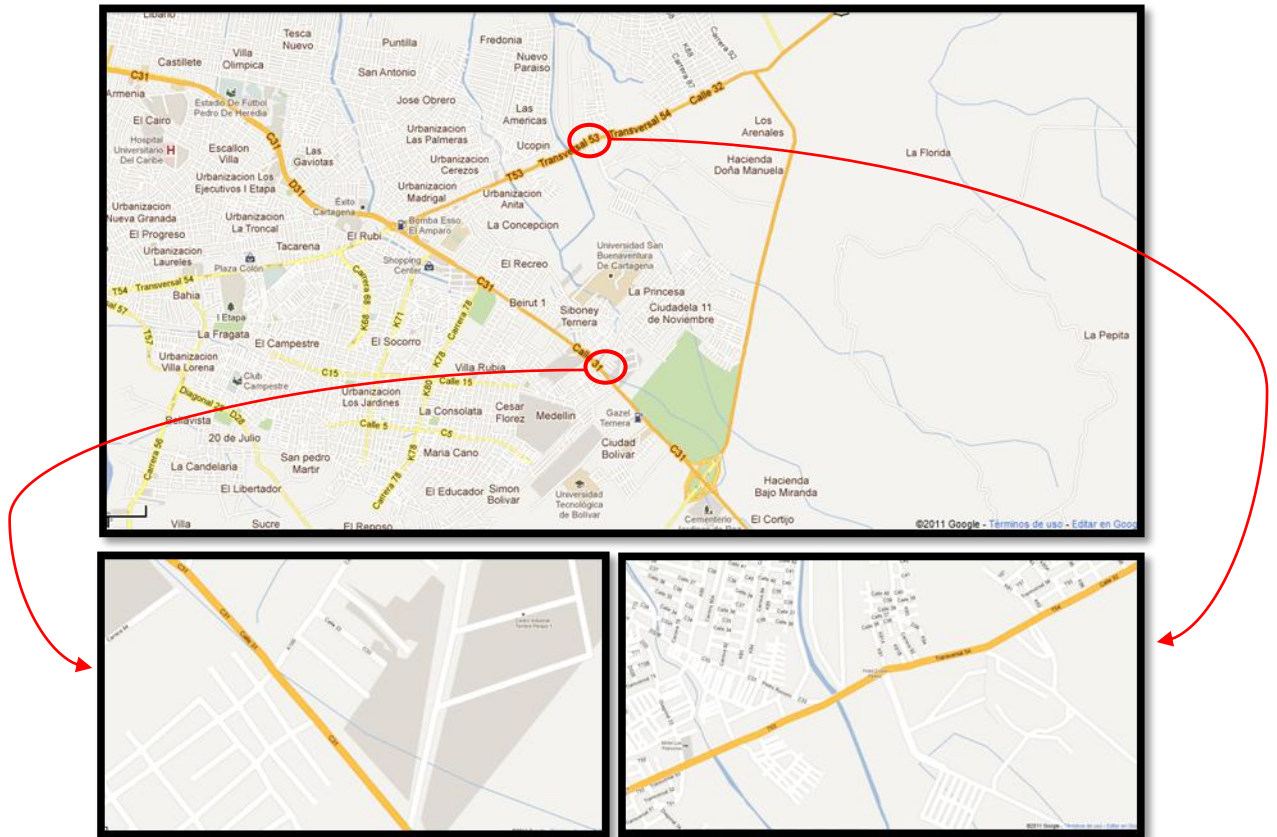


IMAGEN 1 RED VIAL A LA QUE PERTENECEN LAS INTERSECCIONES ESTUDIADAS

Fuente: Google Maps

5.4.2.1. Método de Aforo

La información de campo de volúmenes vehiculares se puede obtener de diversas maneras (manualmente a través de un aforador y formatos en papel, electrónicamente a través de sensores especiales o fílmicamente a través de videos); dado el tipo de información que se requiere para la investigación y las condiciones de la zona de estudio, se decidió que la opción más recomendable fuera un aforo manual, en el cual con un formato se registra la información correspondiente.

En cuanto al personal requerido se estableció, de acuerdo con el número de accesos y a los niveles de volumen vehicular de cada intersección, el número de aforadores necesario para



cada una de ellas. Para este estudio fueron necesarios 4 aforadores por cada intersección, cada uno en un punto de control. Cada uno de los aforadores fue capacitado previamente, indicando la importancia de la toma de datos para la investigación.

El material de trabajo necesario para desarrollar el estudio fue: formatos, lápices, borradores y reloj, los cuales fueron suministrados a los aforadores.

Para la organización del personal en cada estación de aforo (San José y La Carolina) se diligenciaron formatos elaborados para este fin. A continuación se describen los campos que debieron llenarse y se muestra formato utilizado en el Anexos Magnéticos

Estación: Aquí se indica la intersección en la cual se realiza el aforo.

Fecha: Se indica el día, mes y año en que es realizado el conteo.

Supervisor: Nombre completo del supervisor encargado para cada estación.

Hora: Se indica la hora del día en que se realiza la observación.

Nombre del observador: Nombre completo de quien hace el conteo.

Observaciones: se indican aspectos importantes durante el conteo que pueden afectar los resultados, como el estado del tiempo (soleado, nublado, etc.) predominante durante el conteo.

Revisó: firma de quien organiza el aforo.

Los conteos se realizaron los días miércoles 24 de Agosto de 2011 y Domingo 28 de Agosto de 2011, en los horarios de 6-9am, 11-1pm y 5-8pm; para tener mayor cantidad de información sobre volúmenes y composición del tráfico y así establecer la hora pico que usaríamos para la modelación en el programa.

La información se registró en formatos elaborados de acuerdo a las necesidades de esta investigación y se tomó en períodos de 15 minutos, clasificando el volumen de transito de acuerdo al tipo de vehículo (bicicletas, motos, autos, vans, buses y busetas, camiones) y al



movimiento que realizaban (Directo, giro a la Derecha o giro a la Izquierda). El registro de datos se hizo usando rayas o números para cada vehículo.

Los formatos se diligenciaron completando la información de la siguiente manera (Ver Formatos en Anexo Magnético):

Lugar: aquí se debe colocar el sitio donde se está realizando el aforo, precisando la nomenclatura de la calle y carrera.

Punto: se precisa el número del punto de control en que se encuentra ubicado el aforador.

Hora de Inicio: en este espacio se debe registrar la hora exacta en la que se dio inicio al conteo.

Supervisor: aquí se escribe el nombre completo del supervisor.

Fecha: Se precisa el día, mes y año en que se realiza el conteo.

Hoja ___ de ___: en este espacio se lleva el control del número de formatos diligenciados por turno.

Aforador: Se indica el nombre completo del aforador.

Mov.: En este cuadro se debe especificar el tipo de movimiento colocando el número correspondiente de acuerdo con la codificación de la norma RILSA especificada en el formato de relación de personal.

Longitud de Cola: aquí se debe escribir según la apreciación del observador hasta donde se forman colas, indicando un punto de referencia que pueda localizarse en el plano cuando analice la información, con el fin de tener una idea de cuál es la longitud de la cola.

Tiempo en la cola: se escribe el tiempo que demora un carro en salir de la cola.

Tiempo en recorrer 100mts: se escribe cuanto tiempo demora un vehículo en recorrer 100 mts.

Velocidad: se calcula la velocidad estimada de los vehículos en la intersección dividiendo los 100mts entre el tiempo que demora el vehículo en recorrerlo.

Los resultados de los aforos arrojan las horas picos de la intersección San José de Los Campanos y La Carolina fueron las comprendidas entre las 6:00 pm y 7:00 pm. Las horas



pico son necesarias para determinar la hora en la que se realizaran el resto recopilación de información primaria en campo correspondiente a las colas, demoras y medición de las velocidades en ambas intersecciones.

5.4.1.2 Tránsito Vehicular

Para identificar los movimientos vehiculares en las intersecciones y caracterizar el tránsito vehicular se usó la codificación empleada por la norma RILSA. A continuación se muestra gráficamente los puntos de control y la codificación de los movimientos.



IMAGEN 2 PUNTOS DE CONTROL Y CODIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS VEHICULARES EN EL ACCESO A SAN JOSE DE LOS CAMPANOS

Fuente: Google Earth, modificado por autores.



IMAGEN 3 PUNTOS DE CONTROL Y CODIFICACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS VEHICULARES EN EL ACCESO A LA CAROLINA

Fuente: Google Earth, modificado por autores.

Adicionalmente se elaboró un formato para registrar las demoras en las intersecciones. En este formato, (Ver Formatos en Anexo Magnético) se llenaron los siguientes campos, así:

Fecha: Se escribe el día, mes y año en que se realiza la observación

Condiciones atmosféricas: Se describen las condiciones climáticas el día de la observación

Hora de Iniciación:

Hora de Terminación:

En la primera columna: Minuto, se escribe minuto a minuto el tiempo que demore la observación

Luego en la columna que sigue: Vehículos que se detienen, se escriben el número de vehículos que se detienen en los primeros 10 segundos, luego a los 20 segundos y así hasta completar 60 segundos. Finalmente en la última columna se hace un resumen de los vehículos que se detienen y los que no cada minuto.

En la parte inferior totalizan los vehículos que se detienen y los que no.



Por último, se calcula la demora total, la demora promedio por vehículo que se detiene, la demora promedio de vehículo en el acceso y el porcentaje de vehículos que se detienen. Usando un $i=10$.

Para la determinar las velocidades de uno de los tipos de vehículo que transitan por las intersecciones estudiadas en las horas pico, se tomaron muestras de velocidad de cada tipo (automóviles, buses, camiones, bicicletas, motocicletas) en las vías que conforman cada intersección:

Para el Acceso a San José de Los Campanos, se tomaron muestras de cada tipo de vehículo en la Ruta 90 (Calle 31) en el sentido Turbaco-Cartagena y en el sentido Cartagena-Turbaco; en la carrera 100 perteneciente a San José de los Campanos se toman las muestras de cada tipo de vehículo en el sentido San José de Los Campanos-Simón Bolívar y viceversa.

En la Intersección Acceso a La Carolina, se midieron velocidades para una muestra de cada tipo de vehículo, de forma similar a la anterior descrita, en la Ruta 90 (Transversal 53-54) en el sentido Bayunca-Cartagena y en el sentido Cartagena-Bayunca. En la Calle 91 con sentido Villa Estrella-La Carolina y viceversa. (Ver Anexo Magnético Toma de Velocidades)

En las horas picos de cada intersección también se midieron las colas, a vista se determinaron puntos de referencia de las máximas longitudes y se midió la longitud de dicha cola.

Las dos intersecciones estudiadas no tienen semáforos ni ninguna otra señalización. Se pudo observar al medir las colas que estas no se forman por la directriz de algún elemento de control de tránsito sino por los conflictos generados por las maniobras que se realizan en cada una que generan congestión y colas en los sentidos de cada cruce. Además que las colas que se presentan no se caracterizan por la detención total de los vehículos, o



velocidades de 0, si no por este congestionamiento que hace que el tráfico fluya a velocidades muy bajas y que se generen largas filas en las vías que confluyen en cada una de las intersecciones estudiadas.

5.4.1.3 Levantamiento Topográfico y reconocimiento de las intersecciones

Se realizó el levantamiento topográfico de las intersecciones a diseñar en su estado actual. Se digitalizaron los planos de ambos puntos y se enriquecieron con un registro fotográfico, paralelo a la toma de datos en campo para dejar constancia del estado inicial físico y de movilidad. Además se había contemplado en la propuesta la elaboración de un inventario de señalización en ambas intersecciones pero la inspección visual arrojó que como consecuencia de las actuales obras de ampliación a doble calzada de la ruta Caribe, por falta de organización y planes viales para estas áreas intervenidas se ha dejado libre el flujo que atraviesa ambas zonas lo que produce un caos en la movilidad. No se observan señales de tránsito de ninguna clase, ni elementos de control de tráfico, ni paleteros o policías de tránsito que colaboren para un flujo más organizado.

A continuación se describe la sección típica para cada una de las vías que brindan accesibilidad a cada intersección

INTERSECCION SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS:

Calle 31

La Calle 31, en esta zona, se caracteriza por ser el tramo urbano de la Ruta 90, es una vía principal colectora que inicia con esta condición 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 en el Cementerio Jardines de Paz, para seguir continuar con su condición rural. Está compuesta actualmente por una calzada de dos carriles, de 5.2 mts metros cada uno, sin separador, andenes de ambos lados de 1.5 metros en promedio, es una



vía de doble sentido de circulación desde su inicio, construida en pavimento es rígido, la superficie de rodadura se encuentra en buen estado en el sector de localización del proyecto.

Carrera 100

La carrera 100 es la vía de acceso a el Barrio San José de los Campanos y una de las vías del Barrio Simón Bolívar, posee una calzada de 7.74 metros de ancho, sin ningún separador físico, en 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.

INTERSECCION LA CAROLINA

Transversal 54-53

La ruta 90, entrando 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 estudio que es la intersección acceso a La Carolina es el vértice del cambio de numeración de la Transversal, de 53 a 54. Está compuesta por una calzada de dos carriles, 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. Está construida en asfalto y se encuentra desgastada

Carrera 91

Es una vía de acceso a Villa Estrella hacia el Noroeste y hacia el Sureste da acceso a La Carolina, 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 La Carolina esta vía se encuentra proyectada, actualmente existe un carreteable destapado, sin superficie mejorada de rodadura, con un ancho de calzada de 18 metros, se observa una garita construida y proyección de un separador. Actualmente los vehículos que transitan por esta vía cuentan entonces con un carril aproximadamente de 8 metros para cada sentido.

5.4.3 Procesamiento de la información y Modelación en PTV VISSIM 5.3

La información de los aforos, se condensa estadísticamente para hacer una descripción cuantitativa de la composición del tráfico y facilitar la interpretación, además que es requerida como dato de entrada para la simulación. Con lo anterior y 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 en estas se realizó la primera simulación, correspondiente al estado actual de funcionamiento de las intersecciones.

Los datos que obtenidos por el programa se presentan en el capítulo siguiente correspondiente al análisis de resultados,

Por otro lado también se analizaron las condiciones de funcionamiento de estas dos intersecciones a 5, 10 y 20 años. Para esto fue necesario obtener los diseños de la ampliación a doble calzada de la Ruta 90, especialmente en estos dos puntos, acceso a San José de Los Campanos y La Carolina así como calcular las proyecciones futuras del tránsito a los años requeridos; estas proyecciones son dependientes de los lineamientos determinados por el Plan de Ordenamiento Territorial del Distrito y de los índices de crecimiento del parque automotor en Cartagena que actualizado.



Esta zona, esperara un gran desarrollo de vivienda de interés social por la estratificación que maneja y la disponibilidad de servicios públicos, que es uno de los factores que marcan con mayor intensidad el crecimiento urbano planificado. Para el cálculo de las proyecciones se hace una relación entre los años de inicio de los proyectos que a futuro protagonizaran ambas intersecciones, TRANSCARIBE y la doble calzada de la Ruta 90, por lo anterior los años horizontes en los que se evaluara el comportamiento del tráfico en dichas intersecciones iniciará a 5 años el cual corresponderá al año 2016, fecha en la cual se estima ambos proyectos estarán en funcionamiento, y a 2021 y 2031 correspondientes a los 10 y 20 años. Se manejará una tasa de crecimiento promedio del tránsito vehicular del 3%, valor representativo para la ciudad de Cartagena, que se ha utilizado para los cálculos de los planes de manejo de tráfico del sistema de transporte masivo TRANSCARIBE. Las proyecciones se calcularon con la fórmula de interés compuesto, donde i es la tasa de crecimiento mencionada anteriormente. Los cálculos de estos futuros volúmenes se muestra en las hojas de cálculo del Anexo Magnético .

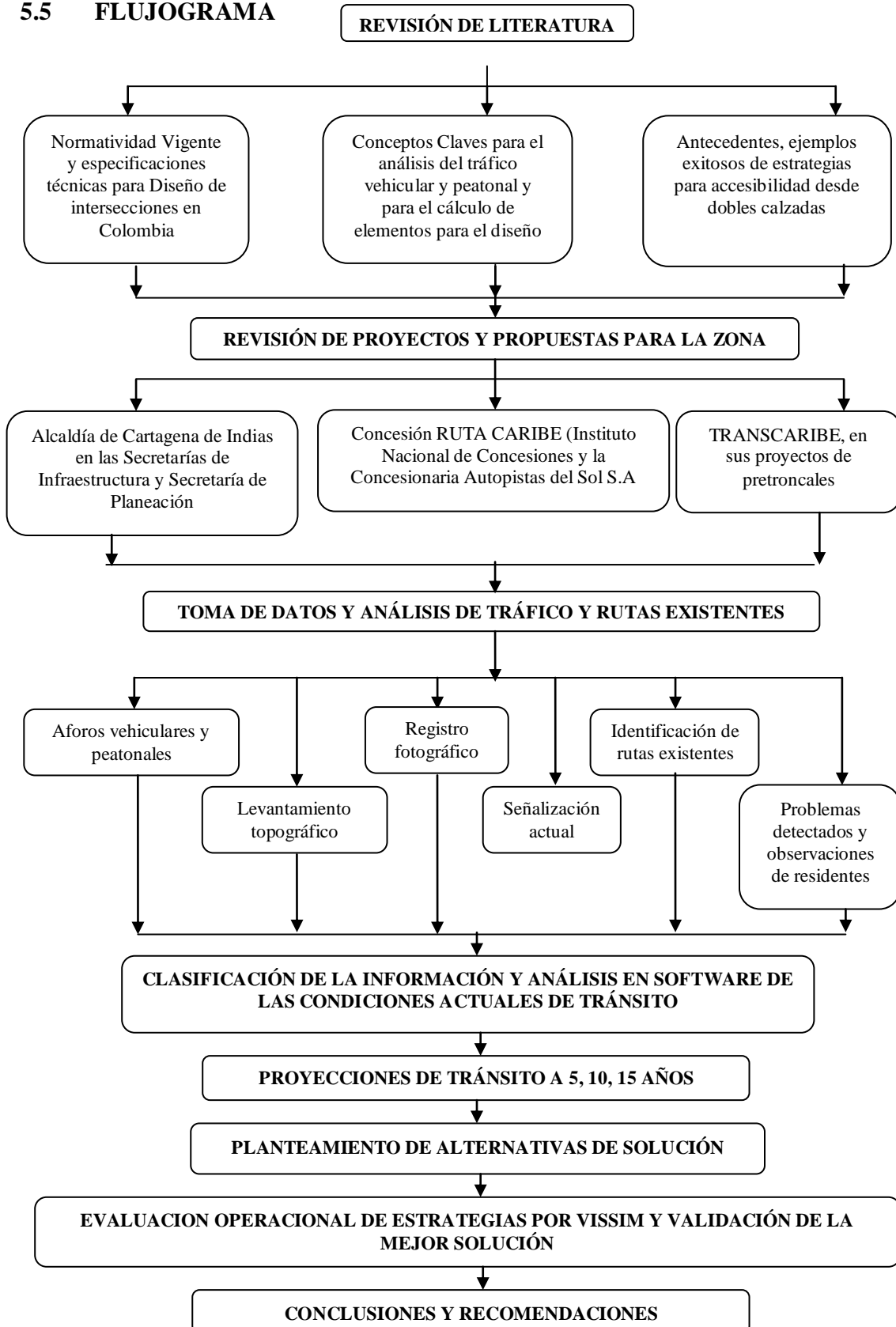
Los datos que se obtuvieron luego de ingresar esta información al programa se presentan y analizan en el siguiente capítulo.

5.4.4 Análisis de la información y planteamiento de propuestas de solución

Luego de analizar los resultados obtenidos en las modelaciones en la situación futura de cada intersección se define su funcionamiento y se identifican los principales problemas que afectan los parámetros como colas y demoras que son por los cuales se clasifican las intersecciones. Se plantearon diferentes alternativas en cuanto al manejo del tráfico en las intersecciones para mitigar los problemas generados y contrarrestar los conflictos. Las alternativas propuestas fueron validadas también en VISSIM, y los resultados también fueron evaluados sobre los parámetros que clasifican sus niveles de servicio. Se hizo una comparación entre las alternativas de solución y finalmente se escogió la que mejores resultados presentó.



5.5 FLUJOGRAMA





6. RESULTADOS

6.1 ESTUDIO DE VELOCIDADES

6.1.1. Acceso A San José De Los Campanos

Sobre las Calle 31 (Ruta 90) a la altura de la intersección acceso a San José, durante los mismos períodos pico considerados en los aforos, se hicieron mediciones de velocidad de punto de los vehículos discriminando según tipo (Roess et al, 2004). La síntesis de los resultados del estudio de velocidad se presenta en la Tabla 1, donde se nota una considerable diferencia en las velocidades de vehículos livianos y vehículos pesados. No se nota una diferencia muy notable entre las velocidades de las vías que convergen en esta intersección pues la congestión hace que todos los tipos de vehículos en los flujos marchen a la misma velocidad, a excepción de las motos que tienen mayor libertad de movimiento.

| TIPO DE VEHÍCULO | CALLE 31 (RUTA 90) | | CARRERA 100 | |
|------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| | VELOCIDAD MEDIA (KM/H) | DESV. ESTÁNDAR (KM/H) | VELOCIDAD MEDIA (KM/H) | DESV. ESTÁNDAR (KM/H) |
| Autos | 25,89 km/h | 1,48 km/h | 25,83 km/h | 1,09 km/h |
| Buses | 22,3 km/h | 0,95km/h | 25,68 km/h | 0,53 km/h |
| Camiones | 17,51km/h | 0,54 km/h | 25,46 km/h | 0,7 km/h |
| Motos | 33,89 km/h | 1,25 km/h | 34,2 km/h | 1,85 km/h |

TABLA 3 RESUMEN VELOCIDADES DE LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS

6.1.2 Acceso A La Carolina

Sobre las Carrera 91 a la altura de la intersección acceso a La Carolina, durante los mismos períodos pico considerados en los aforos, se hicieron mediciones de velocidad de punto de los vehículos discriminando según tipo (Roess et al, 2004) y para cada acceso a la intersección. La síntesis de los resultados del estudio de velocidad se presenta en las tablas donde se muestran las velocidades que resultan del ejercicio de toma de tiempos para el cálculo de estas. Se nota una considerable diferencia en las velocidades de vehículos



livianos y vehículos pesados que transitan sobre las vías de La Carolina y los de la Transversal 53-54 (Ruta 90 ya que flujo que entra y sale de La Carolina es demasiado mínimo en comparación al que transita por la Transversal 53-54 (Ruta 90), además el Acceso a La Carolina no tiene una superficie de rodamiento mejorada, es un carreteable en material de relleno compactado y geoméricamente no está limitada las calzadas de la carretera proyectada da un ancho de vía de aproximadamente 20 mts, con 10 mts para cada calzada, unas medidas demasiado grandes para un tráfico tan mínimo.

| TIPO DE VEHÍCULO | TRANSVERSAL 53-54 (RUTA 90) | | CARRERA 91 | | | |
|------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------|------------|-----------------------|-----------|
| | VELOCIDAD MEDIA (KM/H) | DESV. ESTÁNDAR (KM/H) | VELOCIDAD MEDIA (KM/H) | | DESV. ESTÁNDAR (KM/H) | |
| | | | S-N | N-S | S-N | N-S |
| Autos | 25,53 km/h | 2,32 km/h | 26,46 km/h | 25,38 km/h | 1,46km/h | 2,16 km/h |
| Buses | 25,34 km/h | 1,26 km/h | - | - | - | - |
| Camiones | 20,91 km/h | 2,46 km/h | 20,02 km/h | - | - | - |
| Motos | 40,06 km/h | 3,24 km/h | 46,62 km/h | 42,88 km/h | 2,11 km/h | 2,69 km/h |

TABLA 4 RESUMEN VELOCIDADES DE LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA

Las velocidades que se muestran ya resumidas en las Tablas fueron la base para caracterizar los vehículos introducidos en el modelo VISSIM ®, esto permite al final ajustar estos parámetros para que el modelo concuerde con la situación actual.

6.2 ESTUDIO DE COLAS

Del mismo modo que se hizo para las velocidades, se registraron las colas en las intersecciones, durante los mismos periodos picos calculados en los aforos y llenando el Formato para Colas y Demoras. Ver Anexo Magnético

Las colas fueron tomadas en las estaciones que se muestran en la Tabla 3.

| Estaciones | Descripción |
|------------|--|
| 1 | Cola del Acceso NW-NE, Salida de San José de Los Campanos por la Carrera 100 |
| 2 | Cola del Acceso SE-NW (Turbaco-Cartagena) en la Calle 31 (Ruta 90) |
| 3 | Cola del Acceso SW-NE, Salida de Simón Bolívar por la Carrera 100 |
| 4 | Cola del Acceso NW-Se (Cartagena-Turbaco) en la Calle 31 (Ruta 90) |

TABLA 5 ESTACIONES DONDE SE APLICO EL ESTUDIO DE COLAS

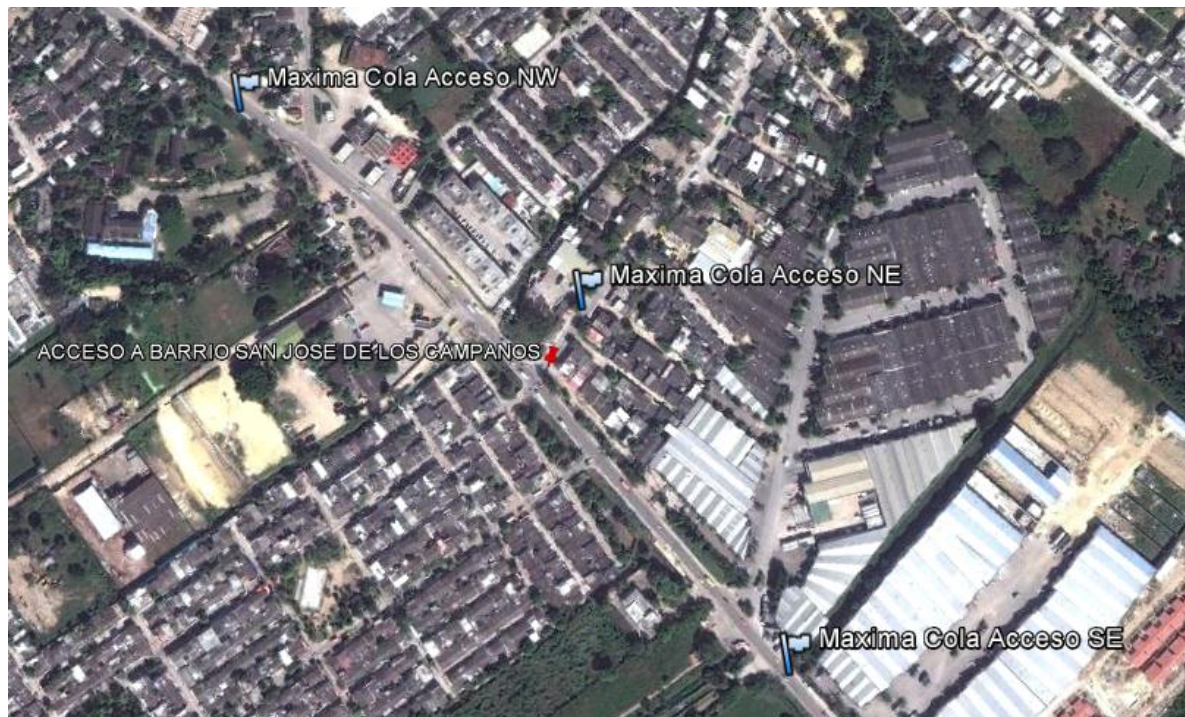


IMAGEN 4 LÍMITES EN PLANTA DE LAS LONGITUDES DE COLA DE CADA ACCESO A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS

Por inspección visual en la intersección San José de Los Campanos tenemos los límites de las longitudes de cola que se presentan en esta.

Para el acceso NE, es decir, los vehículos que salen de San José de Los Campanos, la longitud cola llega hasta las inmediaciones de los predios de COLANTA. La cola que se forma en el Acceso SE, conformado por el flujo que viene en sentido Turbaco-Cartagena, llega hasta el Centro Comercial e Industrial de Ternera. En el Acceso SW, no se forman colas significativas. Finalmente, la cola del Acceso NW con el flujo de sentido Cartagena-Turbaco, llega hasta la Cárcel de Ternera.

De igual forma, para la intersección La Carolina, tenemos que solo se presentan colas en la vía principal, Ruta 90 (Transversal 53-54) en los Accesos SW y E. Son colas más o menos simétricas, la del Acceso SW, correspondiente al flujo proveniente de La Bomba del Amparo a La Terminal de Transporte, la cola llega hasta la entrada a la Avenida Pedro



Romero, mientras que la del Acceso E, con el flujo de la Terminal de Transporte a Bomba del Amparo, llega hasta la entrada de la Terminal de Transporte

| Estaciones | Descripción |
|------------|--|
| 1 | Cola del Acceso S-N, Salida de La Carolina Carrera 91 |
| 2 | Cola del Acceso SW-E (Bomba El Amparo - Terminal de Transporte) en la Transversal 53-54 |
| 3 | Cola del Acceso N-S, Salida de Villa Estrella por la Carrera 91 |
| 4 | Cola del Acceso E-SW (Terminal de Transporte – Bomba del Amparo) en la Transversal 53-54 |

TABLA 6 ESTACIONES DONDE SE APLICÓ EL ESTUDIO DE COLAS EN LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA

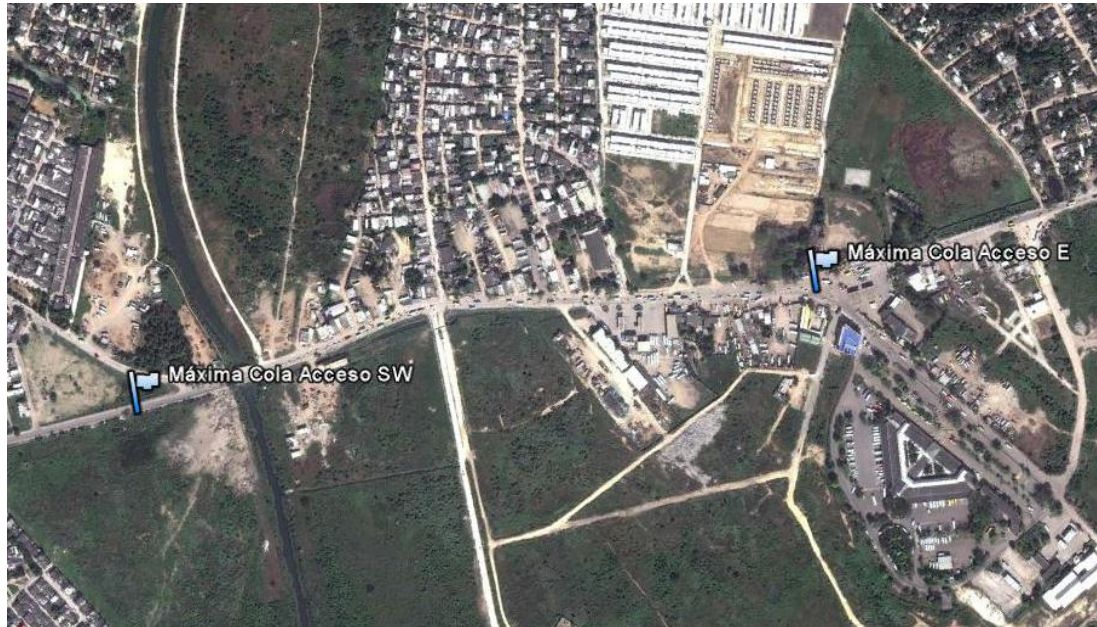


IMAGEN 5 LÍMITES EN PLANTA DE LAS LONGITUDES DE COLA DE CADA ACCESO A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA

6.2.2 Composiciones vehiculares de los accesos

A continuación se describen las composiciones vehiculares de los diferentes accesos en las intersecciones en estudio. En la Imagen 6, se pueden observar los diferentes accesos a cada intersección, identificados en las estaciones de referencia.



**IMAGEN 6 ACCESOS EN LAS ESTACIONES 1, 2, 3 Y 4 DE LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS.
FUENTE: GOOGLE EARTH**



IMAGEN 7 ACCESOS EN LAS ESTACIONES 1, 2, 3 Y 4 DE LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA. FUENTE: GOOGLE EARTH



La Tabla 5 muestra los movimientos que componen los accesos de la intersección San José de Los Campanos a la Ruta 90, señalada como la vía principal en esta intersección, así como a las estaciones a las que pertenecen los mismos.

| ACCESOS | ESTACIÓN - PUNTO | MOVIMIENTOS |
|---------|------------------|-------------|
| Este | Estación 1 | 9(4), 8 |
| Oeste | Estación 3 | 9(2), 7 |
| Sur | Estación 2 | 2 |
| Norte | Estación 4 | 1 |

TABLA 7 ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSE DE LOS CAMPANOS

La Tabla 6 muestra las distribuciones vehiculares de los accesos a la intersección San José de Los Campanos, para la hora de máxima demanda del día analizado como muestra para la determinación de la hora pico.

| ESTACIÓN | ACCESO | COMPOSICIÓN VEHICULAR | | | | | |
|----------|--------|-----------------------|-----|-----|----|----|---------|
| | | Tipo Vehículo | | | | | |
| | | Bi | Mo | Au | Va | Ca | Totales |
| 1 | NE | 21 | 188 | 79 | 2 | 14 | 304 |
| | | 7% | 62% | 26% | 1% | 5% | 100% |
| | | | | | | | |
| 2 | SE | 48 | 429 | 316 | 13 | 56 | 862 |
| | | 6% | 50% | 37% | 2% | 6% | 100% |
| | | | | | | | |
| 3 | SW | 11 | 139 | 9 | 1 | 1 | 161 |
| | | 7% | 86% | 6% | 1% | 1% | 100% |
| | | | | | | | |
| 4 | NW | 16 | 256 | 276 | 6 | 42 | 596 |
| | | 3% | 43% | 46% | 1% | 7% | 100% |
| | | | | | | | |

TABLA 8 DISTRIBUCIONES VEHICULARES EN LA INTERSECCIÓN SAN JOSE DE LOS CAMPANOS PARA CADA ESTACIÓN Y ACCESO CORRESPONDIENTE DE LA HORA PICO



La Tabla 7 muestra los movimientos que componen los accesos de la intersección La Carolina a la Ruta 90, señalada como la vía principal en esta intersección, así como a las estaciones a las que pertenecen los mismos.

| ACCESOS | ESTACIÓN - PUNTO | MOVIMIENTOS |
|-----------|------------------|-------------|
| Sur | Estación 1 | 9(2), 6 |
| Norte | Estación 3 | 9(1), 5 |
| Sur Oeste | Estación 2 | 3 |
| Este | Estación 4 | 4 |

TABLA 9 ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSE DE LOS CAMPANOS

La Tabla 8 muestra las distribuciones vehiculares de los accesos a la intersección La Carolina, para la hora de máxima demanda del día analizado como muestra para la determinación de la hora pico.

| ESTACIÓN | ACCESO | COMPOSICIÓN VEHICULAR | | | | | |
|----------|--------|-----------------------|-----|-----|----|----|---------|
| | | Tipo Vehículo | | | | | |
| | | Bi | Mo | Au | Va | Ca | Totales |
| 1 | S | 6 | 70 | 12 | 0 | 1 | 89 |
| | | 7% | 79% | 13% | 0% | 1% | 100% |
| | | | | | | | |
| 2 | SW | 53 | 498 | 258 | 6 | 24 | 839 |
| | | 6% | 59% | 31% | 1% | 3% | 100% |
| | | | | | | | |
| 3 | N | 14 | 70 | 8 | 1 | 0 | 93 |
| | | 15% | 75% | 9% | 1% | 0% | 100% |
| | | | | | | | |
| 4 | E | 16 | 256 | 276 | 6 | 42 | 596 |
| | | 3% | 43% | 46% | 1% | 7% | 100% |
| | | | | | | | |

**TABLA 10 DISTRIBUCIONES VEHICULARES EN LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA
PARA CADA ESTACIÓN Y ACCESO CORRESPONDIENTE DE LA HORA PICO**



6.3 MODELACIÓN DE LAS INTERSECCIONES EN PTV-VISSIM 5.3

6.3.1 Definición de términos del programa VISSIM

En la Tabla 9 se definen los términos que son utilizados en este capítulo para referirse a los diferentes parámetros que son estimados en la modelación.

| ABREVIATURA | DEFINICIÓN |
|--------------------|--|
| aveQueue | Promedio de longitud de colas [m] |
| Delay(All) | Promedio de demoras por vehículo [s], todos los tipos de vehículos |
| EmissCO | Emisiones CO [g] |
| EmissNOx | Emisiones NOx [g] |
| EmissVOC | Emisiones VOC [g] |
| FuelCons | Consumo de combustible [gal] |
| maxQueue | Longitud de cola máxima [m] |
| Mov | Movimientos [Giros de – a] |
| Veh(All) | Número de vehículos, todos los tipos de vehículos |
| tStopd(All) | Promedio de demoras en paradas por vehículos [s], todos los tipos de vehículos |
| Stops(All) | Número promedio de paradas por vehículos, todos los tipos de vehículos |

TABLA 11 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS DE LOS RESULTADOS DE LA MODELACIÓN
Fuente: Modelo VISSIM ®

Para la simulación de cada intersección, se introduce la información correspondiente a los elementos viales de las intersecciones en estudio, es decir que las intersecciones contiguas a las de estudio como no se le ingresaron datos de entrada tampoco se tienen información de resultados de las mismas. Los Análisis de los dos nodos evaluados correspondientes a la Intersección La Carolina y la Intersección San José de Los Campanos solo arrojaran resultados de lo simulado, es decir, las longitudes de cola, consumos de combustible emisiones y el resto de parámetros que se evalúan corresponden a los nodos de las intersecciones hasta las límites de los links que definen las vías de cada intersección.

6.3.2 Resultados de la simulación para la situación actual de la Intersección San José de Los Campanos

Los resultados para la Intersección San José de Los Campanos en su situación actual se muestran Tabla 10. En la modelación, el software Vissim® hizo 6 corridas para el corte de los resultados a diferentes intervalos de simulación. Es por ello que la columna de



movimientos repite 6 veces cada acceso con sus respectivos movimientos o maniobras (giros o cruces).

La columna de Máximas Colas debe arrojar un aproximado muy cercano a las longitudes de cola que se observaron y limitaron en la toma de información primaria para ambas intersecciones.

En la intersección San José de Los Campanos, las longitudes de cola, tomando como base los límites referenciales que se mostraron en planta en la Imagen 4, en unidades métricas, aproximadamente son:

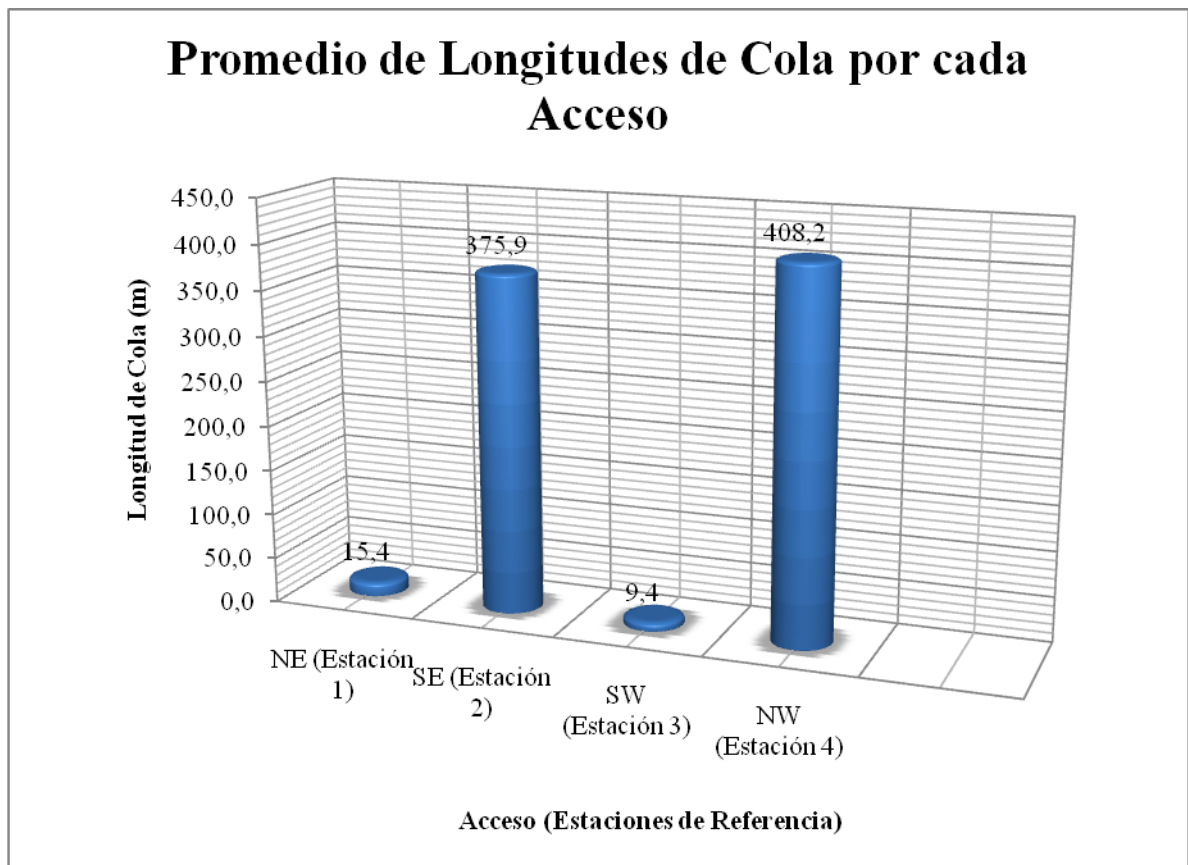
| Estación | Acceso | Longitud de Cola Real (m) |
|-----------------|---------------|----------------------------------|
| 1 | NE | 18 |
| 2 | SE | 493 |
| 3 | SW | No presenta colas |
| 4 | NW | 382 |

TABLA 12 LONGITUDES DE COLA QUE SE PRESENTAN EN LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN SU SITUACIÓN ACTUAL



| Estación | Acceso | Promedio de Máximas Colas (m) |
|-----------------|-----------------|--------------------------------------|
| 1 | NE (Estación 1) | 15,4 |
| 2 | SE (Estación 2) | 375,9 |
| 3 | SW (Estación 3) | 9,4 |
| 4 | NW (Estación 4) | 408,2 |

TABLA 13 PROMEDIOS DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS DE LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

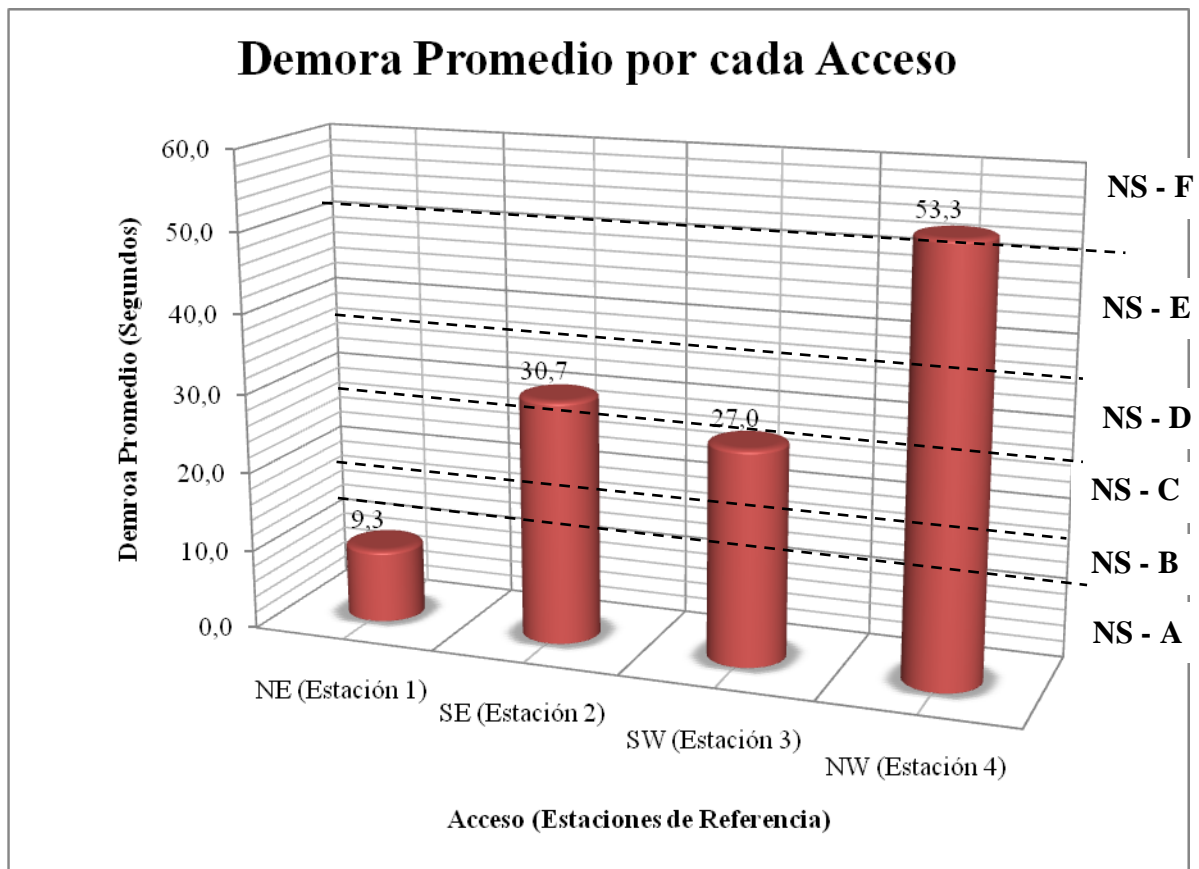


GRÁFICA 3 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN SU SITUACIÓN ACTUAL



| Estación | Acceso | Demora Promedio (Segundos) |
|----------|-----------------|----------------------------|
| 1 | NE (Estación 1) | 9,3 |
| 2 | SE (Estación 2) | 30,7 |
| 3 | SW (Estación 3) | 27,0 |
| 4 | NW (Estación 4) | 53,3 |

TABLA 14 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL



GRÁFICA 4 PROMEDIO DE LAS DEMORAS POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN SU SITUACIÓN ACTUAL

Para afirmar que la modelación corresponde a una simulación válida de la situación actual, los resultados arrojados por el programa deben coincidir con la información que se toma como primaria, en este caso, un parámetro que se debe comparar es la longitud de las colas; en cada acceso se midieron las máximas colas en los períodos picos, y se tabularon en la



Tabla 12, los promedios de las máximas colas en la hora de simulación para cada acceso se resumen y muestra en la Tabla 13. Comparando este parámetro se observan los siguientes porcentajes de error en la Tabla 15:

| Acceso | Longitud de Cola Real (m) | Promedio Longitud de Cola Modelación (m) | Error |
|---------------|----------------------------------|---|--------------|
| NW | 382 | 408,2 | 7% |
| SE | 493 | 430,0 | 13% |
| NE | 18 | 15,35 | 15% |
| SW | No presenta colas | | |

TABLA 15 COMPARACIÓN DE LAS LONGITUDES DE COLA REALES Y LAS LONGITUDES PROMEDIOS DE LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS

La columna de error muestra que los resultados de la simulación, si bien no son exactamente los mismos de la situación actual, son resultados que se encuentran en un rango aceptable recalando la característica estocástica del flujo vehicular y que los resultados corresponden a un promedio de varias corridas en la hora de simulación.

Se puede observar que de los cuatro accesos a la intersección de San José de Los Campanos, los dos accesos que corresponden a los flujos de la vía principal Calle 31 (Ruta 90), Acceso NW – Acceso SE, presentan colas demasiado grandes, casi de medio kilometro, mientras que en los otros dos accesos, Acceso NE (salida de San José de Los Campanos) tiene una cola promedio de 15 mts y el Acceso SW (salida de Simón Bolívar) no presenta colas representativas.

Comparando estos valores con la gráfica de niveles de servicio que establece la HCM para intersecciones señalizadas basados en las longitudes de cola, tenemos que los accesos con mayores colas, Acceso NW-Acceso SE, quedan clasificados en el Nivel F, este es caracterizado por largas y densas colas, circulación intermitente mediante paradas y arrancadas sucesivas es decir una circulación forzada.



El Acceso NE, presenta niveles de servicio entre el A y el D, lo que significa una variación de la circulación vehicular que puede ser libre y fluida, estable u ocasionalmente inestable al ser difícil realizar adelantamientos y que las velocidades se empiezan a regular por los vehículos precedentes. Aun así, la gráfica muestra que la mayor característica del flujo en la hora pico simulada es de ser un tráfico estable correspondiente a los niveles de servicio ideales A, B y C.

En el acceso SW, no se presentan colas, los puntos que marca la simulación encajan en los 3 primeros niveles de servicio, y el promedio de las longitudes queda enmarcado en el Nivel de Servicio A, es decir un flujo libre.

Por otro lado, los niveles de servicio también pueden ser medidos por las demoras para cada flujo al pasar por la intersección. Se ve en la Grafica 2 que el Acceso NE tiene tiempos muy bajos lo que clasifica en un Nivel de Servicio A, los Accesos SE y SW manejan tiempos medios y están clasificados en el Nivel de Servicio D, finalmente el Acceso NW es el que presenta actualmente las demoras más altas lo que lo enmarca en un Nivel de Servicio F.

Al comparar ambas clasificaciones, según longitudes de cola y según demoras, vemos que cada acceso mantiene una clasificación común o similar para ambos parámetros de medición.

| ESTACIÓN | ACCESO | NIVEL DE SERVICIO - LONGITUD DE COLA | NIVEL DE SERVICIO - DEMORA |
|-----------------|---------------|---|---------------------------------------|
| 1 | NE | B | A |
| 2 | SE | F | D |
| 3 | SW | A | D |
| 4 | NW | F | F |

TABLA 16 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO SEGÚN LONGITUDES DE COLA Y DEMORA EN LA SITUACIÓN ACTUAL



Se observa que el acceso NE, salida de San José de Los Campanos presenta niveles de servicio ideales, ambas clasificaciones, A y B, representan flujos libres y estables. El acceso SW, la salida de Simón Bolívar, tiene un nivel de servicio A según el parámetro de longitudes de cola mientras que el parámetro demora clasifica este acceso como nivel de servicio D, esto muestra un flujo de poco volumen, sin colas pero de difícil acceso a las vías principales de la intersección lo que aumenta el tiempo de demora en este acceso y perjudica el nivel de servicio. Los accesos SE y NW, presentan colas exageradamente grandes y densas, características del nivel de servicio F y las demoras en estos accesos por la misma circulación formada también es alta esto se ve reflejado en que la clasificación por demora en el acceso también arroja nivel de servicio D y F.

6.3.3 Modelación de la situación futura de la Intersección San José de los Campanos

La modelación del tráfico a futuro, se hizo a 5, 10 y 20 años, para esto se realizó la proyección de los flujos actuales. Para estos años horizontes, a los cuales se hará la evaluación del funcionamiento de la intersección, las rutas de transporte público que actualmente funcionan serán reemplazadas por el Sistema de Transporte Masivo Transcaribe. Se estudiaron y discriminaron las rutas de transporte proyectadas para este sistema, a continuación se muestra el derrotero de rutas encontradas que pasaran por la intersección San José de Los Campanos:



6.3.3.1 Derroteros de las rutas del sistema integrado de transporte

6.3.3.1.1 Rutas Troncales

| No | Ruta | Long. (Km.) | Tipo | Veh. Tipo |
|--------------|--------------------------|--------------|------------------|---------------|
| t101e | Portal-Centro | 22.13 | Expresa | Articulado |
| t101p | Portal-centro-crespo | 29.93 | Corriente | Padrón |
| t101s | Portal-centro | 22.13 | Semiexpresa | Articulado |
| t102s | Portal-Centro-Bocagrande | 27.85 | Semiexpresa | Padrón |
| t103p | Rodeo-centro | 31.92 | Corriente | Padrón |

TABLA 17 RUTAS TRONCALES PROYECTADAS PARA TRANCARIBE

| t103p Rodeo – Centro | Derrotero |
|----------------------|---|
| | <p>IDA: Barrio el Rodeo - Troncal de Occidente-sector el Amparo - Av. Pedro de Heredia - Av. Venezuela - Av. Blas de Lezo-Monumento Santander.</p> <p>REGRESO: Monumento Santander-Av. Blas de Lezo-Av. Venezuela-Av. Pedro de Heredia-sector el Amparo-Troncal de occidente-barrio el Rodeo.</p> |

TABLA 18 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA T103P RODEO - CENTRO

| Nº | Código | OrigDest | Tipo Veh | Frec(veh/hr) | Frec (Veh/dia) |
|----------|--------------|--------------------------|---------------|--------------|----------------|
| 1 | t101e | Portal-Centro | articulado | 13 | 1720 |
| 2 | t101p | Portal-centro-crespo | padrón | 17 | 2211 |
| 3 | t101s | Portal-Centro | articulado | 13 | 1720 |
| 4 | t102s | Portal-centro-Bocagrande | padrón | 17 | 2211 |
| 5 | t103p | Rodeo-Centro | padrón | 13 | 1720 |

TABLA 19 INFORMACIÓN OPERATIVA DE LAS RUTAS TRONCALES DE TRANSCARIBE



6.3.3.1.2 Rutas alimentadoras

| No | Ruta | Long. (Km.) | Ven. Tipo |
|-------|--|-------------|--------------|
| a101p | Pozón-Portal | 8.0 | Convencional |
| a102p | Variante- Portal | 10.24 | Bus |
| a103p | San José de los Campanos- Portal | 8.99 | Bus |
| a104p | Universidad Tecnológica- Portal | 9.38 | Bus |
| a105p | Bayao - Simón Bolívar-Amparo | 9.79 | Bus |
| a106p | Mandela- Amparo | 9.98 | Bus |
| a107p | Universidad Tecnológica – Socorro-Portal | 13.64 | Bus |
| a108p | Fredonia-Portal | 3.82 | Bus |
| a109p | Blas de Lezo- Amparo | 10.23 | Bus |
| a110p | Campestre- Amparo | 8.13 | Bus |
| a111c | Portal-Comfenalco | 17.6 | Bus |

TABLA 20 RUTAS ALIMENTADORAS PROYECTADAS PARA TRANSCRIBIR

| a103p San José de los Campanos-Portal | Derrotero |
|--|---|
| | <p>IDA: Barrio San José de los Campanos- Troncal de occidente-Barrio Ternera- Diagonal 32-Carretera La Cordialidad- Portal</p> <p>REGRESO: Portal-Carretera La Cordialidad-Diagonal 32-Troncal de Occidente-Barrio San José de los Campanos</p> |

TABLA 21 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA A103P SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS-PORTAL

| a104p Universidad Tecnológica-Portal | Derrotero |
|---|--|
| | <p>IDA: Universidad Tecnológica – Troncal de Occidente - Diagonal 32-Carretera La Cordialidad- Portal</p> <p>REGRESO: Portal-Troncal de Occidente- Universidad Tecnológica</p> |

TABLA 22 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA A104P UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA-PORTAL



| Nº | Código | OrigDest | Tipo Veh | Frec(veh/hr) | Frec (Veh/día) |
|----|--------|--------------------|----------|--------------|----------------|
| 1 | a101p | Pozón-Portal | bus | 11 | 125 |
| 2 | a103p | Variante-Portal | bus | 6 | 69 |
| 3 | a106p | San JoseC-Portal | bus | 20 | 230 |
| 4 | a107p | Universidad-Portal | bus | 7 | 77 |
| 5 | a108p | Baya-Simón-Amparo | bus | 8 | 92 |
| 6 | a109p | Mandela-Amparo | bus | 6 | 69 |
| 7 | a110p | UT-Socorro-Portal | bus | 11 | 125 |
| 8 | a111p | Fredonia-Portal | bus | 17 | 197 |
| 9 | a113p | Blasdeleso-Amparo | bus | 12 | 138 |
| 10 | a114p | Campestre-Amparo | bus | 12 | 138 |
| 11 | a131c | Portal-Comfenalco | bus | 10 | 115 |

TABLA 23 INFORMACIÓN OPERATIVA DE LAS RUTAS ALIMENTADORAS DE TRANSCARIBE

6.3.3.1.3 Rutas sub-urbanas

| No | Ruta | Tipo | Veh Tipo |
|-------|--------------------|-----------|----------|
| s101p | LaPaz-Amparo | Corriente | Bus |
| s102p | Arjona-Amparo | Corriente | Bus |
| s103p | Bayunca-Amparo | Corriente | Bus |
| s104p | Turbana-Amparo | Corriente | Bus |
| s105p | Turbaco-Amparo | Corriente | Bus |
| s106p | Villanueva-Amparo | Corriente | Bus |
| s107p | Santa Rosa -Amparo | Corriente | Bus |

TABLA 24 RUTAS SUBURBANAS PROYECTADAS PARA TRANSCARIBE

| s102p Arjona | Derrotero |
|--------------|--|
| | <p>IDA: Arjona–Troncal de Occidente–Barrio Ternera-Diagonal 32-Carretera La Cordialidad-Terminal Amparo</p> <p>REGRESO: Terminal Amparo–Transversal 54-Troncal de Occidente-Arjona</p> |

TABLA 25 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA S102P ARJONA



| s104p Turbana | Derrotero |
|----------------------|--|
| | <p>IDA: Turbana–Turbaco–Troncal de Occidente–Barrio Ternera-Diagonal 32-Carretera La Cordialidad-Terminal Amparo</p> <p>REGRESO: Terminal Amparo – Transversal 54 – Troncal de Occidente – Turbaco – Turbana</p> |

TABLA 26 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA S104P TURBANA

| s105p Turbaco | Derrotero |
|----------------------|--|
| | <p>IDA: Turbaco–Troncal de Occidente–Barrio Ternera- Diagonal 32-Carretera La Cordialidad- Terminal Amparo</p> <p>REGRESO: Terminal Amparo-Transversal 54–Troncal de Occidente – Turbaco</p> |

TABLA 27 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA S105P TURBACO

Para los años horizontes a evaluar, en esta intersección ya debería estar culminada la ampliación de la ruta 90 a doble calzada, lo que cambiará las actuales especificaciones y parámetros de funcionamiento.

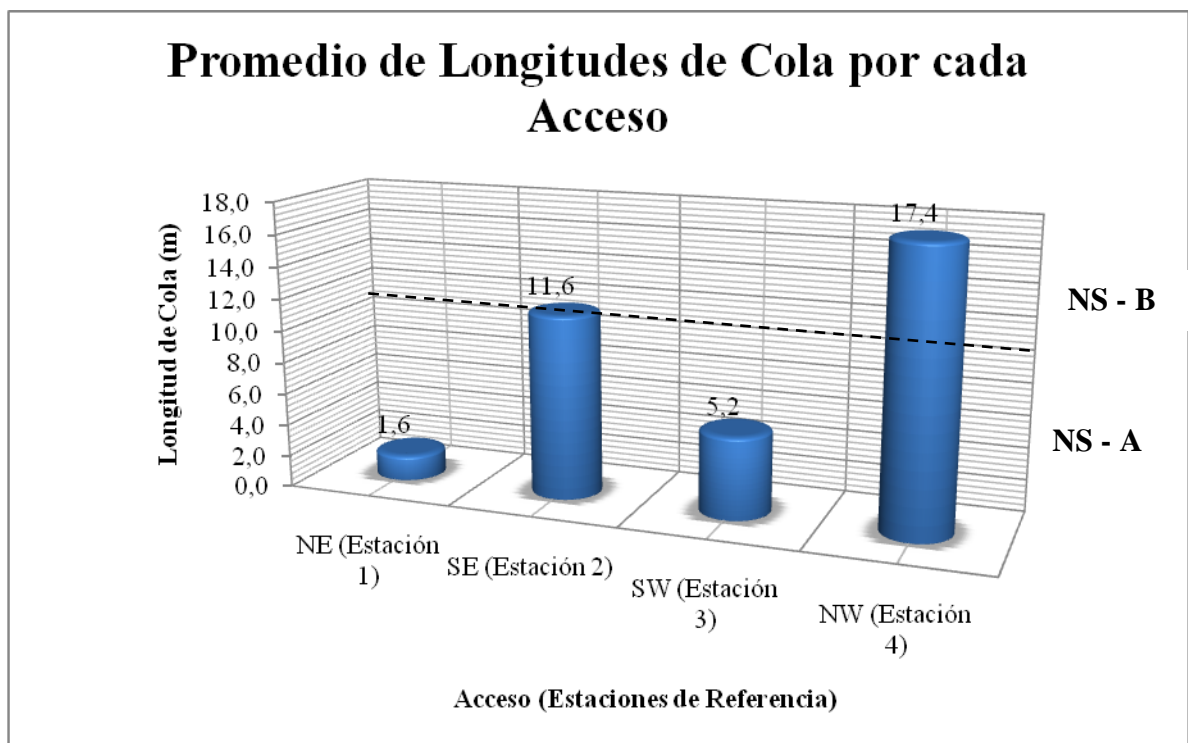
Desde la geometría, los volúmenes vehiculares y su composición, así como su comportamiento, cambian en comparación a la situación actual antes analizada.

Los resultados del funcionamiento de la intersección San José de Los Campanos, con la proyección del tráfico a 5 años, las nuevas rutas de transporte público y con las especificaciones de la doble calzada de la Ruta 90 para este punto, fueron los siguientes,



| Estación | Acceso | Promedio de Máximas Colas (m) |
|-----------------|-----------------|--------------------------------------|
| 1 | NE (Estación 1) | 1,6 |
| 2 | SE (Estación 2) | 11,6 |
| 3 | SW (Estación 3) | 5,2 |
| 4 | NW (Estación 4) | 17,4 |

TABLA 28 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 5 AÑOS

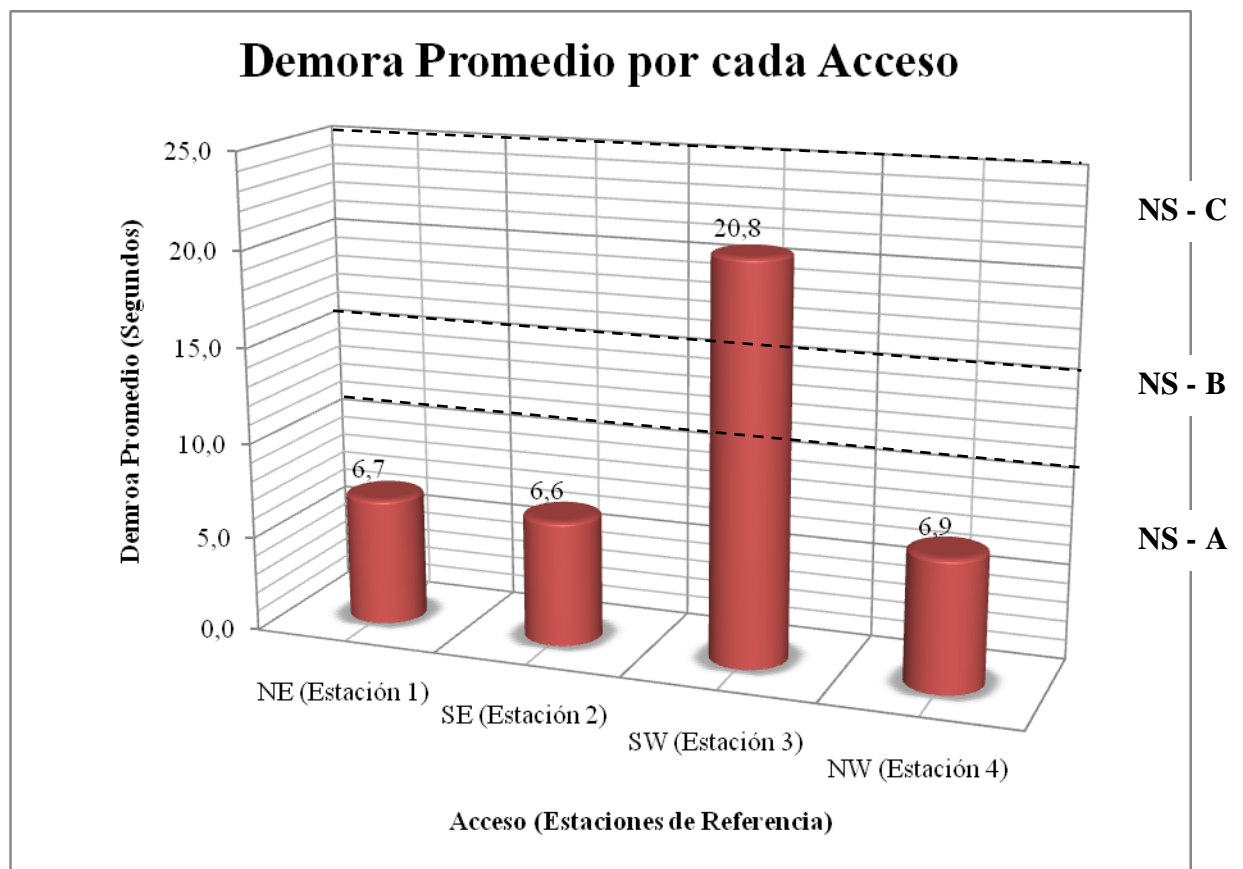


GRÁFICA 5 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 5 AÑOS



| Estación | Acceso | Demora Promedio (Segundos) |
|----------|-----------------|----------------------------|
| 1 | NE (Estación 1) | 6,7 |
| 2 | SE (Estación 2) | 6,6 |
| 3 | SW (Estación 3) | 20,8 |
| 4 | NW (Estación 4) | 6,9 |

TABLA 29 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN A 5 AÑOS



GRÁFICA 6 PROMEDIO DE LAS DEMORAS POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS A 5 AÑOS

En la modelación de la situación futura, cambiando la geometría de la Ruta 90 a doble calzada y las rutas de transporte público actual por las rutas alimentadoras del Sistema de



Transporte Masivo TRANSCARIBE, así mismo la proyección de los volúmenes vehiculares, en los resultados de la situación futura evaluada a 5 años se observa que los cuatro accesos a la intersección mantendrán niveles de servicio ideales. Los promedios de longitudes de cola para cada acceso que se muestran en la Gráfica 5 están en los rangos que definen los Niveles de Servicio A y B, caracterizando a estos flujos como libres con algunas demoras en ciertos tramos pero sin llegar a formarse colas. Por otro lado, la clasificación de los niveles de servicio según las demoras enmarca a los accesos NE, SE y NW con nivel de servicio A y el acceso SW con un nivel de servicio C, esto sigue caracterizando a los accesos como flujos ideales.

| ESTACIÓN | ACCESO | NIVEL DE SERVICIO - LONGITUD DE COLA | NIVEL DE SERVICIO - DEMORA |
|-----------------|---------------|---|---------------------------------------|
| 1 | NE | A | A |
| 2 | SE | B | A |
| 3 | SW | A | C |
| 4 | NW | B | A |

TABLA 30 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO SEGÚN LONGITUDES DE COLA Y DEMORA A 5 AÑOS

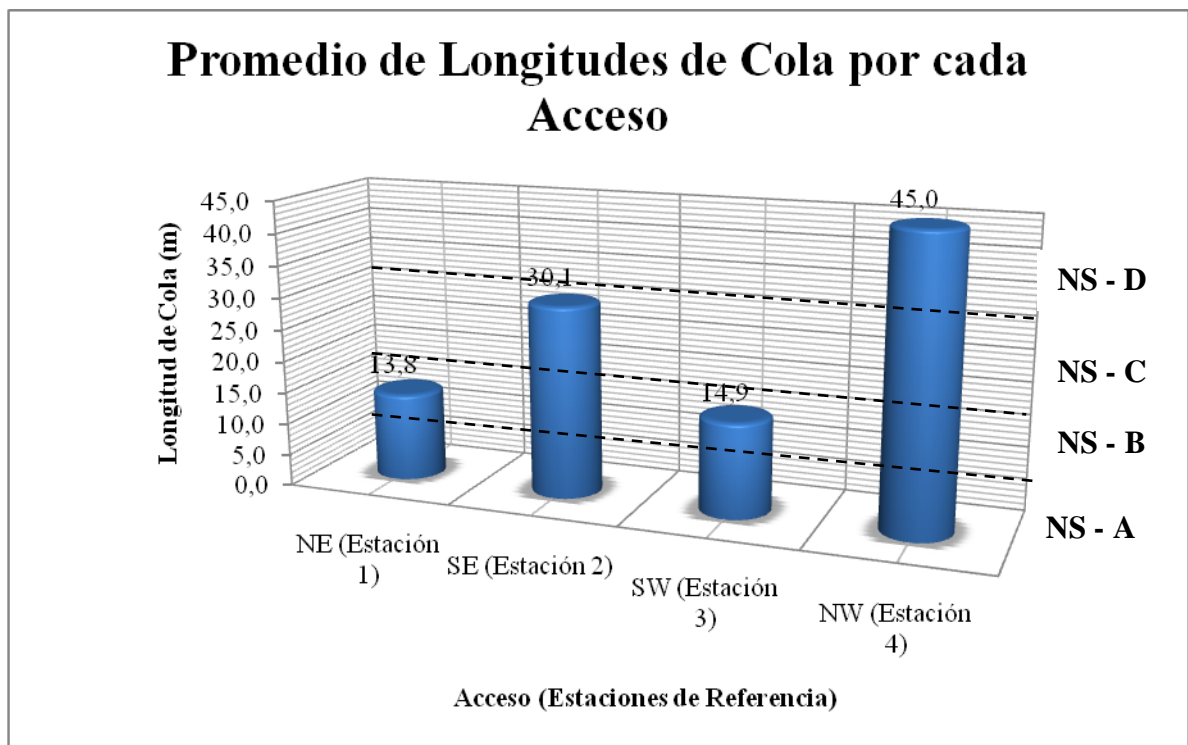
La anterior tabla de comparación muestra que a 5 años los niveles de servicio según longitudes de cola y según demoras se asemejan más para un mismo acceso. El acceso NE presenta un nivel de servicio A, para una circulación libre y fluida, el acceso describe niveles de servicio A y B que sigue siendo fluido y estable con algunas demoras por tramos sin formarse colas, el acceso SW sigue siendo, comparado con la situación actual, nivel de servicio A medido por su longitud de cola pero aumenta el nivel de servicio a C por la demora, persistiendo el problema de acceso de este flujo a las vías principales que manejan flujos mas

Los resultados para la proyección de los flujos a 10 años, se muestran a continuación,



| Estación | Acceso | Máxima Cola |
|----------|-----------------|-------------|
| 1 | NE (Estación 1) | 13,8 |
| 2 | SE (Estación 2) | 30,1 |
| 3 | SW (Estación 3) | 14,9 |
| 4 | NW (Estación 4) | 45,0 |

TABLA 31 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 10 AÑOS

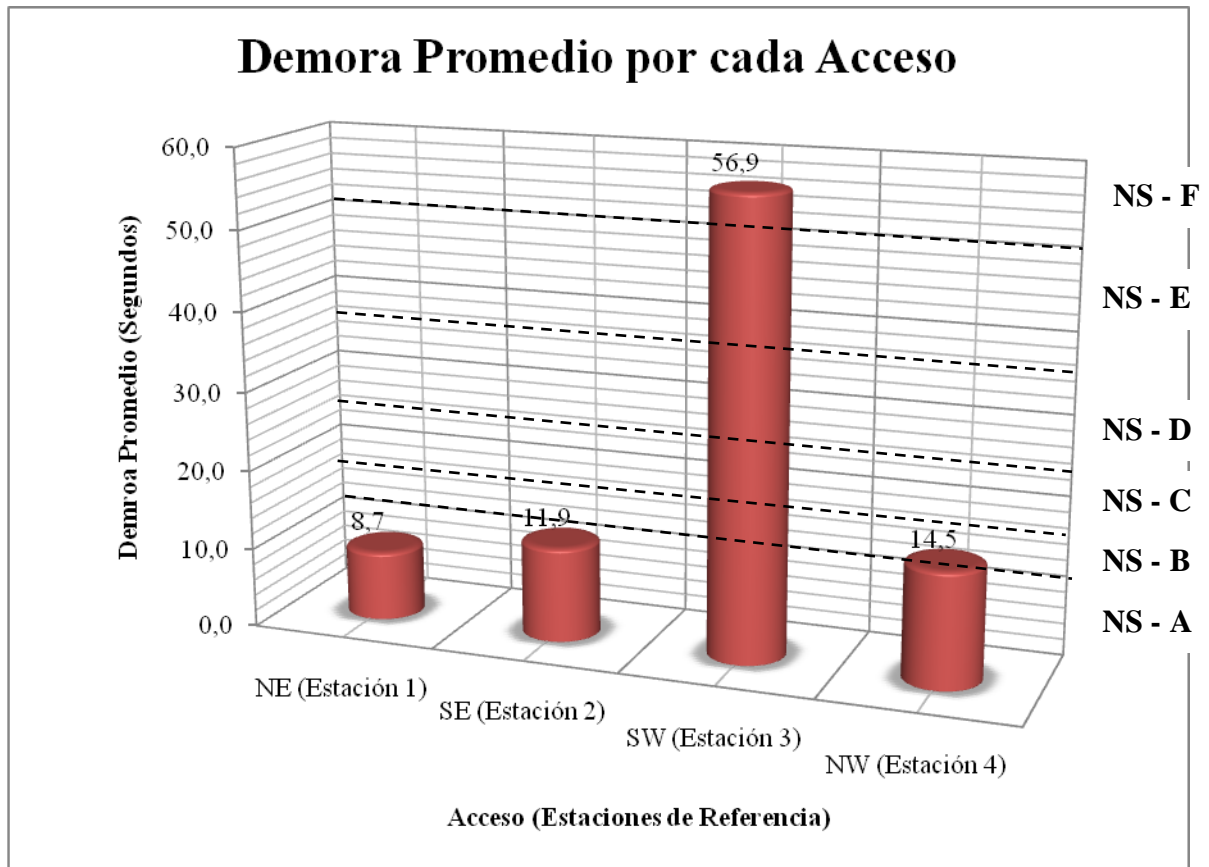


GRÁFICA 7 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 10 AÑOS



| Estación | Acceso | Demora Promedio (Segundos) |
|----------|-----------------|----------------------------|
| 1 | NE (Estación 1) | 8,7 |
| 2 | SE (Estación 2) | 11,9 |
| 3 | SW (Estación 3) | 56,9 |
| 4 | NW (Estación 4) | 14,5 |

TABLA 32 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN A 10 AÑOS



GRÁFICA 8 PROMEDIO DE LAS DEMORAS POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS A 10 AÑOS



En la modelación de la situación futura, esta vez a 10 años de proyección del tráfico y conservando la geometría planteada para la doble calzada de la Ruta 90 en este tramo, y las rutas alimentadoras de TRANSCARIBE que pasarán por esta zona, los promedios de las colas que arrojan los resultados, muestran que aun a 10 años las colas serán ideales manteniendo tres de los cuatro accesos (NE,SE y SW) con niveles de servicio entre el B y el C; para el acceso NW el promedio de la longitud de cola lo clasifica en un nivel de servicio D, describiendo colas en puntos localizados y dificultad en el adelantamiento, la circulación no es caótica pero es algo inestable por lo que las velocidades del flujo dependerán de los vehículos precedentes.

El funcionamiento en cuanto a longitudes de cola en esta intersección a 10 años es aceptable, aun así sigue, en esta modelación, funcionando sin dispositivos de control de tráfico lo que hace caótico los cruces y giros, la circulación sigue siendo de prioridad al flujo de la vía principal y de “chance” a entrar a está, para las vías secundarias.

Los resultados de demoras promedio por acceso para esta situación futura a 10 años, clasifican los accesos NE y SE en nivel de servicio A, el acceso NW en el nivel de servicio B y el acceso SW como nivel de servicio F por sus altos tiempos de demora. A continuación se muestra el cuadro comparativo de los niveles de servicio por acceso, según las longitudes de cola y según las demoras:

| ESTACIÓN | ACCESO | NIVEL DE SERVICIO - LONGITUD DE COLA | NIVEL DE SERVICIO - DEMORA |
|-----------------|---------------|---|---------------------------------------|
| 1 | NE | B | A |
| 2 | SE | C | A |
| 3 | SW | B | F |
| 4 | NW | D | B |

TABLA 33 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO SEGÚN LONGITUDES DE COLA Y DEMORA A 10 AÑOS

Se observa que a 10 años los accesos mantienen la misma proporción en los resultados de longitudes de cola y demora que los presentados a 5 años, guardando la similitud en cada

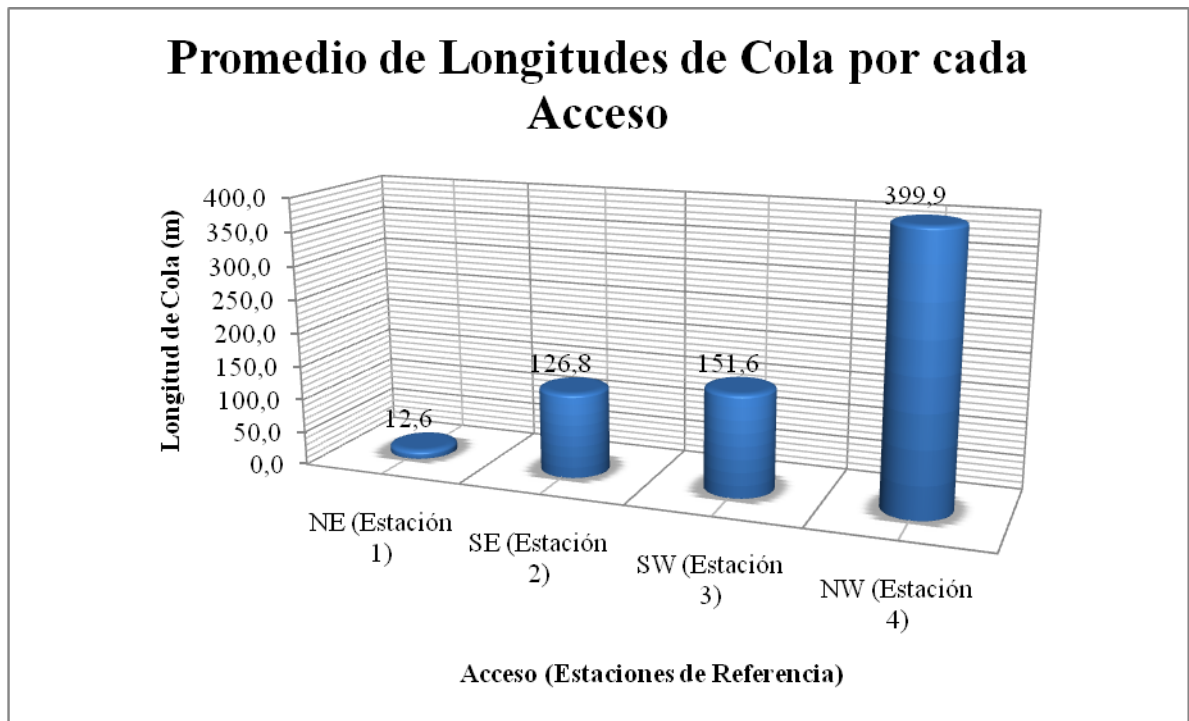


acceso en la clasificación según ambos parámetros, solo aumentando el nivel de servicio a la siguiente clasificación debido al aumento del parque automotor. Sin embargo, aunque aumentaron los niveles de servicio, estos aun describen una circulación estable pero sin garantizar que no exista caos en los cruces y giros por no tener dispositivos de controles. El acceso SW aumento su nivel de servicio a F según los resultados arrojados para la demora, esto se debe a que aumentando el flujo, y en este caso el de las vías principales a donde accede el flujo SW es más difícil entrar a esta circulación sin generar conflictos.

Finalmente, los resultados para la proyección de los flujos a 20 años, fueron los siguientes,

| Estación | Acceso | Máxima Cola (m) |
|----------|-----------------|-----------------|
| 1 | NE (Estación 1) | 12,6 |
| 2 | SE (Estación 2) | 126,8 |
| 3 | SW (Estación 3) | 151,6 |
| 4 | NW (Estación 4) | 399,9 |

TABLA 34 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 20 AÑOS

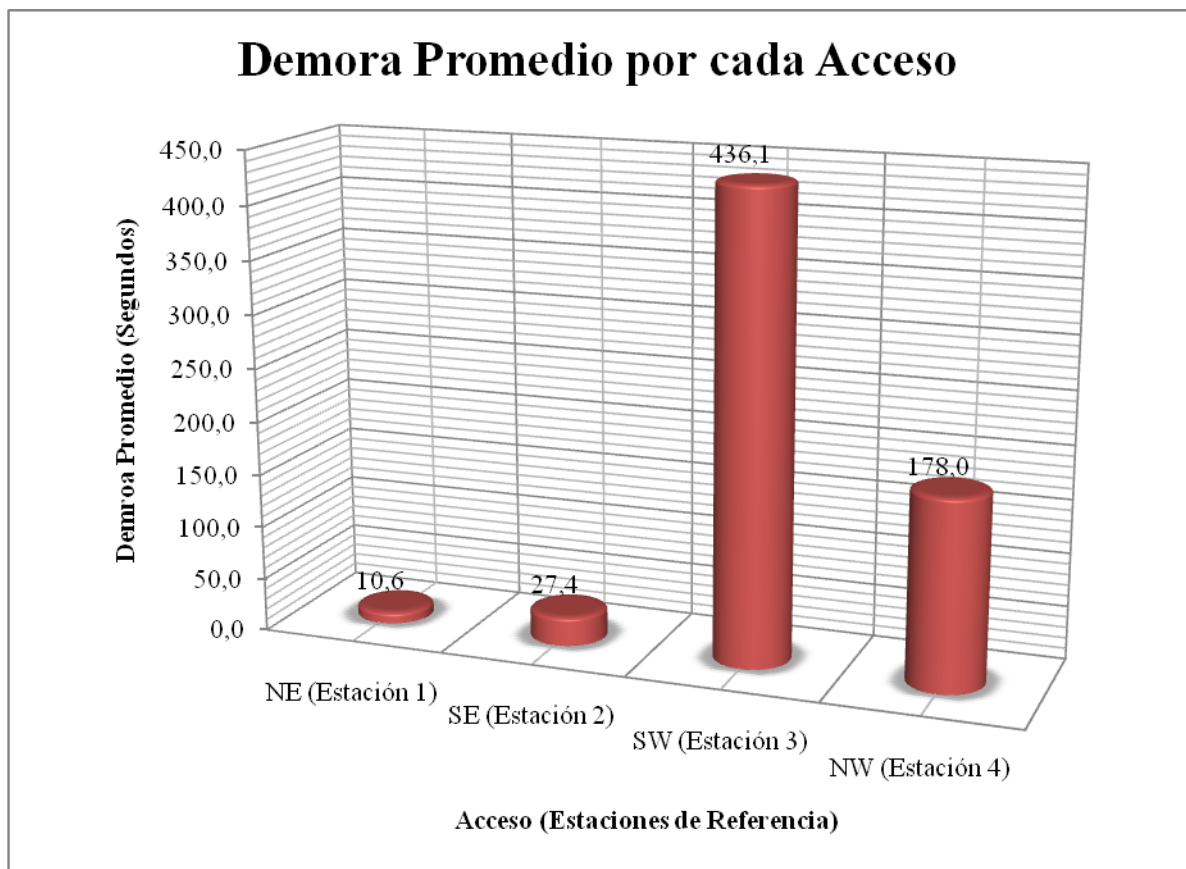


GRÁFICA 9 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 20 AÑOS



| Estación | Acceso | Demora Promedio (Segundos) |
|----------|-----------------|----------------------------|
| 1 | NE (Estación 1) | 10,6 |
| 2 | SE (Estación 2) | 27,4 |
| 3 | SW (Estación 3) | 436,1 |
| 4 | NW (Estación 4) | 178,0 |

TABLA 35 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN A 20 AÑOS



GRÁFICA 10 PROMEDIO DE LAS DEMORAS POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS A 20 AÑOS

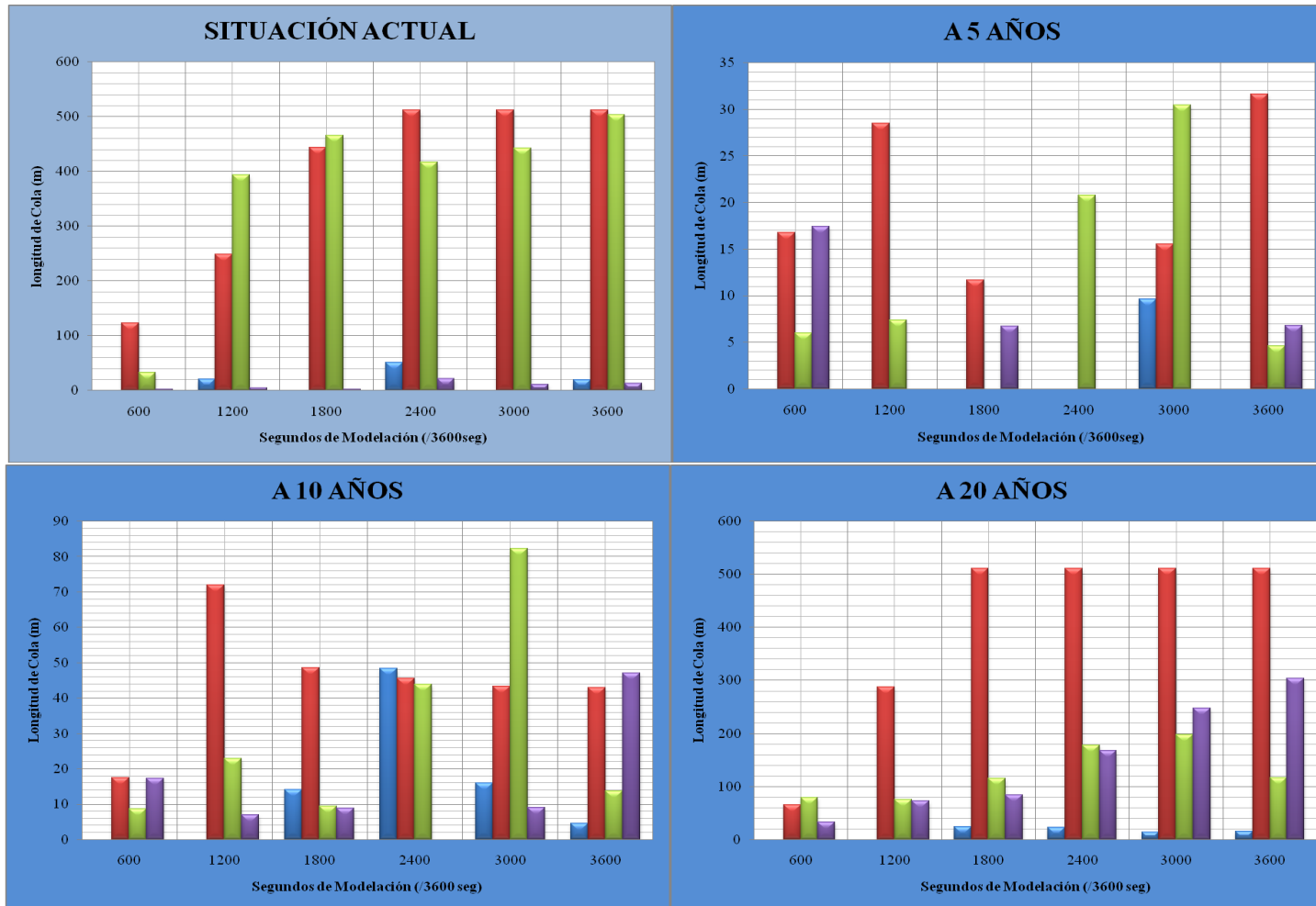


Para la proyección a 20 años, los resultados arrojan valores muy similares a los actuales, colas extremadamente largas y promedio de demoras muy alto. La intersección queda clasificada en 3 de sus 4 accesos con un nivel de servicio F.

Para esta situación, los volúmenes de tráfico actual 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.



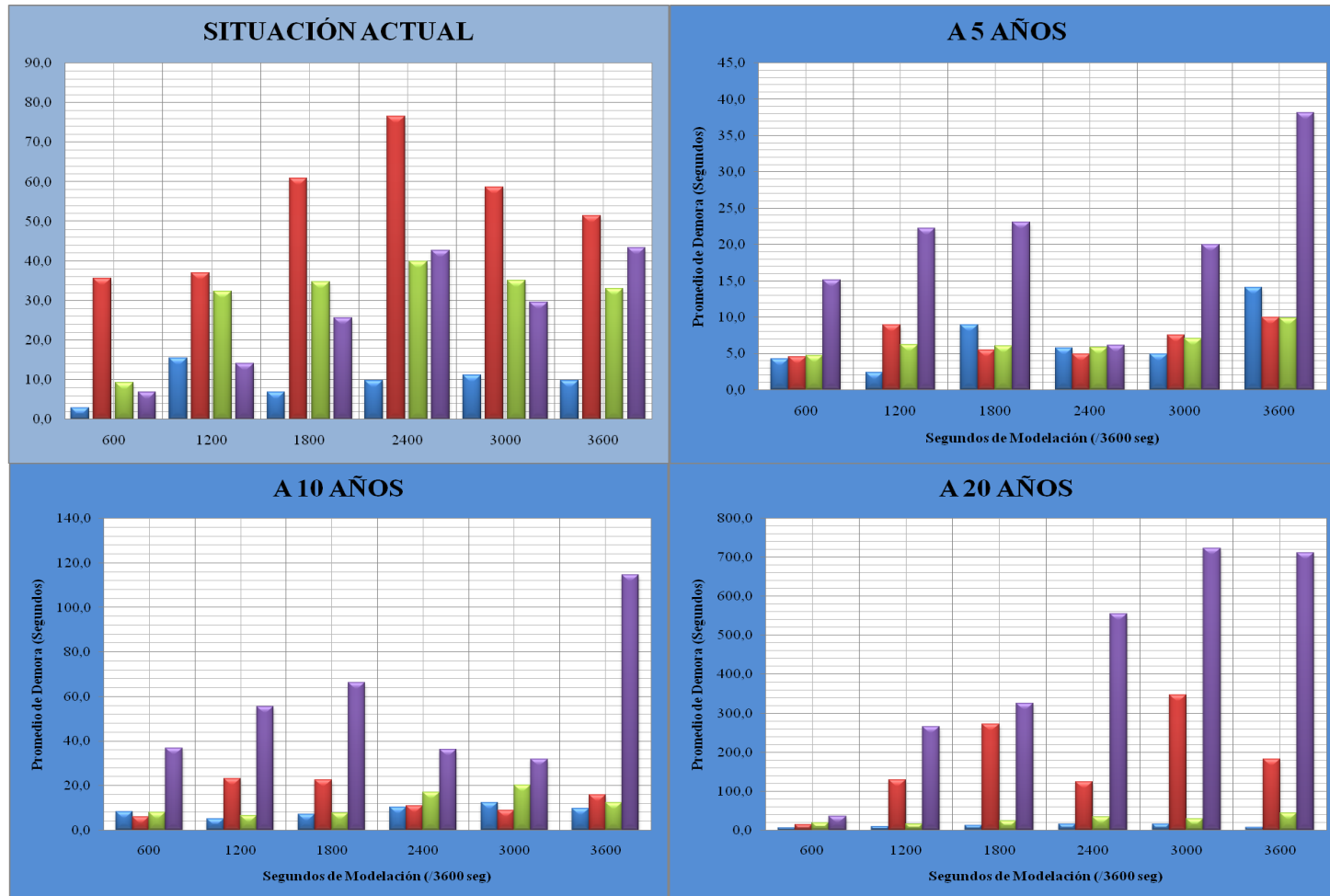
LONGITUD MÁXIMA DE COLAS PARA TODOS LOS ACCESOS A LA INTERSECCION SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS



■ Cola Máxima NE ■ Cola Máxima NW ■ Cola Máxima SE ■ Cola Máxima SW



PROMEDIO DE DEMORAS PARA TODOS LOS ACCESOS A LA INTERSECCION SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS



■ Demora Promedio NE ■ Demora Promedio NW ■ Demora Promedio SE ■ Demora Promedio SW



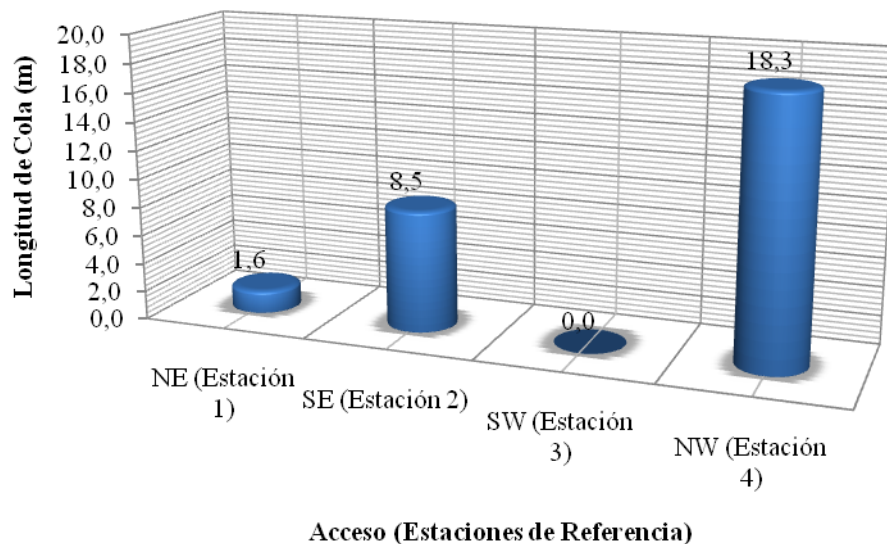
Haciendo un recuento de todos los resultados, uno de los accesos que presenta inconsistencias es el Acceso SW, que corresponde a una de las salidas de Simón Bolívar, se propone hacer una modelación a situación futura de 5, 10 y 20 años de horizonte del proyecto para evaluar si eliminando este acceso, las condiciones de circulación mejoran. La Carrera 100 para el barrio Simón Bolívar queda como una vía unidireccional hacia el SW.

Los resultados para la intersección San José de los campanos, eliminando este acceso fueron los siguientes,

| Estación | Acceso | Máxima Cola |
|----------|-----------------|-------------|
| 1 | NE (Estación 1) | 6,7 |
| 2 | SE (Estación 2) | 6,3 |
| 3 | SW (Estación 3) | 0,0 |
| 4 | NW (Estación 4) | 7,4 |

TABLA 36 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 5 AÑOS ELIMINANDO EL ACCESO SW

Promedio de Longitudes de Cola por cada Acceso



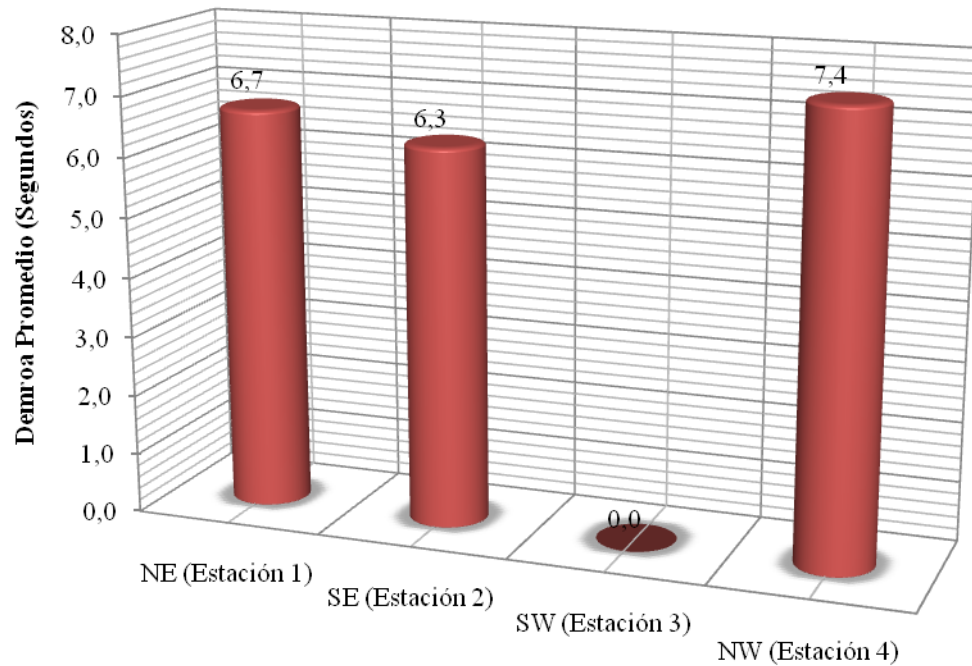
GRÁFICA 11 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 5 AÑOS ELIMINANDO EL ACCESO SW



| Estación | Acceso | Demora Promedio (Segundos) |
|----------|-----------------|----------------------------|
| 1 | NE (Estación 1) | 6,7 |
| 2 | SE (Estación 2) | 6,3 |
| 3 | SW (Estación 3) | 0,0 |
| 4 | NW (Estación 4) | 7,4 |

TABLA 37 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN A 5 AÑOS ELIMNANDO EL ACCESO SW

Demora Promedio por cada Acceso



Acceso (Estaciones de Referencia)

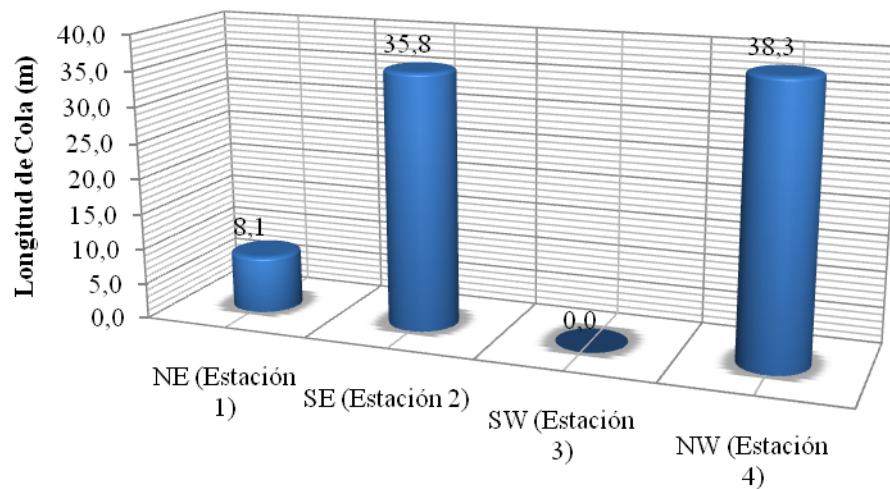
GRÁFICA 12 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN A 5 AÑOS ELIMNANDO EL ACCESO SW



| Estación | Acceso | Máxima Cola |
|-----------------|-----------------|--------------------|
| 1 | NE (Estación 1) | 8,1 |
| 2 | SE (Estación 2) | 35,8 |
| 3 | SW (Estación 3) | 0,0 |
| 4 | NW (Estación 4) | 38,3 |

**TABLA 38 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN
SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 10 AÑOS ELIMINANDO EL
ACCESO SW**

Promedio de Longitudes de Cola por cada Acceso



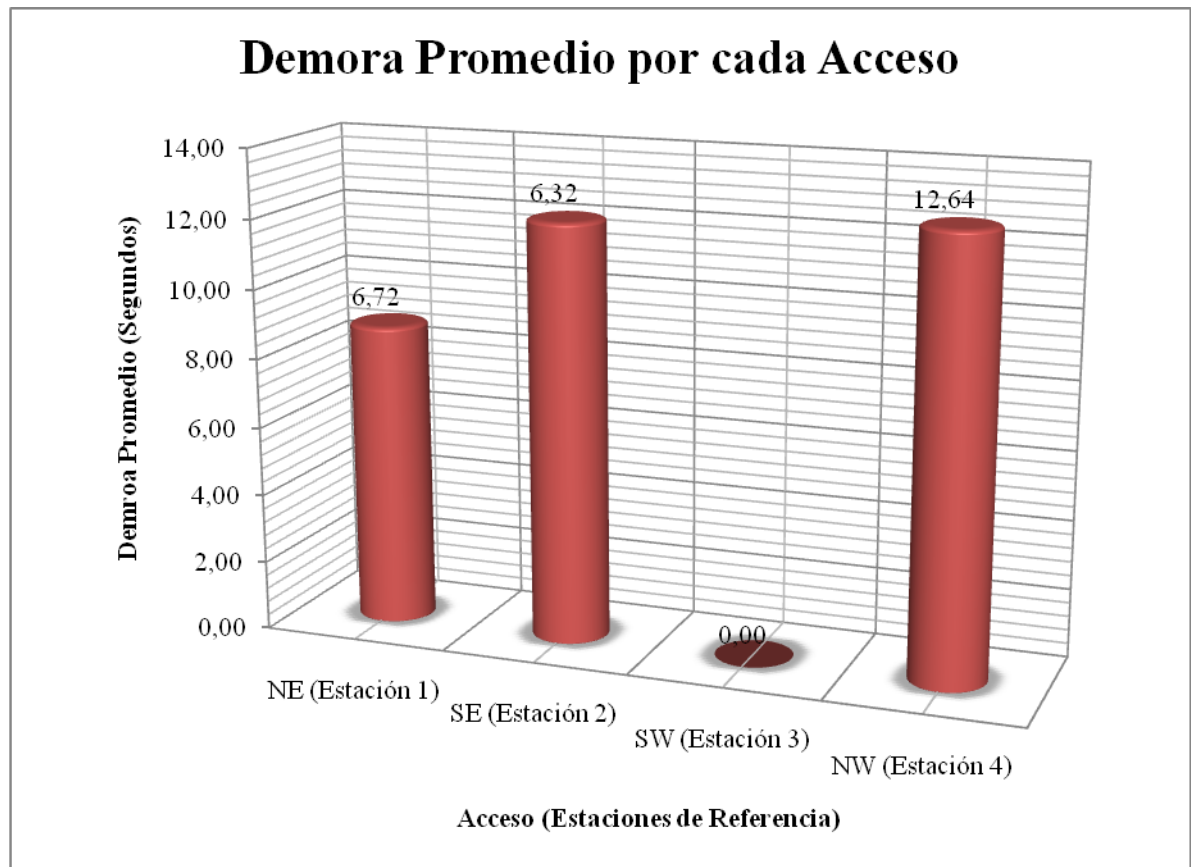
Acceso (Estaciones de Referencia)

**GRÁFICA 13 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN
SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 10 AÑOS ELIMINANDO EL
ACCESO SW**



| Estación | Acceso | Demora Promedio (Segundos) |
|----------|-----------------|----------------------------|
| 1 | NE (Estación 1) | 8,81 |
| 2 | SE (Estación 2) | 12,15 |
| 3 | SW (Estación 3) | 0,00 |
| 4 | NW (Estación 4) | 12,64 |

TABLA 39 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN A 10 AÑOS ELIMNANDO EL ACCESO SW

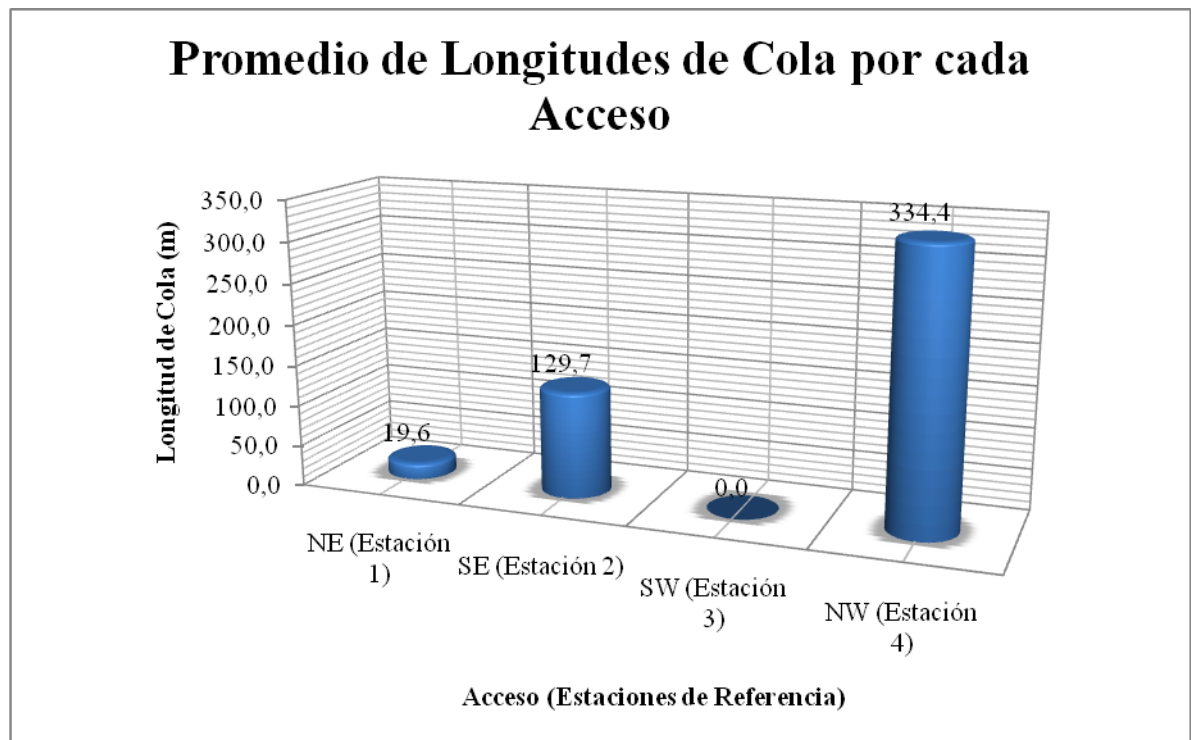


GRÁFICA 14 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN A 10 AÑOS ELIMNANDO EL ACCESO SW



| Estación | Acceso | Máxima Cola |
|----------|-----------------|-------------|
| 1 | NE (Estación 1) | 19,6 |
| 2 | SE (Estación 2) | 129,7 |
| 3 | SW (Estación 3) | 0,0 |
| 4 | NW (Estación 4) | 334,4 |

TABLA 40 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN
SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 20 AÑOS ELIMINANDO EL
ACCESO SW

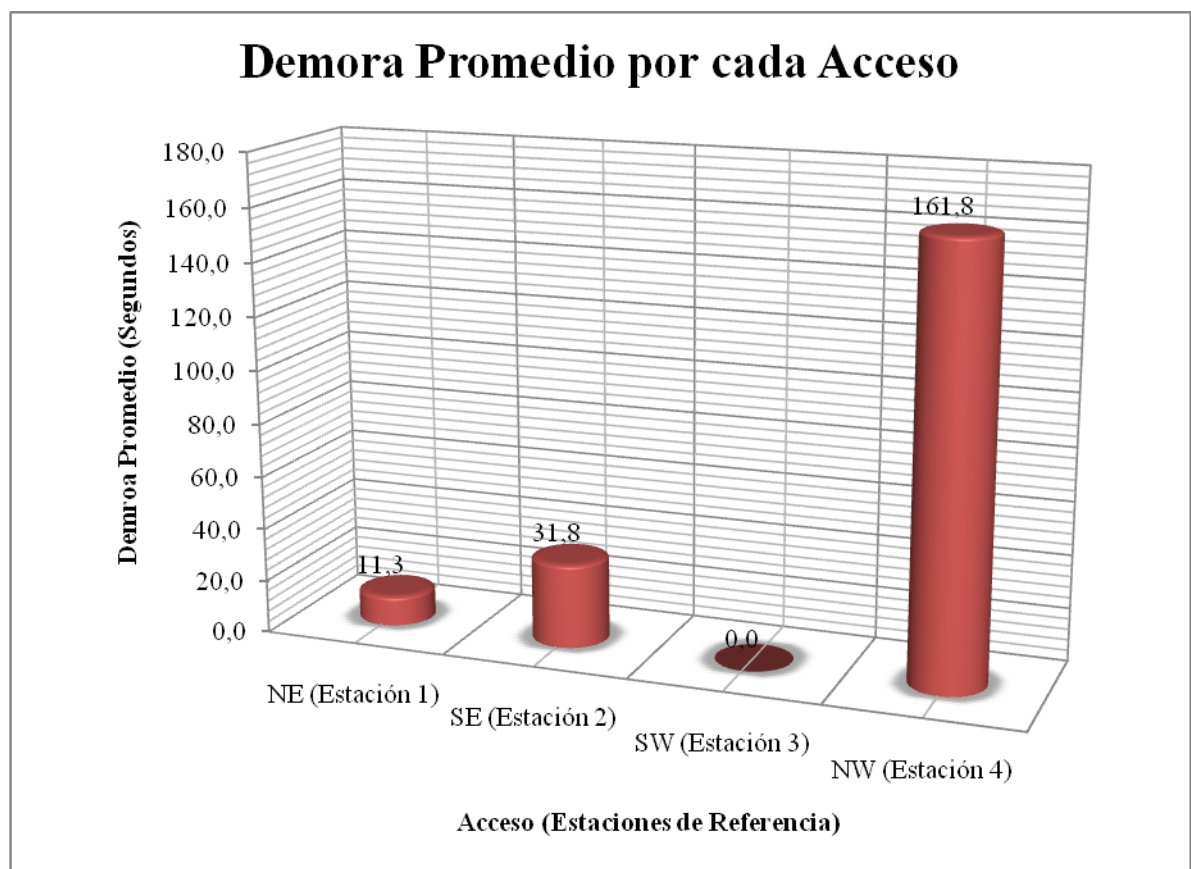


GRÁFICA 15 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN
SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 20 AÑOS ELIMINANDO EL
ACCESO SW



| Estación | Acceso | Demora Promedio (Segundos) |
|-----------------|-----------------|-----------------------------------|
| 1 | NE (Estación 1) | 11,3 |
| 2 | SE (Estación 2) | 31,8 |
| 3 | SW (Estación 3) | 0,0 |
| 4 | NW (Estación 4) | 161,8 |

TABLA 41 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN A 20 AÑOS ELIMINANDO EL ACCESO SW

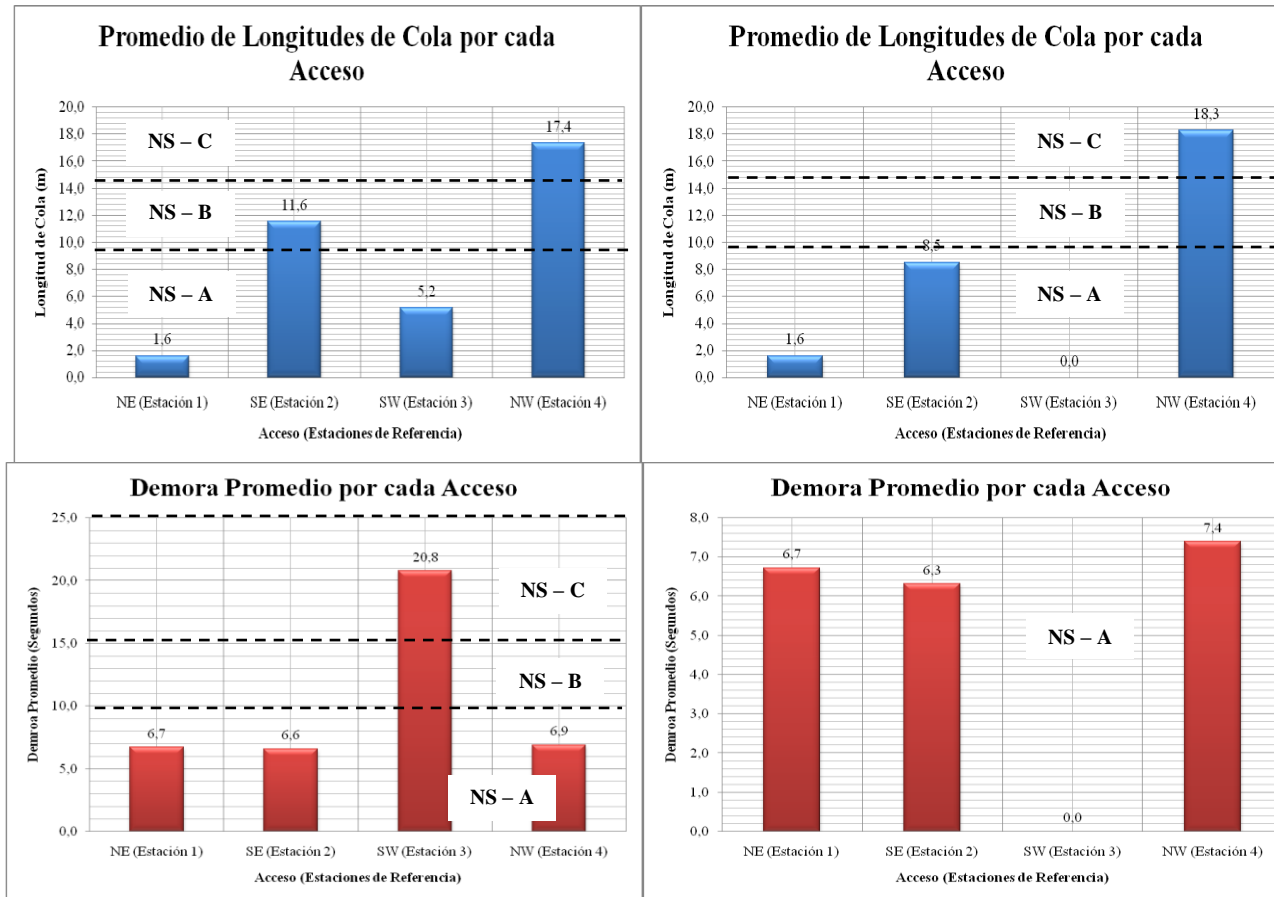


GRÁFICA 16 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN LA MODELACIÓN A 20 AÑOS ELIMINANDO EL ACCESO SW



A 5 AÑOS TODOS LOS ACCESOS

A 5 AÑOS ELIMINANDO ACCESO SW

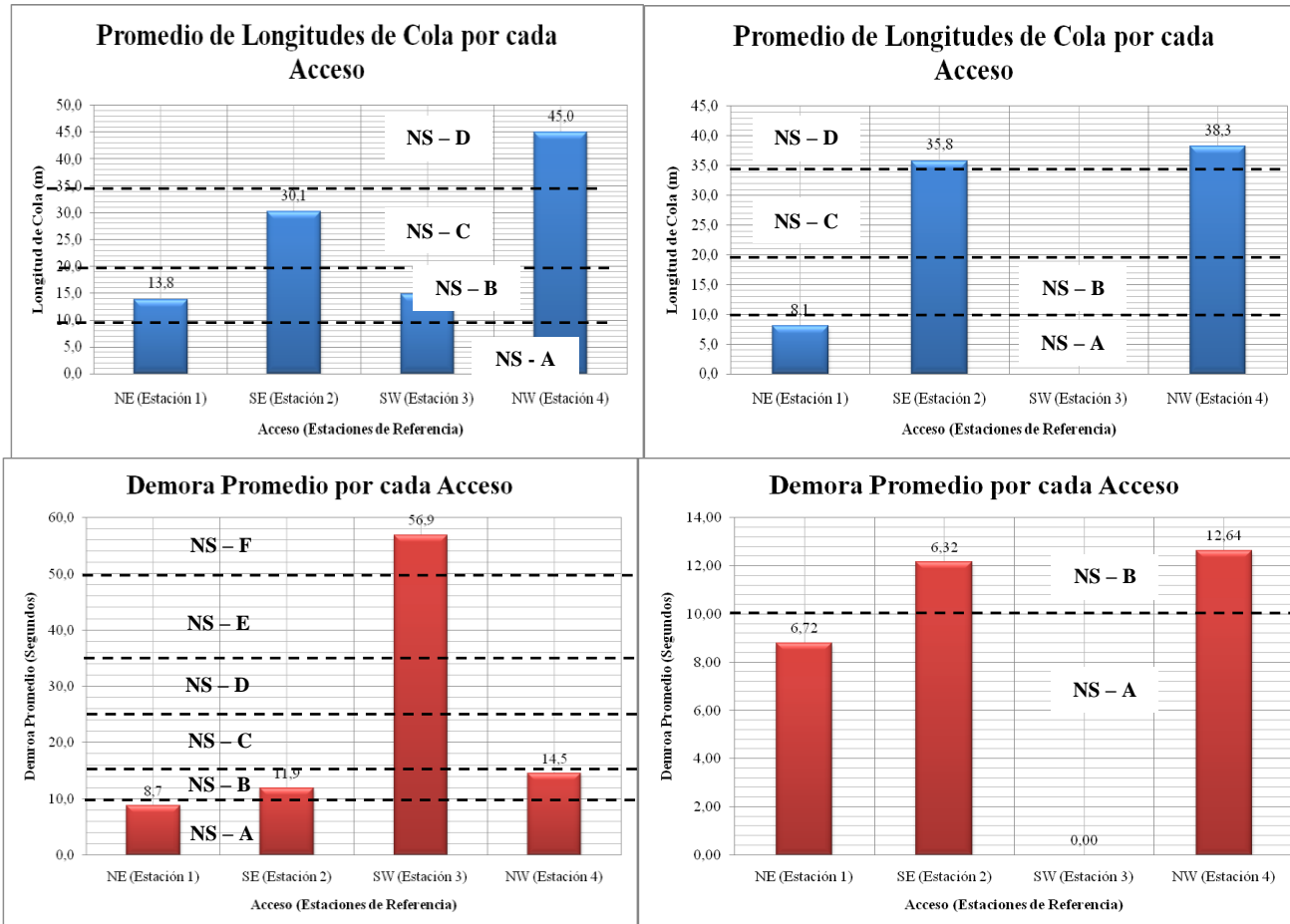


GRÁFICA 17 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO SEGÚN EL PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA Y SEGÚN PROMEDIO DE DEMORAS A 5 AÑOS Y ELIMINANDO EL ACCESO SW



A 10 AÑOS TODOS LOS ACCESOS

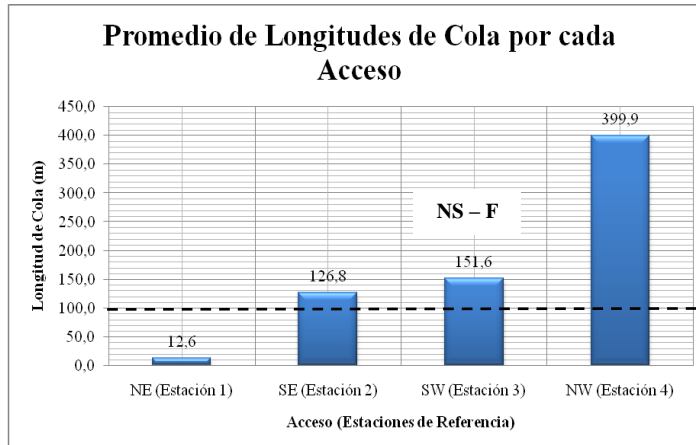
A 10 AÑOS ELIMINANDO ACCESO SW



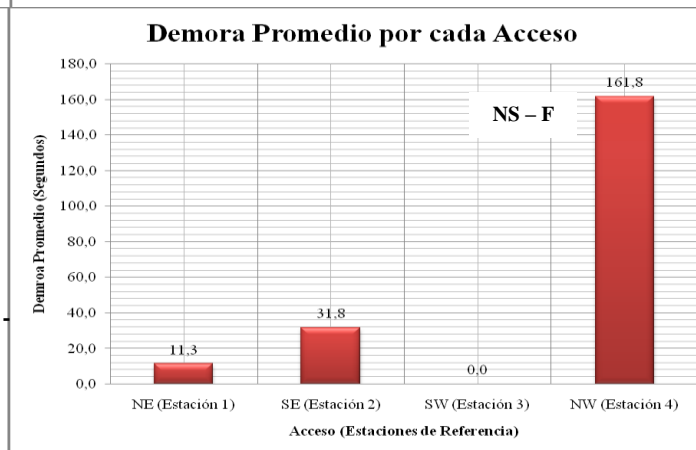
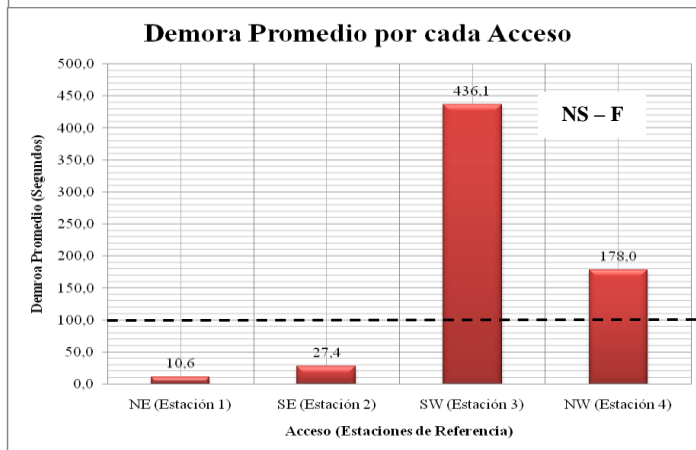
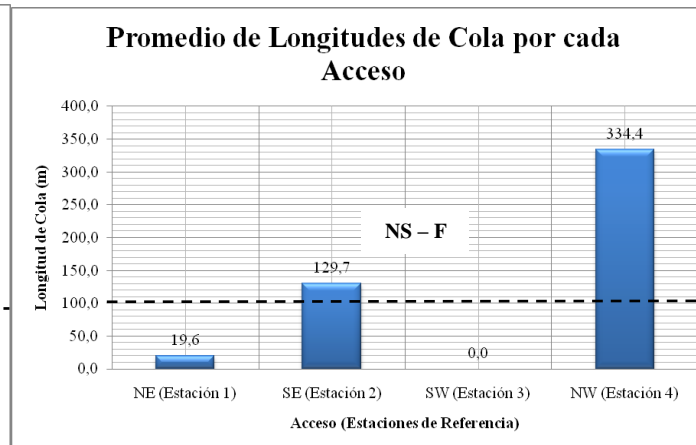
GRÁFICA 18 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO SEGÚN EL PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA Y SEGÚN PROMEDIO DE DEMORAS A 10 AÑOS Y ELIMINANDO EL ACCESO SW



A 20 AÑOS TODOS LOS ACCESOS



A 20 AÑOS ELIMINANDO ACCESO SW



GRÁFICA 19 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO SEGÚN EL PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA Y SEGÚN PROMEDIO DE DEMORAS A 20 AÑOS Y ELIMINANDO EL ACCESO SW



Como medida de control al flujo vehicular y sus movimientos se calcula un grupo de semáforos para la intersección San José de Los Campanos, a continuación se muestran los resultados que arroja el programa SITRAFFIC OFFICE, cuya asistencia, licencia y autorización fue dada por la Central Semafórica de Cartagena.

En la Ilustración 6, se muestran los resultados que arroja el programa, correspondientes a las fases de los semáforos necesarios según los movimientos que se desean controlar. El programa arroja en primera instancia un plan semafórico de 105 segundos. Aún así, en la gráfica se nota que la fase (signalgruppe 5) correspondiente al semáforo que controla el giro izquierdo, es decir, el giro para entrar a San José de Los Campanos desde la Ruta 90 viniendo en el sentido Cartagena – Turbaco, se tiene un tiempo muy bajo, debido a que el programa y cualquier método de cálculo de semáforos hará preferencia de los tiempos verdes a los flujos que manejen mayores volúmenes vehiculares, en el caso de este semáforo hará preferencia al flujo con sentido Turbaco-Cartagena, (signalgruppe 2) el cual hace conflicto con el giro izquierdo mencionado, aumentando el tiempo rojo de este. Además el flujo que sale de San José de Los Campanos por la carrera 100, tiene un flujo mayor que el del giro izquierdo por lo que también se le da prioridad a este (Signalgruppe 4) en el tiempo verde. Sumados estos dos grupos preferentes, la fase del semáforo para el giro izquierdo queda demasiado restringida.

En los resultados de la modelación de este semáforo se observan las grandes colas que el funcionamiento de este generaría en la intersección San José de Los Campanos. Se aclara que el cálculo de la alternativa de los semáforos se realiza con las proyecciones a 5 años, ya que si este no funcionaba o mejoraba la situación no era necesario seguir con la modelación de los años posteriores que traerían flujos con volúmenes más grandes.



*Diseño Preliminar y Modelación de las Intersecciones de los Accesos a los barrios
San José de Los Campanos y la Carolina con la Doble Calzada
Transversal del Caribe (Ruta Nacional 90)*

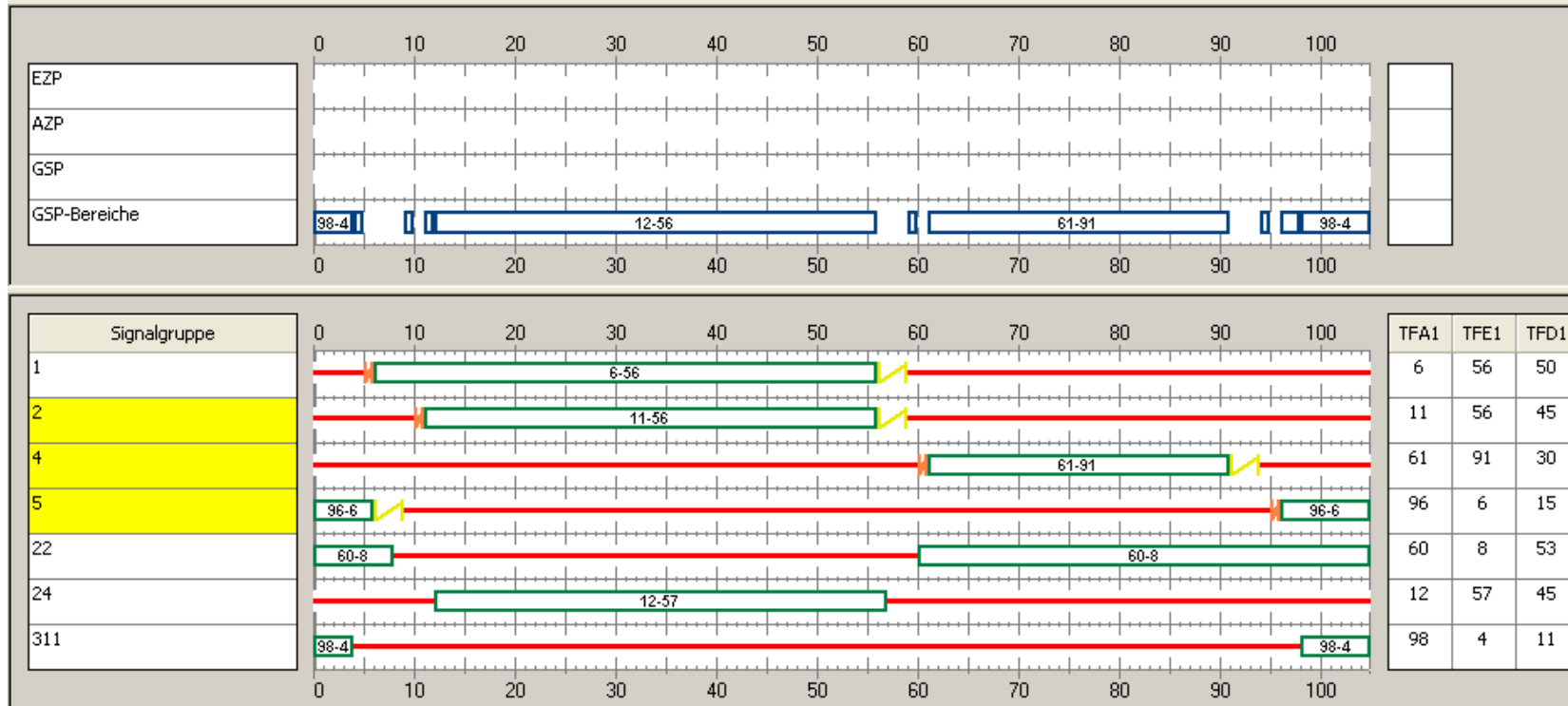
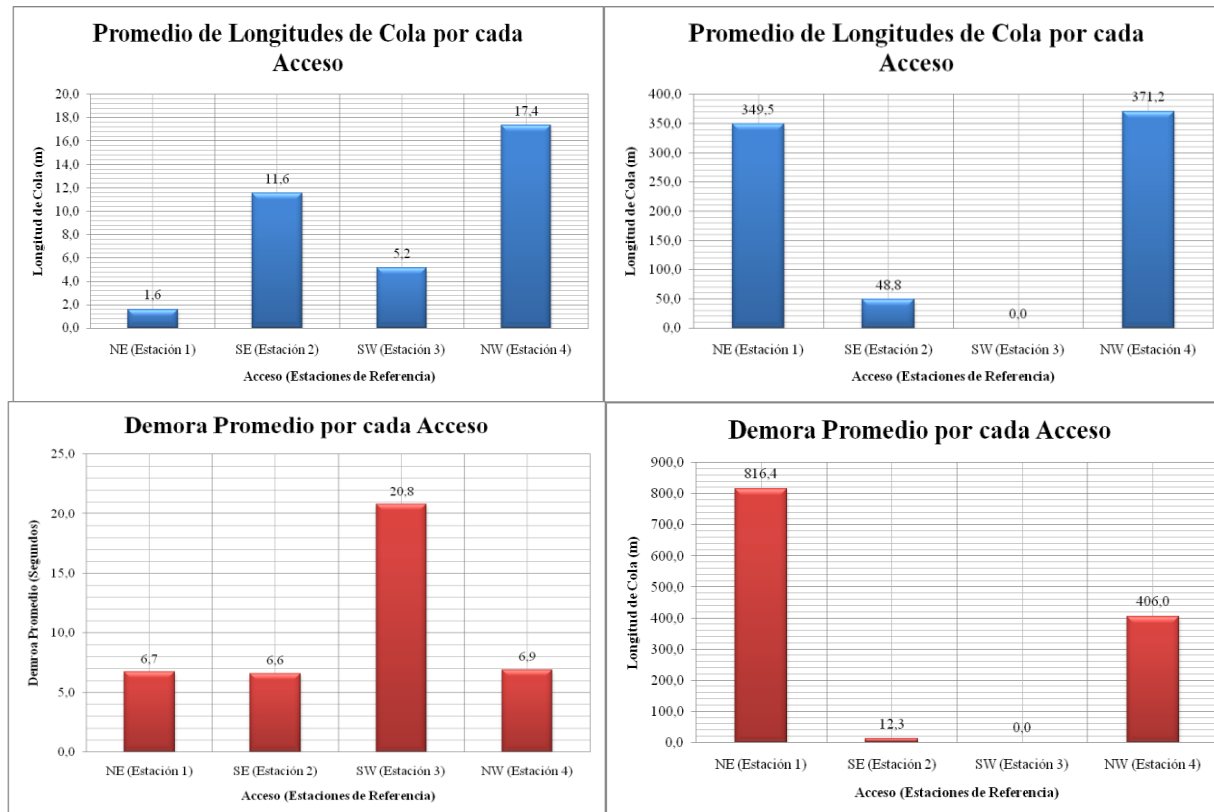


ILUSTRACIÓN 2 PLAN DE HORA PICO PARA LAS FASES DEL SEMÁFORO DE LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS CON LOS FLUJOS PROPUESTOS, GIROS Y CRUCES PERMITIDOS PARA EL CALCULO DE LAS FASES DEL SEMÁFORO



A 5 AÑOS TODOS LOS ACCESOS

A 5 AÑOS ELIMINANDO ACCESO SW Y CON SEMAFORO



GRÁFICA 20 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO SEGÚN EL PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA Y SEGÚN PROMEDIO DE DEMORAS A 5 AÑOS Y ELIMINANDO EL ACCESO SW CON SEMÁFOROS



La anterior comparación muestra que funcionando con el semáforo calculado, la intersección San José de Los Campanos con los volúmenes vehiculares proyectados a 5 años y con la sección geométrica de la doble calzada para esa zona, se generan colas tan grandes como las que se presentan actualmente en este punto.

Se ve afectado el Acceso NW de la intersección ya que este trae el tráfico que hará el giro izquierdo para la entrada a San José de Los Campanos y este, como se explicaba anteriormente, le es asignado un tiempo verde muy bajo que no le permite despejar la afluencia de vehículos que llegan para realizar el giro izquierdo, a pesar de contar con un carril exclusivo para este fin.

Siendo este semáforo insuficiente, según los resultados que arroja VISSIM, se propone como otra alternativa de solución, eliminar o prohibir todos los giros izquierdos de la intersección San José de Los Campanos, esto implica que el diseño de la Doble Calzada en la Intersección San José de Los Campanos considere un separador continuo. Para suplir entonces la necesidad de una maniobra de los vehículos que necesiten ingresar a San José de Los Campanos se debería considerar un retorno hacia el SE de la intersección donde los vehículos puedan ingresar al flujo con sentido Turbaco-Cartagena que brinda la posibilidad de llegar a la esquina de la Ruta 90 con Carrera 100 y poder realizar un giro a la derecha sin generar conflictos de ninguna clase.

El separador también limitaría el cruce de los vehículos que salen de San José de Los Campanos a Simón Bolívar (NE-SW) y los que salen de San José hacia Turbaco (NE-SE) que es un giro izquierdo. Por lo anterior también se debe considerar un retorno hacia el NW con el propósito de que el flujo que salga de San José de Los Campanos pueda ingresar normalmente al flujo SE-NW realizar el retorno, ingresar al flujo NW-SE y en la intersección con la carrera 100, girar a la derecha o seguir en el, ambas opciones sin causar conflicto alguno.



*Diseño Preliminar y Modelación de las Intersecciones de los Accesos a los barrios
San José de Los Campanos y la Carolina con la Doble Calzada
Transversal del Caribe (Ruta Nacional 90)*

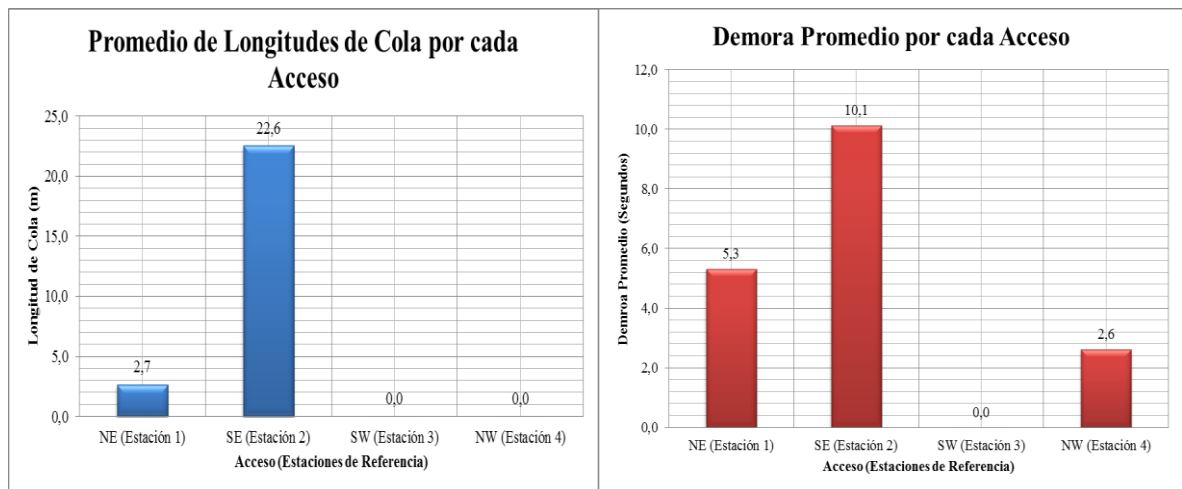


IMAGEN 8 PLAN DE MANEJO DE TRÁFICO DE LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS



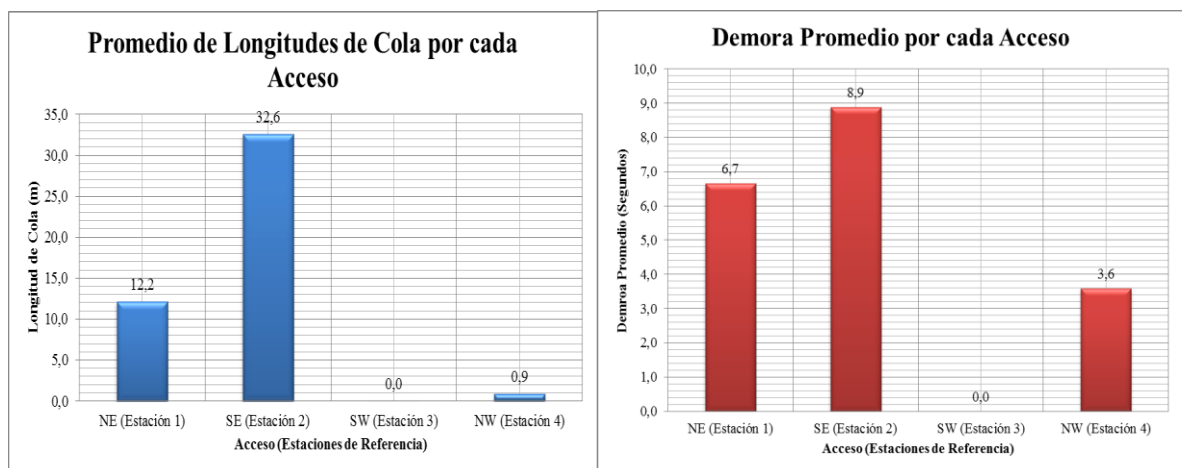
Se propone una Glorieta en el Retorno de la Esquina de la Diagonal 32 con la Ruta 90 y una Gota en el Retorno Planteado en la Bomba Save, haciendo continuo el separador en el Acceso a San José de Los Campanos y con un carril de inclusión-aceleración a la Salida de San José de Los Campanos para el ingreso a la Ruta 90 en el sentido NE-NW. Los resultados de dicha modelación se muestran a continuación:

A 5 AÑOS PLANTEANDO RETORNOS



GRÁFICA 21 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA Y DEMORA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS PLANTEANTDO RETORNO A 5 AÑOS

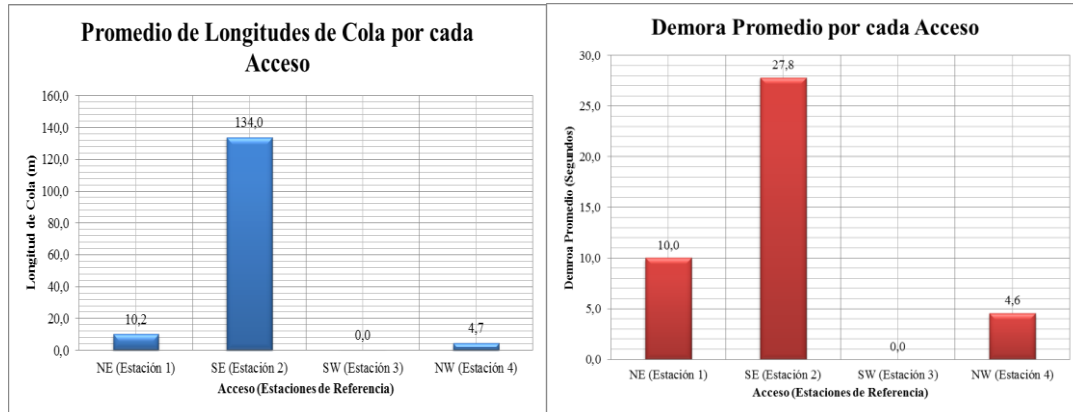
A 10 AÑOS PLANTEANDO RETORNOS



GRÁFICA 22 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA Y DEMORA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS PLANTEANTDO RETORNO A 10 AÑOS



A 20 AÑOS PLANTEANDO RETORNOS



GRÁFICA 23 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA Y DEMORA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS PLANTEANDO RETORNO A 20 AÑOS

Los resultados muestran que los niveles de servicio con el funcionamiento de los elementos geométricos planteados son muy buenos, llegando solo a colas representativas en la proyección a 20 años, aún así se caracterizan por ser colas dinámicas más no estáticas por los promedios de demora que manejan.

Los niveles de servicio característicos a 5 y 10 años son B y C, en todos los accesos, sólo a los 20 años se presentarán colas en el acceso SE debido al giro izquierdo que realizarán los vehículos para entrar a San José de Los Campanos que frenarán un poco el flujo continuo de los otros que seguirán en la vía principal.



6.3.4 Resultados de la modelación para la Situación Actual de la Intersección La Carolina

Los resultados para la Intersección Carolina en su situación actual se muestran en la Tabla 40. En la modelación, el software Vissim® hizo 6 corridas para el corte de los resultados a diferentes intervalos de simulación. Es por ello que la columna de movimientos repite 6 veces cada acceso con sus respectivos movimientos o maniobras (giros o cruces).

La columna de Máximas Colas debe arrojar un aproximado muy cercano a las longitudes de cola que se observaron y limitaron en la toma de información primaria para ambas intersecciones.

En la intersección La Carolina, las longitudes de cola, tomando como base los límites referenciales que se mostraron en planta en la Imagen 5, en unidades métricas, aproximadamente son:

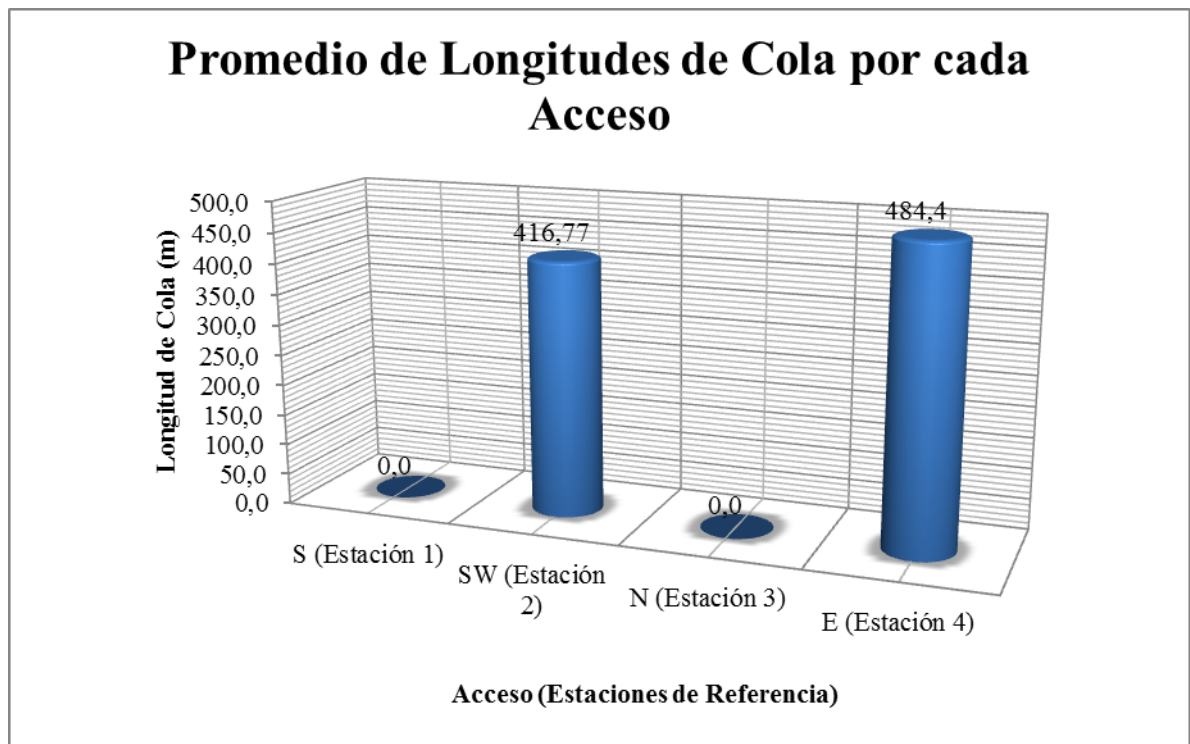
| Estación | Acceso | Longitud de Cola Real (m) |
|-----------------|---------------|----------------------------------|
| 1 | S | No presenta colas |
| 2 | SW | 401 |
| 3 | N | No presenta colas |
| 4 | E | 467 |

TABLA 42 LONGITUDES DE COLA QUE SE PRESENTAN EN LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN SU SITUACIÓN ACTUAL



| Estación | Acceso | Promedio de Máximas Colas (m) |
|----------|--------|-------------------------------|
| 1 | S | 0 |
| 2 | SW | 416,77 |
| 3 | N | 0 |
| 4 | E | 484,4 |

TABLA 43 PROMEDIOS DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS DE LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

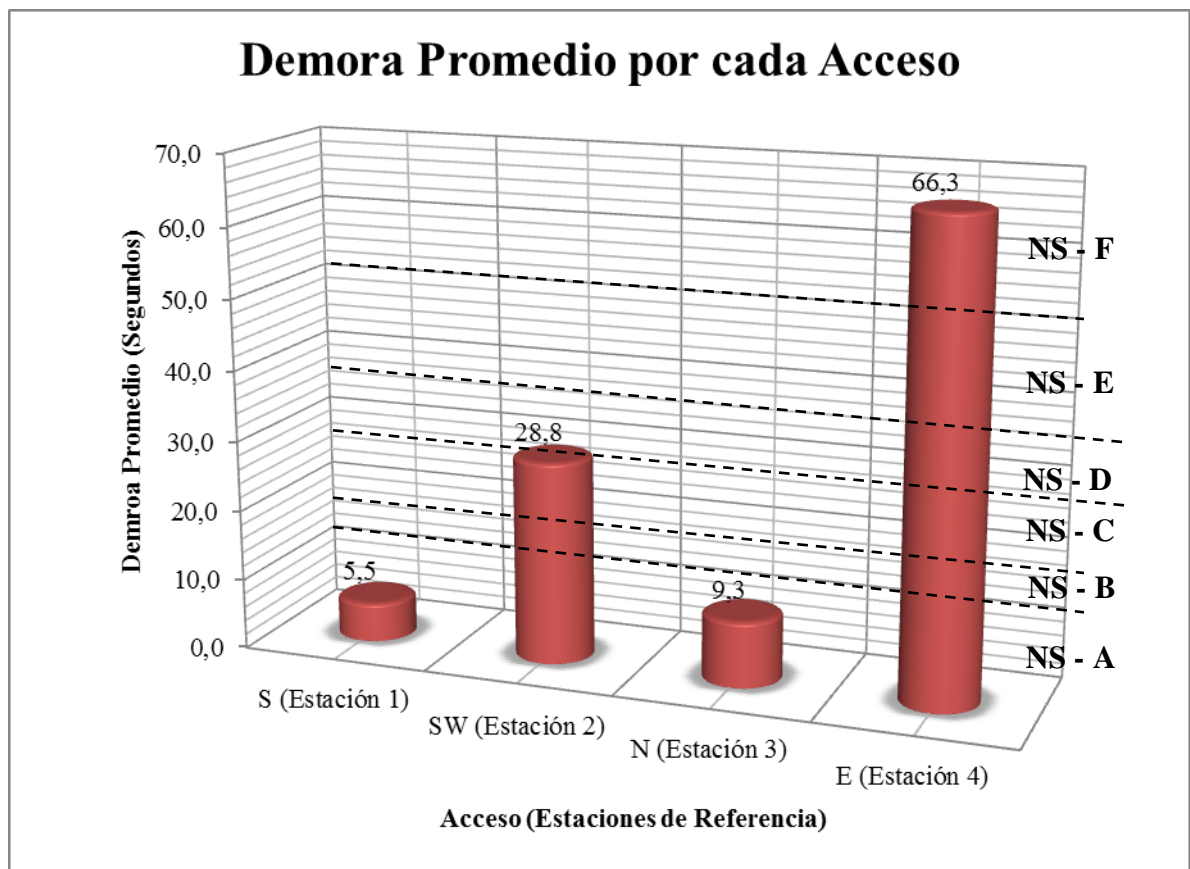


GRÁFICA 24 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN SU SITUACIÓN ACTUAL



| Estación | Acceso | Demora Promedio (Segundos) |
|----------|--------|----------------------------|
| 1 | S | 5,5 |
| 2 | SW | 28,8 |
| 3 | N | 9,3 |
| 4 | E | 66,3 |

TABLA 44 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL



GRÁFICA 25 PROMEDIO DE LAS DEMORAS POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN SU SITUACIÓN ACTUAL



Para afirmar que la modelación corresponde a una simulación válida de la situación actual, los resultados que arrojados por el programa deben coincidir con la información que se toma como primaria, en este caso, un parámetro que se debe comparar es la longitud de las colas; en cada acceso se midieron las máximas colas en los períodos picos, y se tabularon en la Tabla 41, los promedios de las máximas colas en la hora de simulación para cada acceso se resumen y muestra en la Tabla 42. Comparando este parámetro se tiene la siguiente comparación:

| Acceso | Longitud de Cola Real (m) | Promedio Longitud de Cola Modelación (m) | Error |
|---------------|----------------------------------|---|--------------|
| S | 0 | 0 | 0 |
| SW | 401 | 416,77 | 4% |
| N | 0 | 0 | 0 |
| E | 467 | 484,4 | 4% |

TABLA 45 COMPARACIÓN DE LAS LONGITUDES DE COLA REALES Y LAS LONGITUDES PROMEDIOS DE LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA

La columna de error muestra que los resultados de la simulación, si bien no son exactamente los mismos de la situación actual, son resultados que se encuentran en un rango aceptable recalando la característica estocástica del flujo vehicular y que los resultados corresponden a un promedio de varias corridas en la hora de simulación.

Se puede observar que de los cuatro accesos a la intersección La Carolina, los dos accesos que corresponden a los flujos de la vía principal Transversal 53-54(Ruta 90), Acceso SW – Acceso E, presentan colas demasiado grandes, casi de medio kilometro, mientras que en los otros dos accesos, Acceso N y Acceso S, la salida de Villa Estrella y la Salida de la Carolina, son flujos muy bajos que no forman colas.



Comparando estos valores con la gráfica de niveles de servicio que establece la HCM para intersecciones señalizadas basados en las longitudes de cola, tenemos que los accesos con mayores colas, Acceso SW-Acceso E, quedan clasificados en el Nivel F, este es caracterizado por largas y densas colas, circulación intermitente mediante paradas y arrancadas sucesivas es decir una circulación forzada.

Los Accesos N y S, presentan un nivel de servicio A que es caracterizado por un flujo libre.

Por otro lado, los niveles de servicio definidos por las demoras, se muestran en la Grafica 22: el Acceso N y S tienen tiempos muy bajos lo que clasifica en un Nivel de Servicio A, los Accesos SW manejan tiempos medios-altos, y según la gráfica se clasifica en el Nivel de Servicio D, finalmente el Acceso E es el que presenta actualmente las demoras más altas lo que lo enmarca en un Nivel de Servicio F.

Al comparar ambas clasificaciones, según longitudes de cola y según demoras, vemos que cada acceso mantiene una clasificación común o similar para ambos parámetros de medición.

| ESTACIÓN | ACCESO | NIVEL DE SERVICIO - LONGITUD DE COLA | NIVEL DE SERVICIO - DEMORA |
|-----------------|---------------|---|---------------------------------------|
| 1 | S | A | A |
| 2 | SW | F | D |
| 3 | N | A | A |
| 4 | E | F | F |

TABLA 46 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE SERVICIO SEGÚN LONGITUDES DE COLA Y DEMORA EN LA SITUACIÓN ACTUAL

La tabla anterior muestra que los niveles de servicio para ambas clasificaciones son los mismos. En esta intersección, los accesos N y S se caracterizan por flujos libres, describiendo un nivel de servicio A, además de no presentar colas y a diferencia del acceso SW de San José de Los Campanos que era Nivel de Servicio A, según su longitud de cola



pero nivel de servicio F según la demora, estos dos accesos demuestran que a pesar de tener una vía bastante congestionada a la que entrar (Ruta 90) es más fácil la maniobra de ingresar a los flujos mayores y se ve reflejado en que los niveles de servicio en cuanto a demoras también clasifican estas salidas, en accesos de nivel A.

En cuanto a los niveles de servicio de los Accesos SW y E, según las demoras, son correspondientes también con la clasificación según sus colas, son niveles de servicio D y F, respectivamente lo que finalmente ratifica la congestión presentada en esta vía.

6.3.5 Modelación de la situación futura de la Intersección La Carolina

La modelación del tráfico a futuro, se hizo a 5, 10 y 20 años, para esto se realizó la proyección de los flujos actuales. Para estos años horizontes, a los cuales se hará la evaluación del funcionamiento de la intersección, las rutas de transporte público que actualmente funcionan serán reemplazadas por el Sistema de Transporte Masivo Transcaribe. Se estudiaron y discriminaron las rutas de transporte proyectadas para este sistema, a continuación se muestra el derrotero de rutas encontradas que pasaran por la intersección La Carolina:

6.3.5.1 Derroteros de las rutas del sistema integrado de transporte

6.3.5.1.1 Rutas Auxiliares

| No | Ruta | Long. (Km.) | Veh. Tipo |
|-----------|---|--------------------|------------------|
| X102p | Portal-España-Centro | 21.35 | Padrón |
| x103p | Ciudadela 2000-Crisanto Luque-B/grande | 33.09 | Padrón |
| x104p | Socorro-Centro | 27.37 | Padrón |
| x101p | Terminal intermunicipal - Pedro Romero - Centro | 23.89 | Padrón |
| X105p | Portal-13 de Junio-Gaviotas-Centro | | Padrón |

TABLA 47 RUTAS AUXILIARES PROYECTADAS PARA TRANSCARIBE



| X101p Terminal intermunicipal-Pedro Romero-Centro | Derrotero |
|--|---|
| | <p>IDA: Terminal intermunicipal-carretera la cordialidad-Antigua cordialidad-Av. Pedro Romero- Av. Pedro de Heredia – Av. Venezuela – Av. Blas de Lezo – Monumento Santander.</p> <p>REGRESO: Monumento Santander-Av. Blas de Lezo-Av. Venezuela- Av. Pedro de Heredia-Av. Pedro Romero – Antigua Cordialidad-Carretera La Cordialidad – Terminal intermunicipal.</p> |

TABLA 48 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA X101P TERMINAL INTERMUNICIPAL-PEDRO ROMERO-CENTRO

6.3.5.1.2 Rutas alimentadoras

| No | Ruta | Long. (Km.) | Veh. Tipo |
|-----------|--|--------------------|------------------|
| a101p | Pozón-Portal | 8.0 | Convencional |
| a102p | Variante- Portal | 10.24 | Bus |
| a103p | San José de los Campanos- Portal | 8.99 | Bus |
| a104p | Universidad Tecnológica- Portal | 9.38 | Bus |
| a105p | Bayao - Simón Bolívar-Amparo | 9.79 | Bus |
| a106p | Mandela- Amparo | 9.98 | Bus |
| a107p | Universidad Tecnológica – Socorro-Portal | 13.64 | Bus |
| a108p | Fredonia-Portal | 3.82 | Bus |
| a109p | Blas de Lezo- Amparo | 10.23 | Bus |
| a110p | Campestre- Amparo | 8.13 | Bus |
| a111c | Portal-Comfenalco | 17.6 | Bus |

TABLA 49 RUTAS ALIMENTADORAS PROYECTADAS PARA TRANSCRIBIR



| a102p Variante-Portal | Derrotero |
|------------------------------|--|
| | <p>IDA: Variante Cartagena (bosques de la circunvalar) -Carretera Cordialidad-Portal</p> <p>REGRESO: Portal- Carretera Cordialidad-Variante Cartagena (bosques de la circunvalar).</p> |

TABLA 50 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA A102P VARIANTE-PORTAL

6.3.5.1.3 Rutas sub-urbanas

| No | Ruta | Tipo | Veh Tipo |
|-------|--------------------|-----------|----------|
| s101p | LaPaz-Amparo | Corriente | Bus |
| s102p | Arjona-Amparo | Corriente | Bus |
| s103p | Bayunca-Amparo | Corriente | Bus |
| s104p | Turbana-Amparo | Corriente | Bus |
| s105p | Turbaco-Amparo | Corriente | Bus |
| s106p | Villanueva-Amparo | Corriente | Bus |
| s107p | Santa Rosa -Amparo | Corriente | Bus |

TABLA 51 RUTAS SUBURBANAS PROYECTADAS PARA TRANSCRIBIR

| s101p La Paz | Derrotero |
|---------------------|---|
| | <p>IDA: Bayunca – Carretera La Cordialidad – Transversal 54 – Terminal Amparo</p> <p>REGRESO: Terminal Amparo – Transversal 54 – Carretera La Cordialidad – Bayunca</p> |

TABLA 52 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA S101P LA PAZ



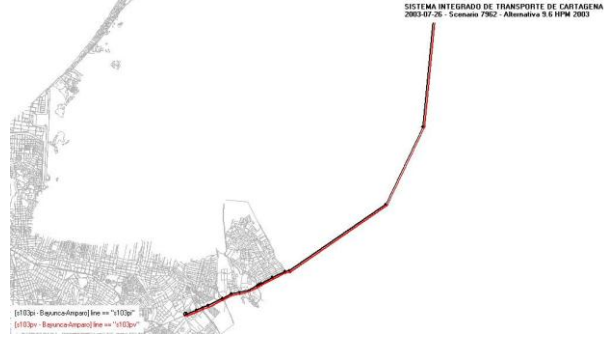
| s103p Bayunca | Derrotero |
|--|---|
|  <p><small>SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE DE CARTAGENA 2003-07-26 - Scenario 7502 - Alternativa 5.5 IPM 2003</small></p> | <p>IDA: Bayunca – Carretera La Cordialidad – Transversal 54 – Terminal Amparo</p> <p>REGRESO: Terminal Amparo – Transversal 54 – Carretera La Cordialidad – Bayunca</p> |

TABLA 53 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA S103P BAYUNCA

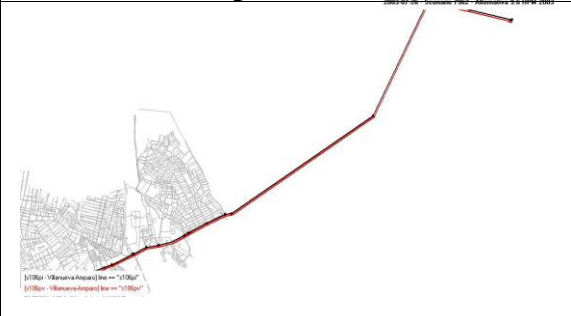
| s106p Villanueva | Derrotero |
|---|--|
|  <p><small>SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE DE CARTAGENA 2003-07-26 - Scenario 7502 - Alternativa 5.5 IPM 2003</small></p> | <p>IDA: Villanueva–Carretera La Cordialidad –Transversal 54-Terminal Amparo</p> <p>REGRESO: Terminal Amparo – Transversal 54–Troncal de Occidente – Villanueva</p> |

TABLA 54 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA S106P VILLANUEVA

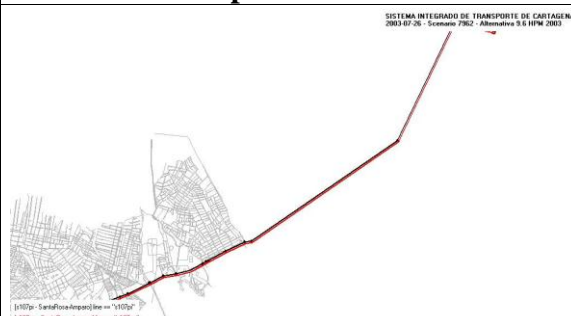
| s107p Santa Rosa | Derrotero |
|--|---|
|  <p><small>SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE DE CARTAGENA 2003-07-26 - Scenario 7502 - Alternativa 5.5 IPM 2003</small></p> | <p>IDA: Santa Rosa – Carretera La Cordialidad – Transversal 54 - Terminal Amparo</p> <p>REGRESO: Terminal Amparo – Transversal 54 – Carretera La Cordialidad – Santa Rosa</p> |

TABLA 55 DESCRIPCIÓN DE LA RUTA S107P SANTA ROSA

Para los años horizontes a evaluar, en esta intersección ya debería estar culminada la ampliación de la ruta 90 a doble calzada, lo que cambiará las actuales especificaciones y parámetros de funcionamiento.



Desde la geometría, los volúmenes vehiculares y su composición, así como su comportamiento, cambian en comparación a la situación actual antes analizada.

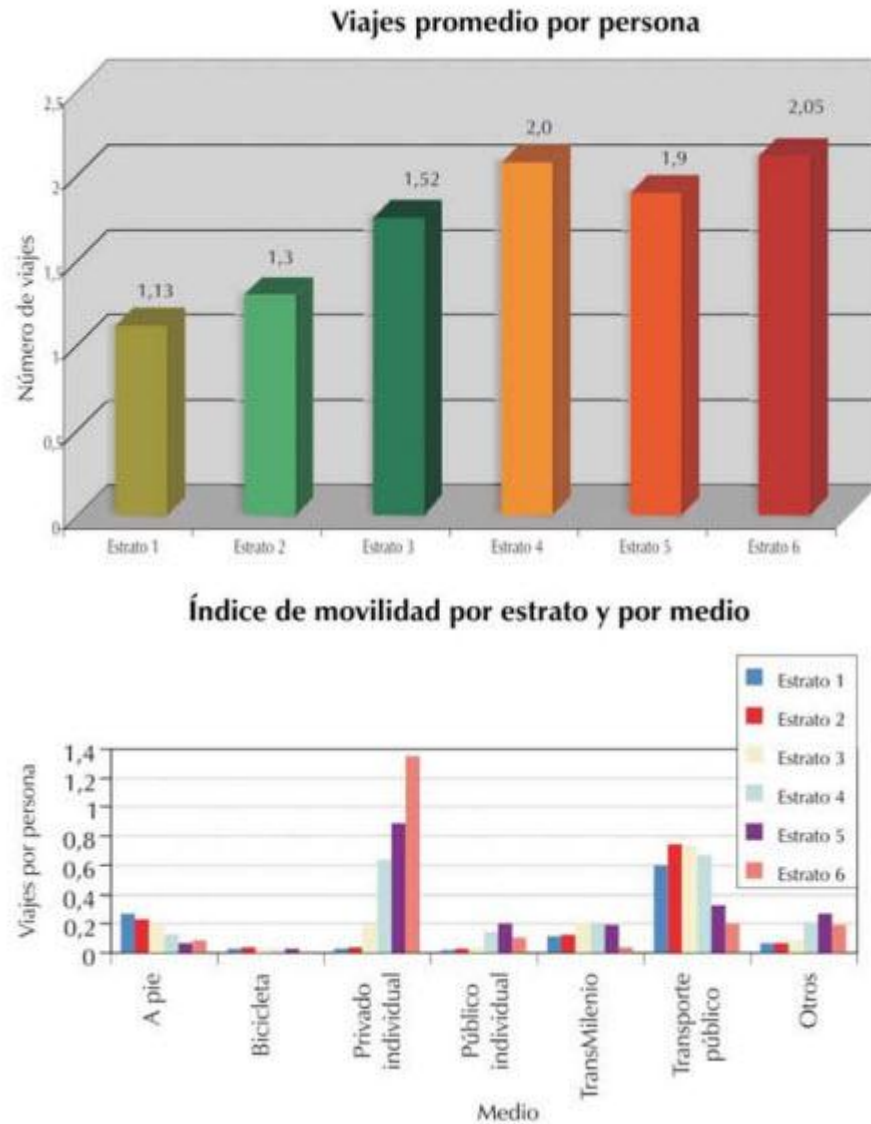
Para esta zona, se debe tener un tratamiento especial debido a que es una zona destinada para Suelo de Expansión Urbana, por lo anterior los viajes serán producto del tipo de proyecto que se desarrolle. Es por esto que las proyecciones del flujo de tráfico actual no son correctas y debe hacerse un estudio de generación de viajes en la zona con el fin de ser más realistas y precisos. Para fines académicos, se asume que en el terreno actual de La Carolina se establecerá un proyecto semejante a Ciudad Bicentenario, con un número actual de 1200 soluciones de vivienda. Tomamos como base la Tabla de Generación de la HCM 2004, que establece el número de viajes por uso de suelo en las horas pico y un total diario

| Uso del suelo | Unidad | Diaria | Hora Pico AM | Hora Pico PM |
|--------------------------|-------------------|--------|--------------|--------------|
| Residencial casas | Vivienda | 10 | 0,8 | 1 |
| Residencial apartamentos | Vivienda | 7 | 0,5 | 0,6 |
| Comercial | 100m ² | 4,3 | 1 | 3,7 |
| Oficinas | 100m ² | 11 | 1,6 | 1,5 |
| Industrial | 100m ² | 7 | 0,9 | 1 |

TABLA 56 TASAS DE GENERACIÓN DE VIAJES HCM 2004
Fuente: Elaboración propia

Según lo anterior en zona residencial compuesta de tipo casas, en la hora pico PM se genera por lo menos 1 viaje, es decir, en nuestro caso si tenemos 1200 viviendas serían 1200 viajes en hora pico. Aun así, por la procedencia de esta tabla, correspondiente a estudios norteamericanos, y la ausencia de estratos que discriminen el factor de generación, no es recomendable tomar este valor como verdadero.

En un estudio realizado por la Cámara de comercio de Bogotá sobre La Demanda de Transporte en Bogotá, se obtuvieron los siguientes resultados:



GRÁFICA 26 RESULTADOS DEL ESTUDIO “DEMANDA DE TRANSPORTE EN BOGOTÁ
FUENTE: CAMARA DE COMERCIO BOGOTÁ

De las anteriores gráficas se puede concluir que si bien la tasa de generación de viajes del estrato 1 y 2 sigue siendo un valor en un rango de 1.13 y 1.3, el medio empleado no describe un transporte privado individual que aportaría vehículos a los flujos salientes por este acceso de la intersección estudiada; los medios más utilizados para estos estratos son “A pie”, “El Sistema de Transporte Masivo TransMilenio” y en un alto valor el “Transporte Público”. Por lo anterior, si en La Carolina se construyera un gran número de soluciones de vivienda la generación de viajes aportaría pasajeros al Transporte público y al Sistema de

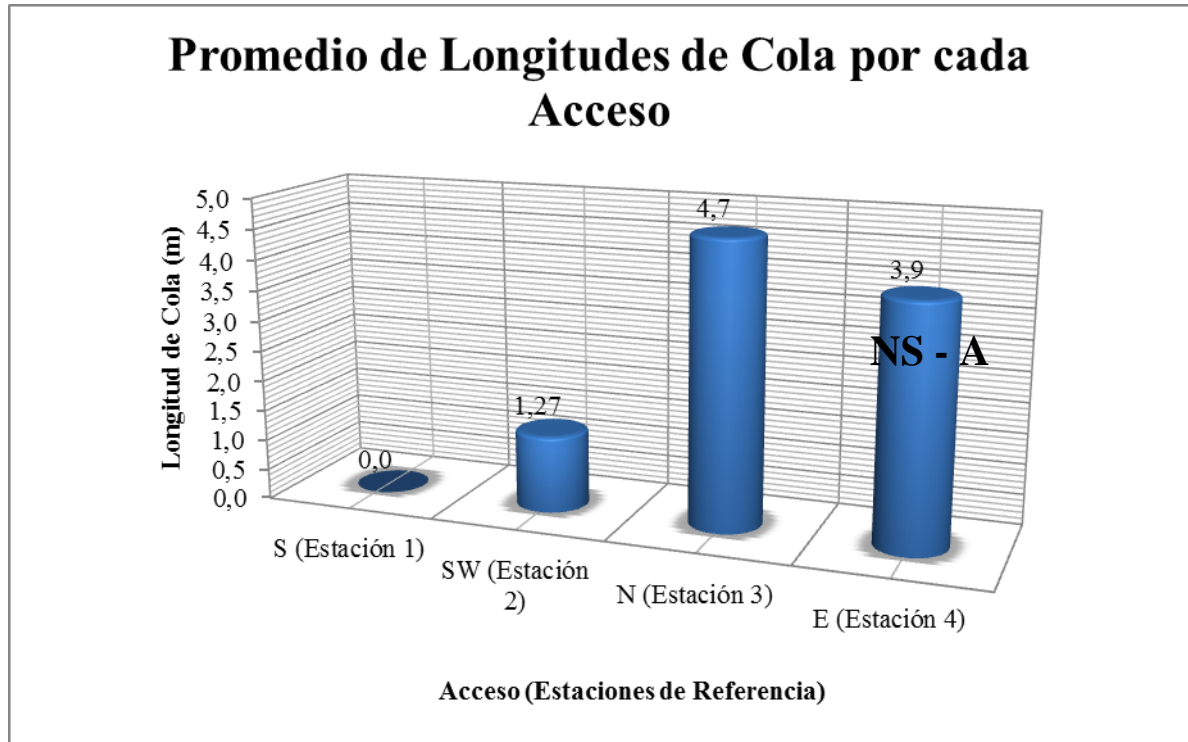


Transporte Masivo, Transcaribe, que empezará a funcionar en los próximos años. No es recomendable por lo tanto asumir que de la comparación con las 1200 viviendas de Bicentenario se generaran 1200 viajes en transporte privado, la distribución actual de los aforos de la zona muestran porcentajes mínimos de transporte privado y un alto porcentaje de viajes en motocicleta, la generación de los viajes en esta zona de expansión urbana debe estudiarse paralelamente a la materialización de los proyectos que se tienen destinados para ella. Finalmente, respondiendo solo a fines académicos, se proyectaron los flujos actuales, manteniendo la distribución de los modos de transporte y los porcentajes de cruces y giros, aceptando que estos estudios de generación merecen un tratamiento especial y metodologías que correspondan a la cronología del crecimiento.

Los resultados del funcionamiento de la intersección La Carolina, con la proyección del tráfico a 5 años, las nuevas rutas de transporte público y con las especificaciones de la doble calzada de la Ruta 90 para este punto, fueron los siguientes,

| Estación | Acceso | Máxima Cola |
|-----------------|-----------------|--------------------|
| 1 | S (Estación 1) | 0 |
| 2 | SW (Estación 2) | 1,27 |
| 3 | N (Estación 3) | 4,7 |
| 4 | E (Estación 4) | 3,9 |

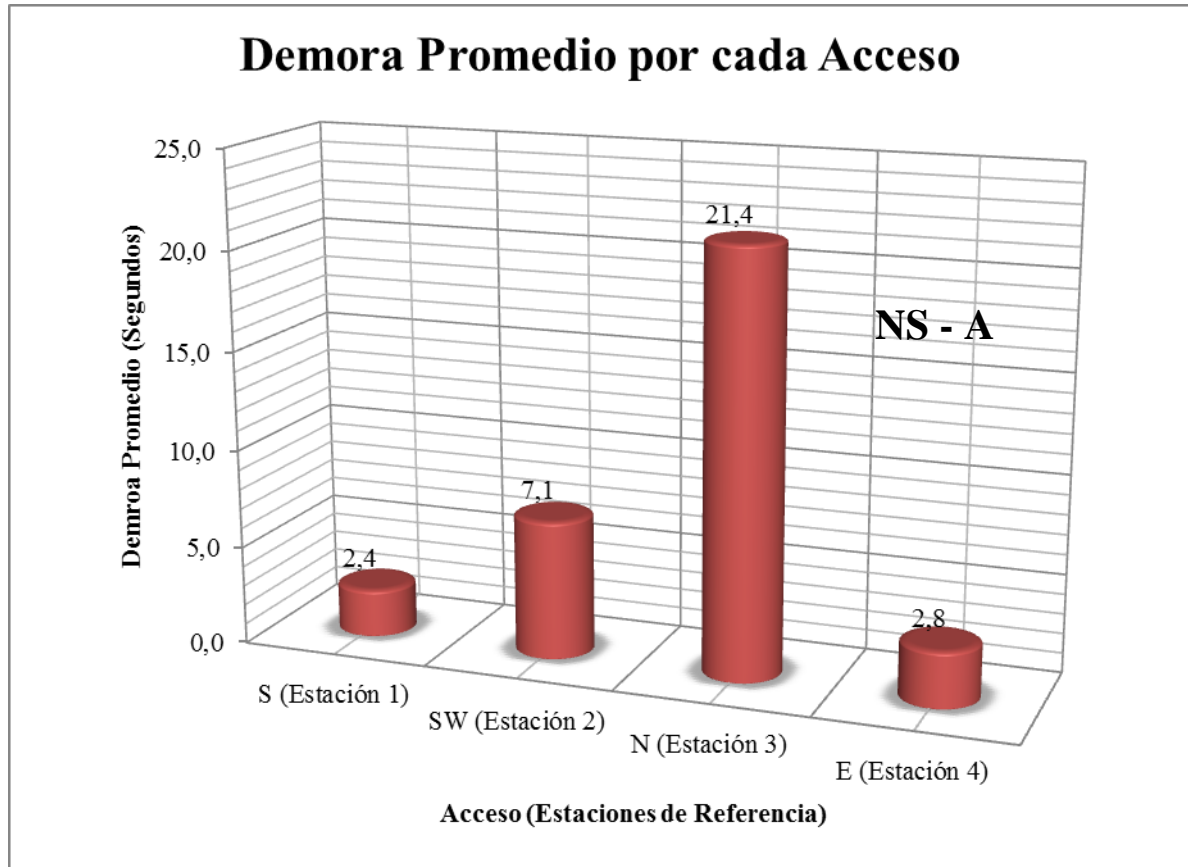
TABLA 57 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 5 AÑOS



GRÁFICA 27 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 5 AÑOS

| Estación | Acceso | Demora Promedio (Segundos) |
|----------|-----------------|----------------------------|
| 1 | S (Estación 1) | 2,4 |
| 2 | SW (Estación 2) | 7,1 |
| 3 | N (Estación 3) | 21,4 |
| 4 | E (Estación 4) | 2,8 |

TABLA 58 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN A 5 AÑOS

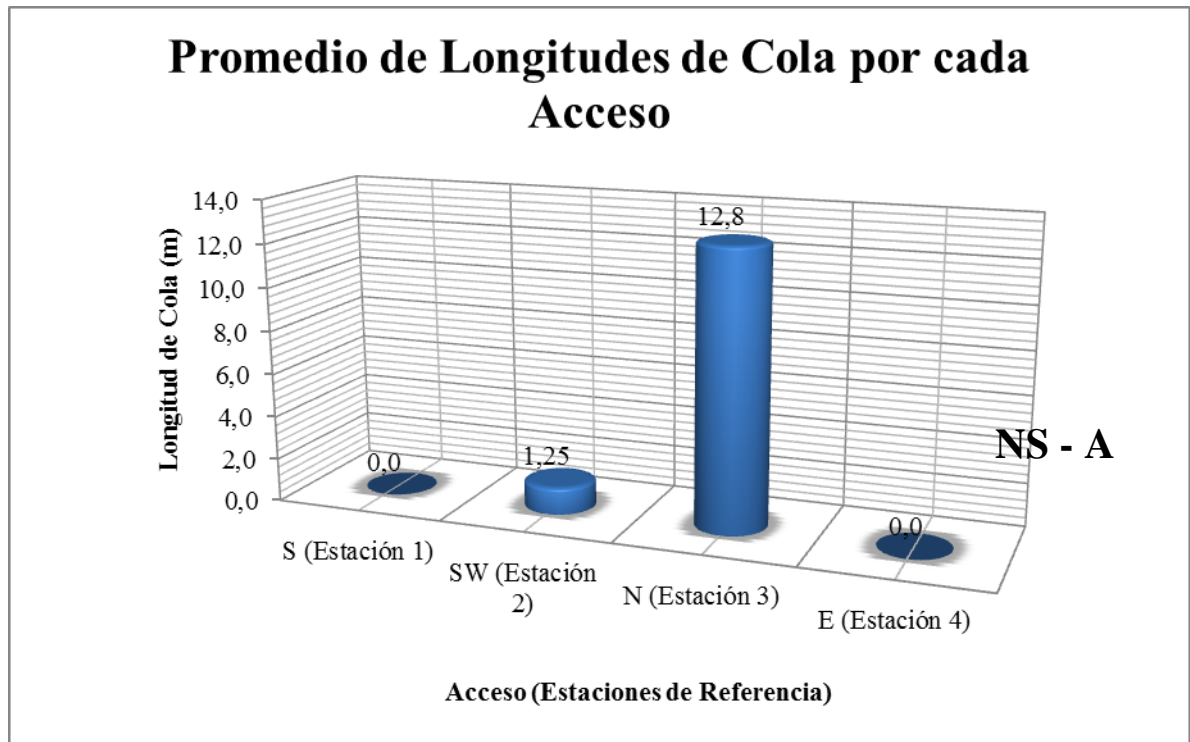


GRÁFICA 28 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN A 5 AÑOS

La clasificación de esta intersección según ambos parámetros de medición, colas y demoras es de nivel de servicio A. Según esto las condiciones colaboran para que el flujo sea libre a pesar de los volúmenes de tránsito altos, y manejar velocidades de cruceo ideales y demoras bajas. Para el año 10 tenemos que:

| Estación | Acceso | Máxima Cola |
|----------|-----------------|-------------|
| 1 | S (Estación 1) | 0 |
| 2 | SW (Estación 2) | 1,25 |
| 3 | N (Estación 3) | 12,8 |
| 4 | E (Estación 4) | 0 |

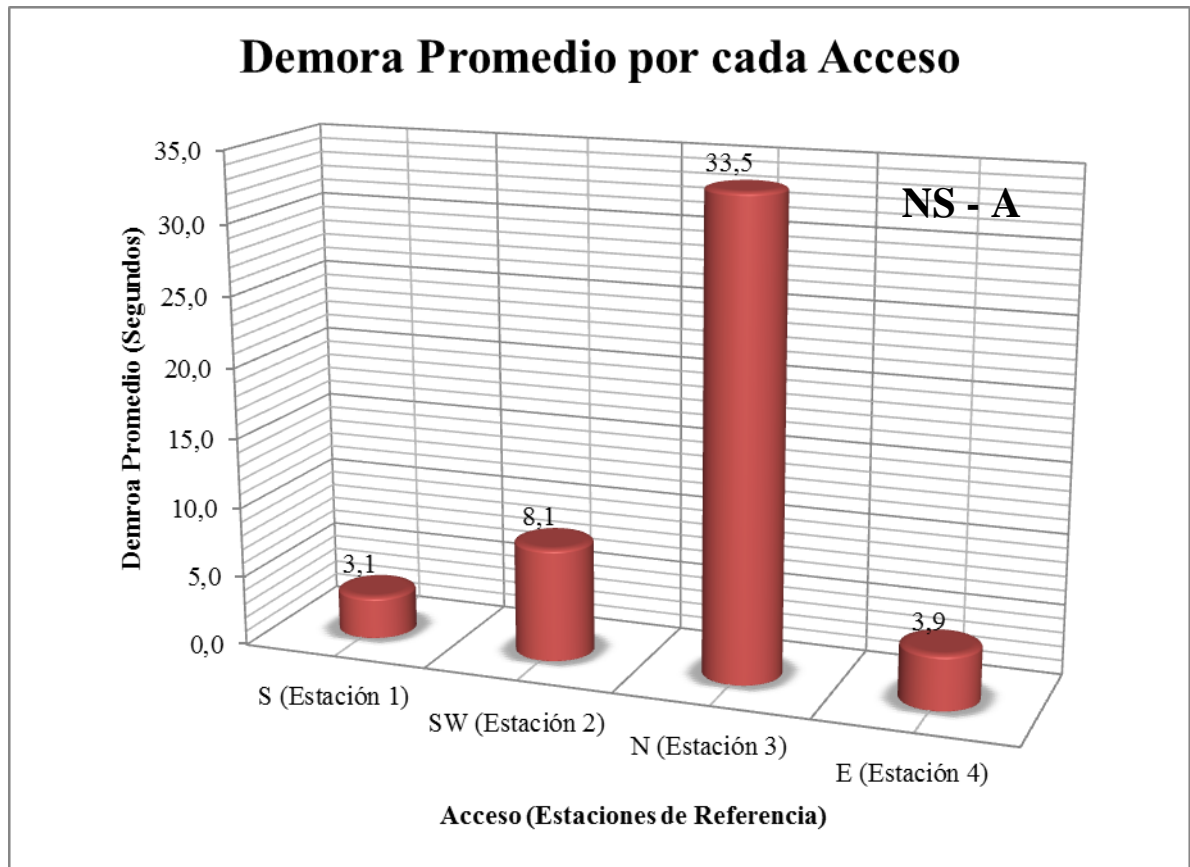
TABLA 59 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 10 AÑOS



GRÁFICA 29 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 10 AÑOS

| Estación | Acceso | Demora Promedio (Segundos) |
|----------|-----------------|----------------------------|
| 1 | S (Estación 1) | 3,1 |
| 2 | SW (Estación 2) | 8,1 |
| 3 | N (Estación 3) | 33,5 |
| 4 | E (Estación 4) | 3,9 |

TABLA 60 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN A 10 AÑOS

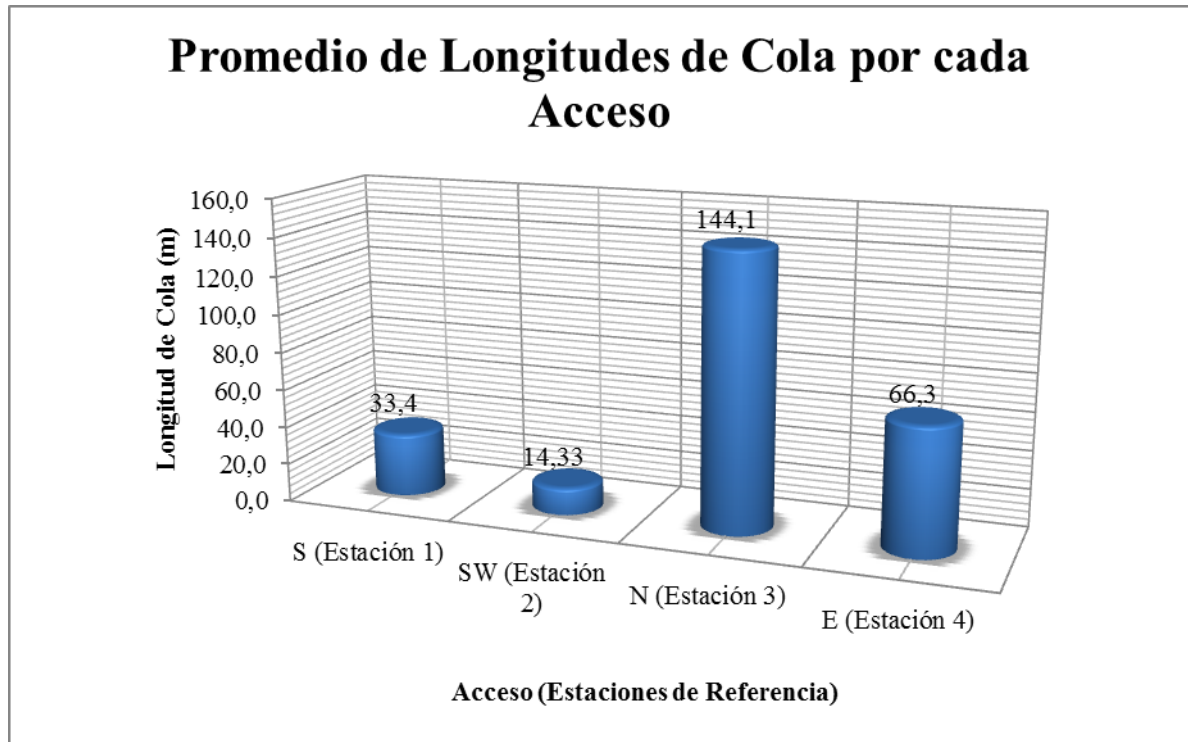


GRÁFICA 30 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN A 10 AÑOS

Nuevamente, el diseño planteado colaboraría para que la proyección del tráfico a los 10 años sea ideal, el nivel de servicio A se mantiene. Finalmente, a continuación se muestran los resultados para la modelación a 20 años:

| Estación | Acceso | Máxima Cola |
|----------|-----------------|-------------|
| 1 | S (Estación 1) | 33,4 |
| 2 | SW (Estación 2) | 14,33 |
| 3 | N (Estación 3) | 144,1 |
| 4 | E (Estación 4) | 66,3 |

TABLA 61 PROMEDIO DE MÁXIMAS COLAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 20 AÑOS

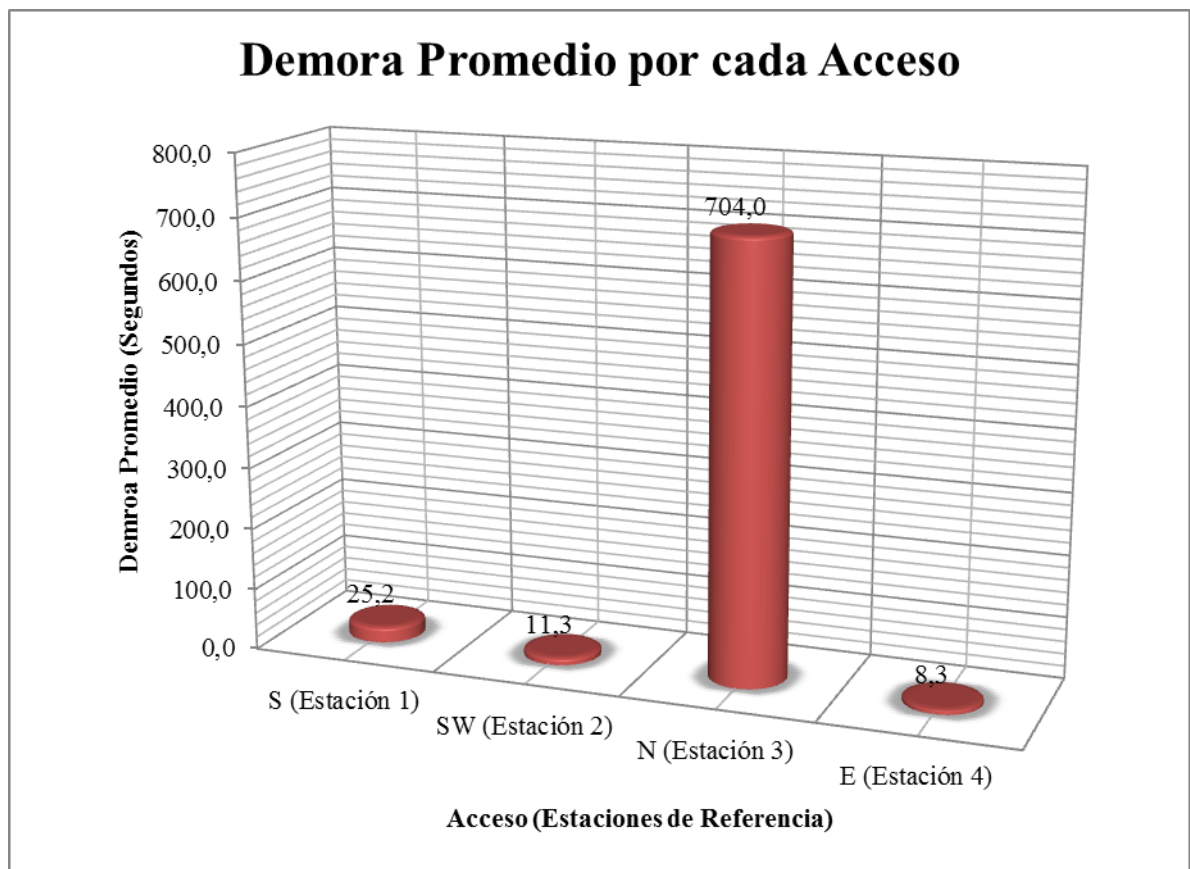


GRÁFICA 31 PROMEDIO DE LONGITUDES DE COLA POR CADA ACCESO EN LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA A 20 AÑOS



| Estación | Acceso | Demora Promedio (Segundos) |
|----------|-----------------|----------------------------|
| 1 | S (Estación 1) | 25,2 |
| 2 | SW (Estación 2) | 11,3 |
| 3 | N (Estación 3) | 704 |
| 4 | E (Estación 4) | 8,3 |

TABLA 62 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN A 20 AÑOS



GRÁFICA 32 PROMEDIO DE LAS DEMORAS EN LOS ACCESOS A LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA EN LA MODELACIÓN A 20 AÑOS

Las condiciones de funcionamiento a los 20 años según la modelación de los volúmenes proyectados se dispararan considerablemente. Se observa una demora alta en el acceso N



correspondiente a la salida de Villa Estrella, esto demuestra que el funcionamiento de la doble calzada generara traumatismos en las salidas de los barrios que necesiten acceder a esta. En el Acceso S, en la salida de La Carolina se propuso y modeló un carril de inclusión para poder introducir el flujo que viene de esta urbanización hacia la Doble Calzada disminuyendo los tiempos de espera en cola. Debe considerarse uno similar en la salida de Villa Estrella para controlar los indicadores de colas y demoras

En esta intersección el diseño de la doble calzada considera una gran isla como separador, este elemento geométrico impide los giros izquierdos que se generan en las salidas de Villa Estrella hacia la terminal (N-E) y las salidas de La Carolina a la Bomba del Amparo (S-SW). Aun así en la información de entrada de los resultados de las modelaciones anteriores no se eliminan estos giros, si no que se suman estos volúmenes a los correspondientes a la calzada con la dirección que los lleve a su destino final, considerando retornos geométricos proyectados en el diseño de la doble calzada, como el ovoide que se encuentra en la intersección de la Variante Mamonal-Bayunca. Esta consideración fue analizada como primera opción, estudiando el diseño de la doble calzada; este elemento geométrico, servirá de retorno a otros puntos y añadirle un flujo adicional puede ocasionar que el elemento falle y traiga traumatismo al sistema. El alcance del presente proyecto limita su análisis a los flujos del Acceso a La Carolina; como no hay estudios de otros puntos y partiendo de la hipótesis que el ovoide falle, se plantea un retorno en gota a la altura de la Terminal de Transportes, como una segunda opción para la solución de los retornos necesarios.



*Diseño Preliminar y Modelación de las Intersecciones de los Accesos a los barrios
San José de Los Campanos y la Carolina con la Doble Calzada
Transversal del Caribe (Ruta Nacional 90)*

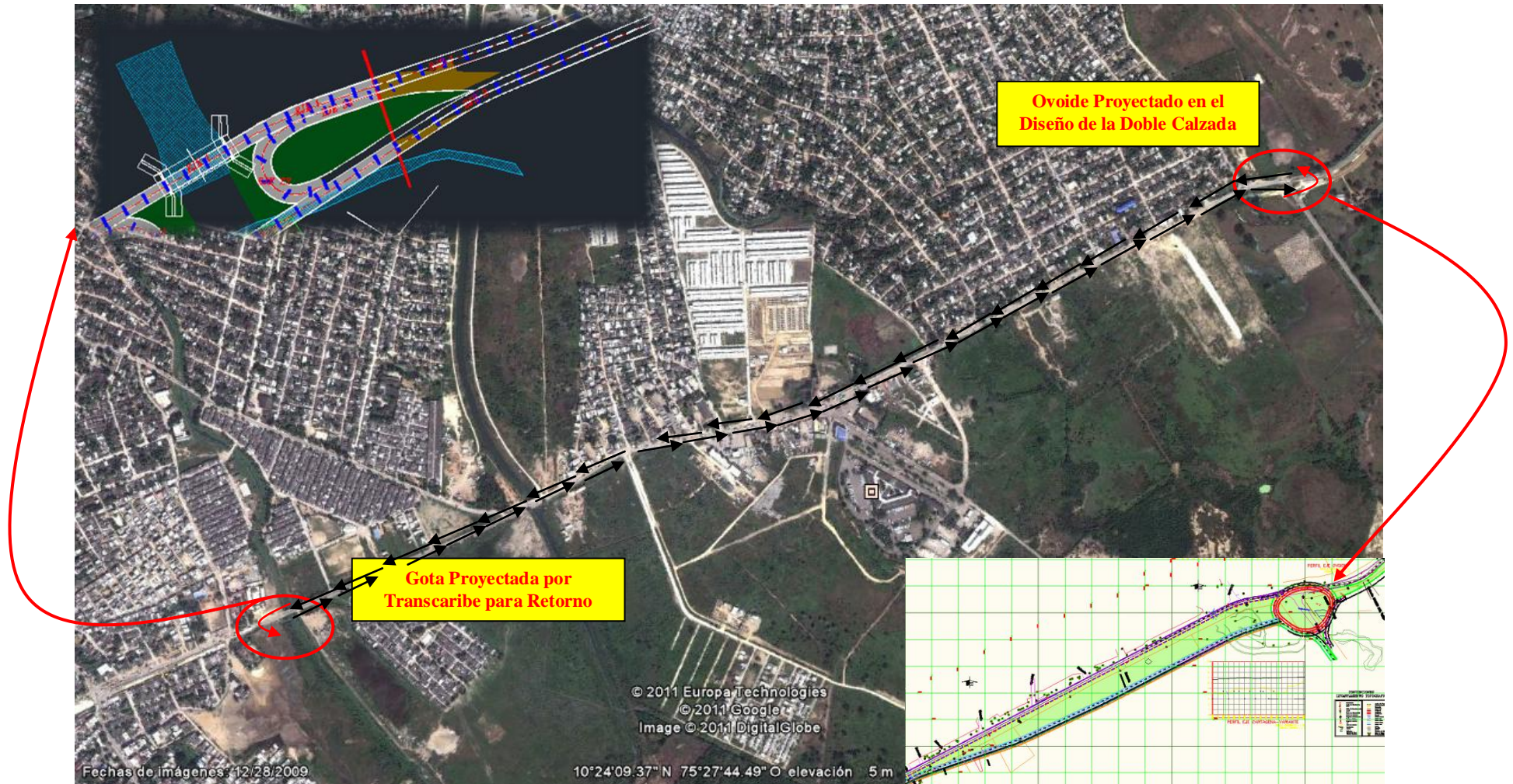


IMAGEN 9 PLAN DE MANEJO DE TRÁFICO DE LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA OPCIÓN 1

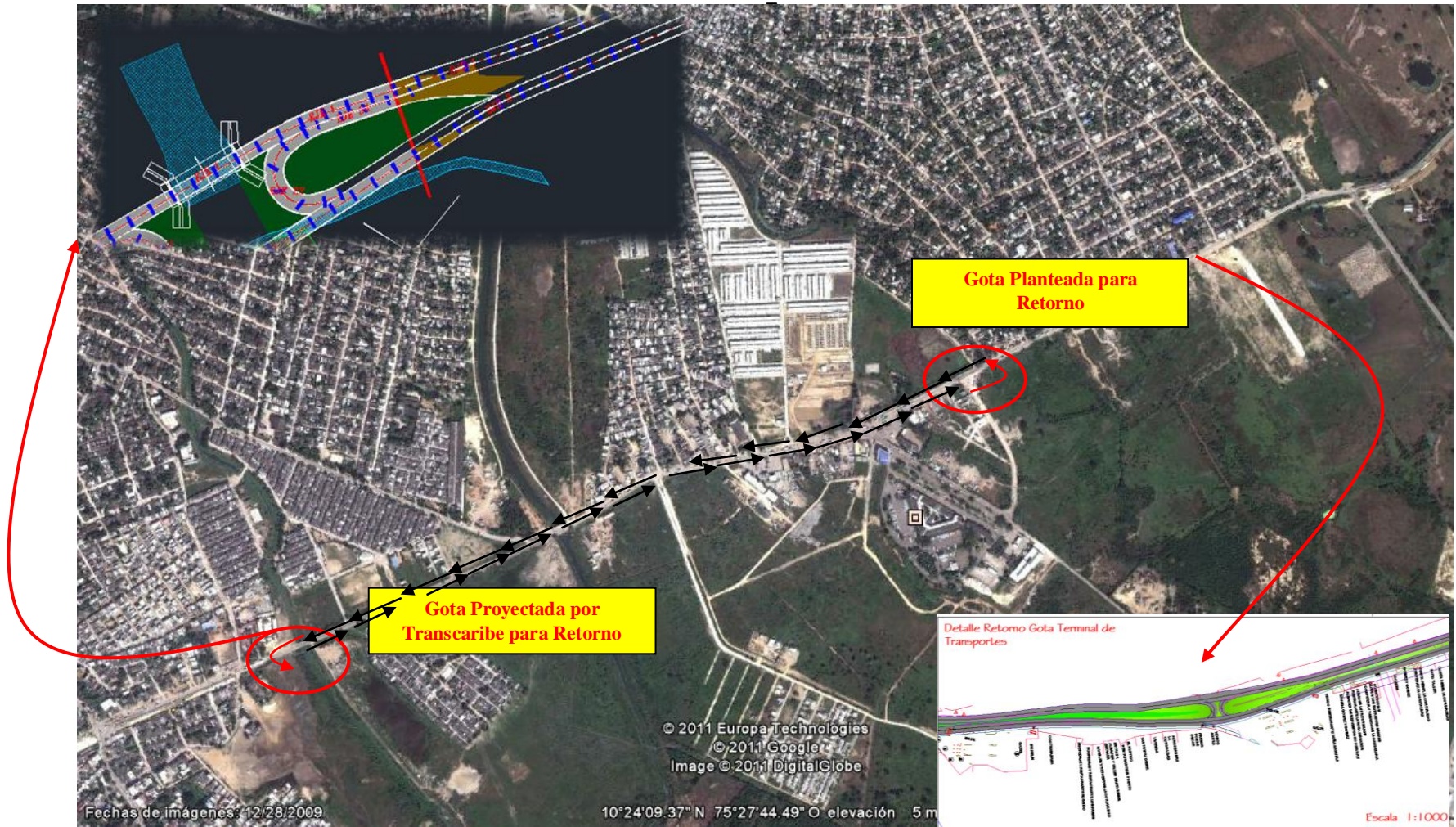


IMAGEN 10 PLAN DE MANEJO DE TRÁFICO DE LA INTERSECCIÓN LA CAROLINA OPCIÓN 2



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La modelación de la situación actual de las intersecciones San José de Los Campanos y La Carolina con la Ruta 90 fue calibrada hasta obtener la semejanza más exacta con la realidad; los resultados, colas y demoras, arrojados por el programa de modelación PTV VISSIM 5.3 y analizados bajo parámetros de la HCM clasifican estas intersecciones con niveles de servicio F, muy sobrepasados del límite menor de esta clasificación.

Por otro lado, ambas intersecciones fueron evaluadas en situaciones futuras a 5, 10 y 20 años; ingresando las proyecciones de los volúmenes de tráfico de la hora pico a los años deseados, considerando el diseño de la doble calzada de la Ruta 90 para ambos puntos y reemplazando las rutas de transporte público que actualmente transitan por ellos, por las rutas proyectadas por el Sistema de Transporte Masivo TRANSCARIBE y que en su recorrido pasaran por las zonas de estudio.

Para la intersección San José de Los Campanos, en la situación futura a 5 y 10 años, la modelación muestra niveles de servicio ideales, aun así como en esta intersección, los diseños no contemplan dispositivos de control de tráfico, el funcionamiento será caótico por los conflictos entre los movimientos permitidos.

Se propuso eliminar el Acceso SW, por el bajo volumen que maneja y por la facilidad de salida que tiene por la intersección siguiente. Sumado a esto, se calculó un grupo de semáforos para controlar los flujos y evitar los conflictos, pero los tiempos que arrojó el plan calculado por SINTRAFFIC OFFICE no aportaron a la mejora de los resultados, generando colas demasiado largas y demoras muy altas. 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 a los volúmenes de los giros izquierdos, por lo que las fases no son equitativas, los giros izquierdos tienen tiempos verdes de 9 segundos para una fase total de 105 segundos. Lo



anterior, lleva a la omisión total de los giros izquierdos y proponer el diseño de retornos en la vía principal, es decir, diseños adicionales sobre la doble calzada de la Ruta 90, para suplir la necesidad de los vehículos que se verían afectados por esta prohibición para llegar a sus destinos finales. No se realizaron los diseños geométricos de los retornos, solo se plantearon esquemáticamente, una Rotonda en la Esquina de la Diagonal 32 con Ruta 90 y una gota doble a la altura de la Bomba Save en la Entrada a la Universidad tecnológica de Bolívar; la modelación suma los volúmenes vehiculares que realizarían los giros izquierdos a los flujos que los recibirían si se plantearan dichos retornos lo que para la variable de tráfico es suficiente a la hora de evaluar las condiciones de la intersección estudiada.

Esta última alternativa es la que brinda mayores aportes da a la solución del manejo óptimo de los flujos en la intersección Acceso a San José de Los Campanos. Los resultados de la simulación muestras 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. Esta alternativa que es escogida como la mejor opción para la solución del manejo de los flujos en la intersección San José de Los Campanos deja como recomendaciones la construcción de un separador continuo en este punto de la Doble Calzada de la Ruta 90 a la altura de la carrera 100, y el estudio de factibilidad del diseño de dos retornos, planteados en esta investigación esquemáticamente, a la altura de la Carretera Ternera y el otro en la Bomba Save, acceso a la Universidad Tecnológica de Bolívar; la desviación del flujo que sale por el Acceso SW a la intersección siguiente correspondiente a la calle principal de Simón Bolívar y realizar un estudio en la intersección de esta carrera con la Ruta 90 ya que también es caracterizada por conflictos con giros izquierdos y además tiene entradas y salidas de rutas de transporte público que congestionan la flujo y aumentan los colas y demoras de toda la zona. Se propone estudiar esta intersección sugerida con semáforos y uniéndola en red con la intersección de San José de Los Campanos, estudiada en este proyecto, considerando los retornos que se han planteado para validar la hipótesis que los propone como necesarios.

Esta investigación limitó su alcance solo a la intersección San José de Los Campanos ya que incluir las intersecciones siguientes a esta, generaría que el requerimiento de



información primaria sobre caracterización de los flujos sea mayor y por ende los costos de la investigación aumenten ya que el personal necesario para la determinación de la hora pico en las franjas de aforos sería proporcional al área que se le añadiría al estudio. Considerar más accesos a la vía principal, es decir más intersecciones con la Ruta 90 implicaría que se debe calibrar la red conformada con todos los accesos escogidos, esto aumentaría en gran medida el alcance de la investigación a un plano ya no se microsimulación y se saldría del alcance de pregrado.

Para la intersección La Carolina, el estudio de su situación futura a los mismos años de proyección, 5, 10 y 20 años, muestra un funcionamiento ideal de este punto. 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 que generadores de colas y demoras ya sean focalizadas o generales en esta zona. La doble calzada de la Ruta 90 será una solución, según los resultados de la modelación, de los problemas actuales de grandes colas en esta vía. Aun así, con la omisión de los giros izquierdos por la isleta diseñada, los flujos que actualmente realizan el giro izquierdo para salir de Villa Estrella con sentido Terminal de Transporte (N-E), para entrar a la Carolina desde la Terminal de Transporte (E-S), para entrar a Villa Estrella desde la Bomba el Amparo (SW-N) o para ir a la Bomba del Amparo desde La Carolina (S-SW) quedan sujetos a un nuevo planteamiento de retorno, que a diferencia de la Intersección San José de Los Campanos, si se encuentran diseñados. En los diseños del Sistema de Transporte Masivo de 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, un gran retorno en el diseño de la Doble Calzada en la intersección de la variante Mamonal-Bayunca fue el considerado para realizar las maniobras de inclusión a los flujos provenientes de La Carolina al flujo E-SW de la Doble Calzada y para ingresar a Villa Estrella. Este retorno (ovoide), para volúmenes ya estudiados que si aumentamos enviado el flujo del S-SW del Acceso a La Carolina puede causar que este elemento geométrico colapse. Se propone como solución al giro izquierdo S-SW, un retorno en gota



a la altura de la Terminal de Transporte, que acapare el volumen que se generará en esta zona de expansión urbana.

Las Tasas de Generación de la HCM 2004 no fueron recomendables para aplicar a las proyecciones de la zona de expansión, debido a que no existe una estratificación que permita discriminar el aporte por medio y por estrato socioeconómico. Además, en estudios de movilidad realizados en Bogotá, se muestra que las tasas de generación de viajes de los estratos 1 y 2 (que son los mismos esperados para la zona de expansión) si bien están alrededor de 1.13 y 1.3, los modos empleados corresponden al transporte público, es decir el aporte en flujo vehicular que aumente los volúmenes proyectados no es significativo.

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 para la clasificación de intersecciones según niveles de servicio y finalmente proponer alternativas de solución a los conflictos generados en puntos focalizados de una red, como lo son las intersecciones San José de Los Campanos y La Carolina, resaltan la importancia del presente proyecto y el significado pues queda plasmada una metodología de estudio para intersecciones que presenten los mismos problemas que se observaron en las situaciones actuales y en las futuras de estas dos intersecciones, así como el tipo de alternativas para tener en cuenta en el diseño de planes de manejo de tráfico en intersecciones de con características similares.



8. BIBLIOGRAFIA

ALCALÁ, Y., & BETTÍN, F. (2008). *Modelación con el software PTV VISSIM del plan de manejo de Tráfico del poryecto de Transporte Masivo en Cartagena, Transcaribe, Tramos Parque de La Marina - Bocagrnade*. Cartagena: Universidad de Cartagena.

CAL Y MAYOR, R. (1994). *INGENIERIA DE TRANSITO*. México: Alfaomega.

CÁRDENAS, J. (2004). *DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS*. ECOE Ediciones.

Cartagena, A. d. (2003). *Decreto para el Triángulo de Desarrollo Social*. Cartagena.

Cartagena, A. d. (2010). *Nuestro POT lo revisamos todos!* Cartagena.

DNP. (2006). *Documento Conpes No. 3413: Programa para el Desarrollo de Concesiones de Autopistas*. Bogotá.

DNP. (2005). *Visión Colombia II Centenario: 2019, Propuesta para discusión-Resumen Ejecutivo*. Bogotá.

INVIAS. (1998). *Manual de Diseño Geométrico para Carreteras*.

INVIAS. (2008). *Manual de Diseño Geométrico para Carreteras*.

Molina, A., Merlos, M., & Martínez, R. (2003). *Propuesta de Diseño Geométrico del Tramo El Papalon-Hato Nuevo para el Anillo Periférico de la Ciudad de San Miguel*. San Miguel, El Salvador: Universidad del Oriente.

Periodismo Publico. (29 de Noviembre de 2009). Recuperado el 27 de Febrero de 2011, de <http://www.periodismopublico.com/Dobles-calzadas-en-Colombia-han>

Periodismo Público. (29 de Noviembre de 2009). Recuperado el 27 de Febrero de 2011, de <http://www.periodismopublico.com/Dobles-calzadas-en-Colombia-han>

POZUETA, J. (2000). *Movilidad y Planeamiento Sostenible: Hacia Una Consideración Inteligente del Transporte y la Movilidad en el Planeamiento y en el Diseño Urbano*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.



ROBLES, D., ÑAÑEZ, P., & QUIJANO, N. (2009). Control y Simulación de tráfico urbano en Colombia: Estado del Arte. *Revista de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Num 29* , 59-69.

Suárez, H., & Pantoja, C. (2005). *Prediseño Geométrico a Nivel y a Desnivel de la Intersección El Jazmín*. Universidad Nacional de Colombia.

SUAREZ, L. (2007). *Análisis y Evaluación Operacional de Intersecciones Urbanas mediante Microsimulación*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Uribe Celis, S. L. *Manual de Diseño Geométrico para Vías e Intersecciones Urbanas*. Bogotá: Universidad de Los Andes.

VISION, P. (2009). *VISIM 5.20 USER MANUAL* . Alemania: PTV AG.

VISION, P. (2005). *VISSIM 4.10 USER MANUAL*. Alemania: PTV AG .

HIGHWAY CAPACITY MANUAL. TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, Washington, D.C. 2000



9. ANEXOS MAGNÉTICOS

ANEXO N° 1 GLORARIO

ANEXO N° 2 IMÁGENES TRIÁNGULO DE DESARROLLO

ANEXO N° 3 TOMA DE VELOCIDADES DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS

ANEXO N° 4 TOMA DE VELOCIDADES DE LA CAROLINA

ANEXO N° 5 TABLAS DE RESULTADOS DE LA MODELACIÓN EN PTV VISSIM
5.3 DEL ACCESO A SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS

ANEXO N° 6 TABLAS DE RESULTADOS DE LA MODELACIÓN EN PTV VISSIM
5.3 DEL ACCESO A LA CAROLINA

ANEXO N° 7 CÁLCULO DEL SEMÁFORO DE SAN JOSÉ DE LOS CAMPANOS EN
SINTRAFFIC OFFICE

ANEXO N° 8 AFOROS E INFORMACIÓN DE TRÁFICO

ANEXO N° 9 VIDEOS DE LAS MODELACIONES EN PTV VISSIM 5.3