



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL.**



**ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA DEL
CONGESTIONAMIENTO VIAL EN LA AVENIDA SALVADOR
FEO LA CRUZ ENTRE EL DISTRIBUIDOR MAÑONGO Y LA
AVENIDA MAÑONGO DEL MUNICIPIO NAGUANAGUA
ESTADO CARABOBO**

Trabajo Especial de Grado presentado ante la ilustre
Universidad de Carabobo para optar al
Título de Ingeniero Civil.

**Tutor:
Prof. Dimas Véliz**

**Realizado por:
Adrianzén H. Yamivi K.
Quiroz L. Martha L.**

Valencia, Agosto de 2007



UNIVERSIDAD DE CARABOBO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL.



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes miembros del Jurado asignado para evaluar el Trabajo de Grado titulado: **“ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA DEL CONGESTIONAMIENTO VIAL EN LA AVENIDA SALVADOR FEO LA CRUZ ENTRE EL DISTRIBUIDOR MAÑONGO Y LA AVENIDA MAÑONGO DEL MUNICIPIO NAGUANAGUA ESTADO CARABOBO”**, realizado por las bachilleres: Adrianzén H. Yamivi K. CI: 17.205.187 y Quiroz L. Martha L. C.I 17.903.704, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho trabajo, requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Prof. Dimas Véliz
Presidente del Jurado

Prof. Yaely Barrios
Miembro del Jurado

Prof. Sergio Hitrovo
Miembro del Jurado

Valencia, Septiembre de 2007.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA DEL CONGESTIONAMIENTO VIAL
EN LA AVENIDA SALVADOR FEO LA CRUZ ENTRE EL DISTRIBUIDOR
MAÑONGO Y LA AVENIDA MAÑONGO DEL MUNICIPIO
NAGUANAGUA ESTADO CARABOBO**

Tutor:
Prof. Dimas Véliz

Realizado por:
Adrianzén H. Yamivi K.
Quiroz L. Martha L.

RESUMEN

La Avenida Salvador Feo la Cruz es una de las vías de circulación más importantes del Municipio Naguanagua. Por tal motivo es transitada por gran cantidad de vehículos que día a día va en aumento por el crecimiento demográfico, que a su vez origina mayores volúmenes en el parque automotor. Aunado a esto, los programas de facilidad en la adquisición de vehículos, reflejan en el congestionamiento diario que se presenta en la zona. Dada esta situación, se plantean objetivos para el estudio y evaluación del funcionamiento operativo actual de esta Avenida entre el Distribuidor Mañongo y la Avenida Mañongo, con la ayuda del software de tránsito SYNCHRO 6.0, además de observaciones y recabaciones de datos en campo necesario para el planteamiento de las diferentes propuestas de mejoramiento vial de la zona. Entre ellas, la modificación de los tiempos de las fases de los semáforos y la creación de paradas de transporte público.

Adrianzén Yamivi
Quiroz Martha



DEDICATORIA

A ti mi Dios, Padre Hijo y Espíritu Santo por iluminarme el camino en cada paso que doy, dándome perseverancia y fortaleza para enfrentar y superar todos los obstáculos, logrando alcanzar una de las metas más importantes de mi vida, ser Ingeniera.

A mi Madre Yadires Elena por tener en su alma tanto amor, ternura, dedicación, comprensión, paciencia y a la vez esa fuerza de espíritu que vive en ti mami, tú eres el mejor regalo que me ha dado la vida, te amo.

A la memoria de mi abuelita Esther, por todo el amor y ternura que me brindó mientras estuvo conmigo.

A mi tía Tibisay Flores por su amor, dedicación, apoyo y ser pilar fundamental en mi educación y formación académica. Eres un ser único y especial, siempre estarás presente en mi corazón, te amo Tía Bella!

A mi hermano Oscar Andrés, por ayudarme en los momentos más difíciles y estar siempre a mi lado, te quiero mucho hermanin

Yamivi K. Adrianzén H.

*Adrianzén Yamivi
Quiroz Martha*



AGRADECIMIENTOS

A mi Madre, por brindarme en todo momento, su amor y apoyo incondicional, todo lo que hoy soy es gracias a ti mamá, este triunfo también es tuyo.

A mi tío Hermes Hurtado por su ayuda incondicional en mi formación Académica.

A la universidad de Carabobo por darme la oportunidad de emprender este camino y realizar este lindo sueño.

A nuestro tutor Prof. Dimas Véliz por su ayuda en la realización de este trabajo de grado.

Al Prof. Sergio Hitrovo, por haber sembrado la semilla que hizo posible la elaboración de este estudio.

A mi amigo Ing. Leonardo Roa, quien con su invaluable apoyo, ayuda y asesoramiento ha hecho posible la materialización de esta tesis.

A la Prof. Guillermina López, por su valiosa y oportuna orientación.



A mi amigo Aristides por tenerme presente y estar pendiente de mí. Gracias por ese Amor.

A mi compañero y amigo Joel Barranco, mi máximo agradecimiento, desde lo mas profundo de mi corazón. GRACIAS!!!

A Laura Ferrín, Patricia Malavé, Marco Caruana, Ksharen Hidalgo, Gladys Mateo y al resto de mis compañeros y amigos, que colaboraron desinteresadamente en la realización de los conteos.

Yamivi K, Adrianzén H.



DEDICATORIA

A Dios, mi amigo, mi luz y mi guía.

*A mi gran madre, mujer luchadora y amorosa, a la cual debo todo lo que soy.
Con cariño y amor para ti mami linda! Te quiero.*

*A mis niños Yolian y Yefferson. Esta lucha sigue y es por ustedes hermanitos
de mi corazón! Los adoro!*

Martha L. Quiroz L.

*Adrianzén Yamivi
Quiroz Martha*



AGRADECIMIENTOS

A la Virgen María Auxiliadora y a Jesucristo, mi Dios y Señor que todo lo puede y todo lo da. Porque con su poder y gran amor derraman sobre mi y mi familia bendiciones, alegrías y sobre todo grandes éxitos como éste, el cual ha sido el mejor de los sueños de toda mi vida y que ahora es motivo de lucha, perseverancia y compromiso.

A mi gran hermano Yonathan, mi mamá y mi papá, por su gran amor y apoyo.

A Yamivi Adrianzén, excelente persona, compañera de tesis y gran amiga, por su paciencia y su valiosa ayuda durante la carrera y en el desarrollo de este trabajo.

A la Sra. Yadires, que con sus atenciones y su disposición a ayudarnos en todo momento permitió que se mantuviera siempre la constancia para la culminación de este proyecto.

Al Ing. Leonardo Roa, por su gran profesionalismo en el desarrollo de esta investigación y su extraordinaria colaboración en todo momento. Mil gracias!!

*Adrianzén Yamivi
Quiroz Martha*



A Joel, por su excepcional ayuda en los momentos más difíciles, su continua disposición a colaborar y a ofrecer lo mejor de sí, y sobre todo por ser esa bella persona que me ha acompañado en las buenas y en las malas.

A mis amigas María Isabel y María Luisa, por sus palabras de aliento y buenos consejos. Las quiero!

A todos mis compañeros de clase que me brindaron su ayuda. Son lo mejor!

A los alumnos de la cátedra de Vías de Comunicación y Topografía, así como también a las personas de otras escuelas, por su valiosa ayuda en la realización de los conteos. El agradecimiento eterno para ustedes!

Al Ing. Sergio Hítrero, por la propuesta de este tema de investigación.

Al Ing. Dimas Véliz, por su ofrecimiento a tutorear éste Trabajo de Grado.

Al Ing. Armando Hernández y familia, por su incondicional ayuda y cariño.

A todos, mil gracias!

Martha L. Quiroz L.

*Adrianzén Yamivi
Quiroz Martha*



ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
 CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Formulación del Problema.....	5
1.3 Objetivos de la Investigación.....	6
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos.....	6
1.4 Justificación de la Investigación.....	7
1.5 Alcances.....	8
1.6 Limitaciones.....	10
 CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	11
2.2 Bases Teóricas.....	15
2.2.1 Ingeniería de Tránsito.....	15
2.2.2 Variables Fundamentales del Tránsito.....	15
2.2.2.1 Densidad.....	15
2.2.2.2 Velocidad.....	16
2.2.2.3 Volumen.....	17
2.2.3 Relación de las variables fundamentales del tránsito.....	19
2.2.3.1 Relación Velocidad vs. Densidad.....	19
2.2.3.2 Relación Velocidad vs. Volumen.....	21
2.2.3.3 Relación Volumen vs. Densidad.....	21



2.2.4	Capacidad de una vía.....	22
2.2.4.1	Capacidad de intersecciones semaforizadas.....	23
2.2.5	Niveles de Servicio.....	25
2.2.6	Herramientas de procesamiento de datos en ingeniería de tránsito.....	27
2.3	Definición de Términos Básicos.....	29
 CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.		
3.1	Tipo de Investigación.....	33
3.2	Nivel de la Investigación.....	33
3.3	Diseño de la Investigación.....	33
3.4	Población y Muestra.....	34
3.5	Etapas de la investigación.....	35
 CAPÍTULO IV: ANÁLISIS OPERATIVO		
4.1	Funcionamiento en la actualidad.....	48
4.2	Datos de entrada del Software SYNCHRO 6.0.....	61
4.3	Resultados obtenidos de la aplicación del Software SYNCHRO 6.0.....	72
4.4	Análisis de los resultados.....	73
 CAPÍTULO V: PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE PROPUESTAS		
5.1	Planteamiento de Posibles Alternativas de Mejoramiento Vial.....	75
5.2	Evaluación de Propuestas.....	76
5.2.1	Propuestas a Corto Plazo.....	76
5.2.2	Propuestas a Mediano Plazo.....	79
5.3	Conclusión de las Propuestas.....	87
 CONCLUSIONES.....		 88



RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA	93
ANEXOS	95
ANEXO A: Planilla de recolección de información	
ANEXO B: Corrida del Software Synchro 6.0	



ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II.

Tabla 2.2	Factores de corrección para el cálculo del volumen de saturación....	25
Tabla 2.3	Características de los Niveles de Servicio.....	26
Tabla 2.4	Niveles de Servicio para intersecciones.....	26

CAPÍTULO IV.

Tabla 4.1	Factor Hora Pico.....	67
Tabla 4.2	Volúmenes Horarios Direccionales por cada intersección.....	68
Tabla 4.3	Porcentaje de Vehículos Pesados.....	69
Tabla 4.4	Maniobras de parada de transporte público por hora.....	69
Tabla 4.5	Maniobras de estacionamiento de vehículos.....	70
Tabla 4.6	Duración de las fases de los semáforos existentes.....	70
Tabla 4.7	Resultados del Software SYNCHRO 6.0 (Intersección 1).....	72
Tabla 4.8	Resultados del Software SYNCHRO 6.0 (Intersección 2).....	72
Tabla 4.9	Resultados del Software SYNCHRO 6.0 (Intersección 3).....	73

CAPÍTULO V.

Tabla 5.1	Tiempo de ciclo en intersecciones.....	77
Tabla 5.2	Tiempo de demora, aplicando medidas mitigantes a corto plazo.....	77
Tabla 5.3	Resultados arrojados por el ICU.....	85
Tabla 5.4	Tiempo de demora, aplicando medidas mitigantes.....	87
Tabla 5.5	Nivel de Servicio, aplicando medidas mitigantes.....	87



ÍNDICE DE FIGURAS Y FOTOS

CAPÍTULO I.

Figura 1.1 Plano de ubicación del tramo en estudio.....	9
--	---

CAPÍTULO II.

Figura 2.1 Relación Velocidad vs. Densidad.....	20
Figura 2.2 Relación Velocidad vs. Volumen.....	21
Figura 2.3 Relación Volumen vs. Densidad.....	22

CAPÍTULO III.

Foto 3.1 Mediciones de acera con cinta métrica.....	40
Figura 3.1 Tramo estudiado de la Av. Salvador Feo la Cruz.....	41
Foto 3.3 Realización de conteos clasificados.....	43
Foto 3.4 Maniobras de estacionamiento en la Av. 03.....	44
Foto 3.5 Maniobras de parada de transporte público.....	45

CAPÍTULO IV.

Figura 4.1 Intersección 1.....	49
Foto 4.1 Afluente hacia el Este, intersección 1.....	50
Foto 4.2 Afluente hacia el Sur, intersección 1.....	51
Figura 4.2 Intersección 2.....	52
Foto 4.3 Afluente hacia el Oeste, intersección 2.....	53
Figura 4.3 Intersección 3.....	54
Foto 4.4 Afluente hacia el Sur, intersección 3.....	55
Foto 4.5 Afluente hacia el Este, intersección 3.....	56
Figura 4.4 Intersección 4.....	57
Foto 4.6 Afluente hacia el Este, intersección 4.....	58



Foto 4.7 Ramal Norte, intersección 4.....	59
Foto 4.8 Afluente hacia el Oeste, intersección 4.....	60
Figura 4.5 Estaciones de conteos no clasificados.....	64

CAPÍTULO V.

Figura 5.1 Modificaciones geométricas en Intersección 4.....	82
Figura 5.2 Modificaciones geométricas en Intersección 3.....	84
Figura 5.3 Ubicación de paradas de transporte público.....	86



INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento social y económico de las ciudades ocasiona en la mayoría de los casos un deterioro progresivo y significativo en la funcionalidad de los sistemas viales, prolongando de esta forma las demoras y el tiempo empleado en los viajes, motivos que causan gran perturbación entre los pobladores y origina un aumento en los costos de la movilización de personas y mercancías, repercutiendo directamente en la economía de la región.

Valencia, considerada como una de las ciudades industriales más importantes de Venezuela, ha presentado en las últimas décadas un desarrollo acelerado y descontrolado en su densidad demográfica. El Municipio Naguanagua de nueva data, no se escapa de esta realidad. Sumado a esta situación de aumento poblacional, se ha notado en los últimos dos años un incremento violento del parque automotor, lo que ha contribuido al progresivo congestionamiento de la red vial de la región. Este problema se debe principalmente a la falta de planificación vial, pues dicha red no estaba proyectada para albergar los volúmenes actuales de vehículos antes de cumplir su vida útil.

La Autopista del Este es una de las arterias viales más importantes del Edo. Carabobo ya que además de unir a los Municipios Naguanagua y Valencia, conecta al Estado con el resto del país. Por otra parte, además del tráfico de paso, recibe diariamente el de una gran cantidad de urbanismos, generando variaciones en la clasificación funcional de la mayoría de las vías aledañas a ella. Esto sin duda ha ocasionado grandes congestionamientos en las horas de mayor afluencia vehicular en dispositivos viales como el Distribuidor Mañongo, que empalma la Autopista del Este



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A lo largo del tiempo, el hombre en su afán de mejorar y desarrollar su calidad de vida, ha dado origen a sistemas viales que le han permitido comunicarse e interrelacionarse con comunidades y poblados de una manera progresiva, contribuyendo así al crecimiento económico, social y cultural de las mismas.

La actividad económica de un país influye directamente sobre la sociedad, induciéndola a asentarse en aquellas ciudades que ofrezcan las mejores condiciones de vida, ocasionando así el establecimiento desproporcionado de la población. Tal es el caso de Valencia, considerada como uno de los principales centros industriales del país por la gran cantidad de industrias manufactureras en su área urbana, además del establecimiento de casi la totalidad de las fábricas automotrices. Estos factores han generado un notable impulso a su economía, creando fuentes de empleo y por consiguiente el crecimiento demográfico desmesurado de la ciudad.

El incremento precipitado de los niveles de densidad de población es una de las causas principales del aumento acelerado del parque automotor que se ha visto reflejado en la ciudad en la última década. Sin embargo, lo que más ha incidido en esta situación son las facilidades de adquisición de vehículos, como los créditos bancarios, liquidez monetaria y plan Venezuela Móvil, los cuales empezaron a implementarse en el año 2005.



Este aumento en el parque automotor se ha visto reflejado en los registros de las ventas de vehículos realizadas en los últimos años y que de alguna manera repercuten en la situación crítica que se vive en las vías más importantes de la ciudad. En el año 2005 las ventas acumuladas sumaron 228.378 unidades, reflejando un incremento del 69.98% con respecto a las unidades vendidas en el año 2004. Este volumen de ventas fue superado en el año 2006 con un total de 343.351 unidades, 50.34% más que las ventas del año 2005. En lo que va de este año (Enero – Mayo 2007) las ventas totalizan 172.081 unidades, lo que equivale a un 54.3% más que en el período Enero – Mayo 2006.¹

El Municipio Naguanagua no se escapa de esta realidad, y actualmente se ha visto afectada, al igual que el de Valencia, por la construcción de una gran cantidad de desarrollos urbanísticos, residenciales y comerciales que han traído consigo la generación de un gran número de vehículos, creando problemas de congestión como el que se evidencia en la Av. Salvador Feo la Cruz, específicamente en el tramo comprendido entre el Distribuidor Mañongo y la Av. Mañongo. El mismo es originado principalmente en las horas de mayor afluencia vehicular y no sólo debido al crecimiento poblacional y facilidades de adquisición de vehículos, sino por la ubicación inapropiada de las paradas del transporte público y vehículos que se estacionan inadecuadamente en algunos sectores de la Av. Mañongo, impidiendo el paso fluido del tránsito.

¹ Cámara Automotriz de Venezuela (CAVENEZ). Resumen de ventas Diciembre 2005 – 2006.



1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La situación que se presenta en el tramo vial Av. Mañongo – Distribuidor Mañongo, como bien se ha detallado anteriormente, requiere de mucha investigación y recolección de datos. Es decir, un exhaustivo estudio que permita amplio conocimiento de la situación que allí se genera, y poder aportar las propuestas que contribuirán a una optimización del funcionamiento operativo de la vialidad en la zona.

Para comenzar a ahondar en el tema del problema de congestionamiento vial del área en estudio, es necesario tener presente lo siguiente:

¿Qué factores influyen en la operación del tramo vial Av. Mañongo – Distribuidor Mañongo?

¿Qué alternativas de solución se podrían implementar para el mejoramiento de la situación?



1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo General:

Estudiar la problemática del congestionamiento vial en la Av. Salvador Feo La Cruz entre el Distribuidor Mañongo y la Av. Mañongo del Municipio Naguanagua Edo. Carabobo.

1.3.2 Objetivos Específicos:

1. Describir las características generales de la zona en estudio.
2. Realizar un estudio del tránsito de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas del tramo.
3. Evaluar posibles alternativas para el mejoramiento operativo del tramo vial en estudio.
4. Proponer soluciones al congestionamiento vial de la zona.



1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En las ciudades, los sistemas viales juegan un papel fundamental en el desarrollo integral de las mismas, por esta razón deben estar diseñados de acuerdo al volumen de vehículos que circulan por las redes viales. En la mayoría de los casos este patrón no se cumple, pues depende de factores que algunas veces son difíciles de predecir como lo es el rápido crecimiento demográfico.

El Municipio Naguanagua es un ejemplo claro de ésta situación. No sólo ha experimentado un incremento acelerado de la densidad poblacional, sino que además se ha evidenciado un aumento abrupto del parque automotor en los últimos dos años.

En vista a esta situación, se hace necesario crear un sistema vial que optimice y satisfaga la gran demanda del flujo vehicular, estableciendo propuestas de soluciones orientadas a mejorar el funcionamiento operativo del tramo en estudio. Estas alternativas deben contribuir a una mejora en lo que respecta a la comodidad de los conductores al momento de transitar por la vía, a la disminución en los tiempos de demora, al congestionamiento originado principalmente en las horas pico y en general, a la libre y fácil circulación a través de la zona.



1.5 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El presente Trabajo de Grado comprende el análisis de congestión vial del tramo ubicado entre la Av. Mañongo y el Distribuidor Mañongo, correspondiente a la Av. Salvador Feo la Cruz ubicada en el Municipio Naguanagua del Edo. Carabobo. La zona en estudio abarca una longitud de aproximadamente 850m. y se encuentra delimitada por el Norte con la Urbanización Ciudad Jardín Mañongo, por el Sur con la Urbanización Trigal Norte, por el Este con el área de Post Grado de la Universidad de Carabobo y por el Oeste con el Río Cabriales.

La investigación pretende evaluar la situación de la vía, a fin de establecer posibles deficiencias que ésta presenta en la actualidad, determinando el nivel de servicio al que opera, para luego plantear las propuestas a corto y mediano plazo que contribuyan al desahogo del tráfico. Entre las acciones que se pretenden implantar, se encuentran: la modificación de los tiempos de las fases de los semáforos de las intersecciones que lo requieran, creación de bahías en paradas de transporte público, sincronización de los dispositivos de control presentes a lo largo de todo el tramo en estudio, entre otros.

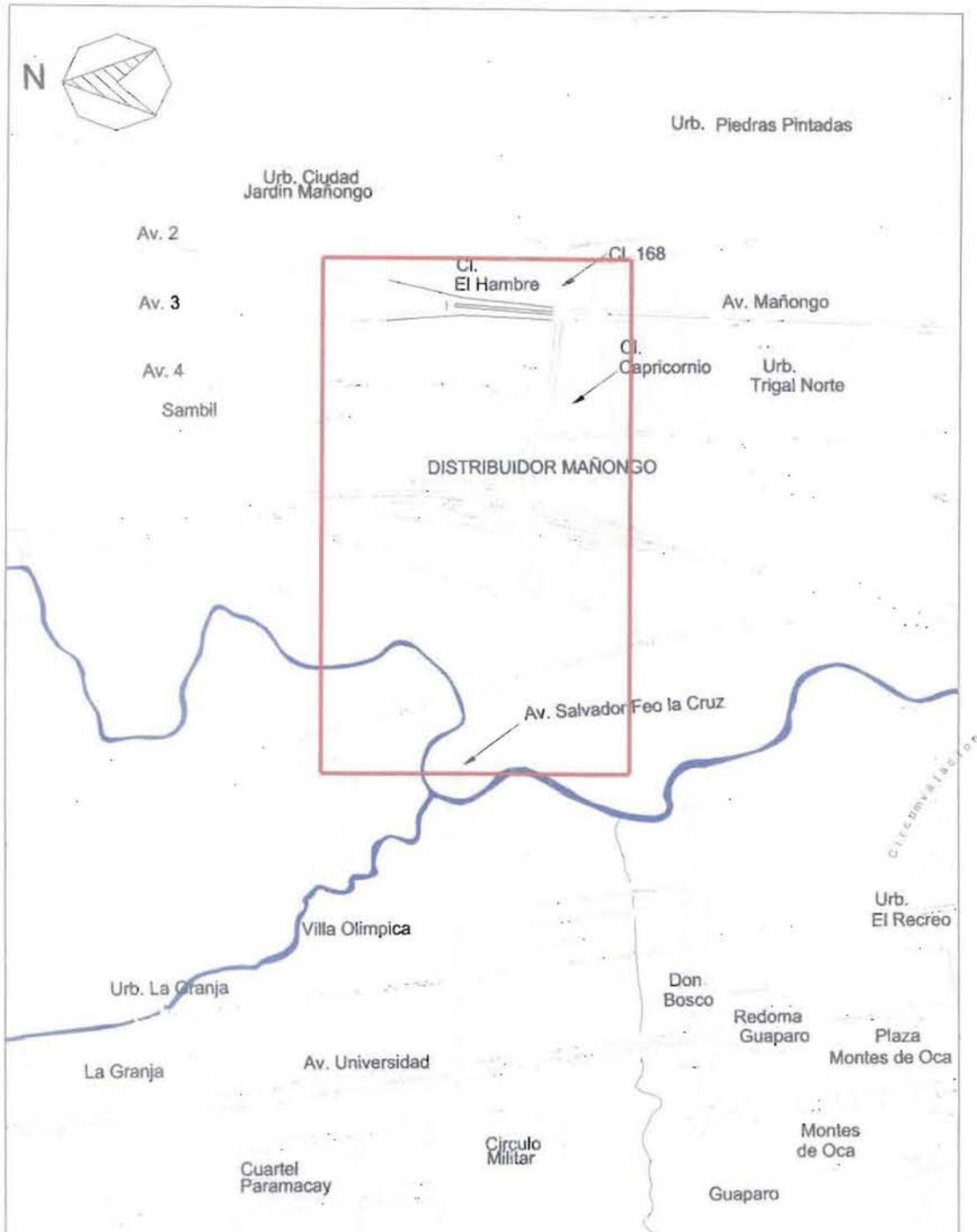


Figura 1.1 Plano de ubicación del tramo en estudio.
Fuente: Alcaldía del Municipio Naguanagua



1.6 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En la presente investigación se presentaron ciertas limitaciones que dificultaron el avance de su realización, tales como: la falta de información sobre datos de conteos realizados anteriormente en el lugar; dificultad para la obtención de información sobre planos, proyectos y estudios posteriores referentes a la zona por parte de los entes municipales como Fundanagua y la Alcaldía de Naguanagua; aunado a la falta de estudios estadísticos recientes sobre el crecimiento poblacional del municipio y de la ciudad en general.

Otra limitación fue la disposición de tiempo del personal requerido para la realización de los conteos, y la falta de experiencia de algunos de ellos para llevar a cabo la recolección de datos. Por otra parte, los inconvenientes viales no faltaron en los días dedicados a la observación y medición de todas las características y variables presentes en el área de estudio, entre ellos se identificaron largas colas, eventos socio-políticos y accidentes viales.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Con relación al tema de investigación, existen diversas tesis de grado realizadas en algunas zonas de Valencia y que abarcan ciertos aspectos importantes que se han tomado en cuenta para la realización del presente trabajo. A continuación se muestran las siguientes:

- *“Influencia del crecimiento demográfico en la vialidad urbana de los Municipios Valencia y Naguanagua”* (Mayo 1999) Por: Barbella Ana, Pérez Mirtha y Villegas Mariam.

Donde se expone con detalle el impacto que genera el desarrollo del sector como área industrial, comercial, gubernamental, residencial en el crecimiento vehicular, siendo un aspecto importantísimo en los estudios de tránsito y transporte de cualquier vialidad, como por ejemplo el que se muestra en el presente trabajo de grado. Los datos referentes a los estudios realizados en cuanto al crecimiento demográfico específicamente del Municipio Naguanagua, fueron de mucha utilidad para la presente investigación.

- *“Estudio de la problemática del tránsito vehicular en la Avenida Valencia, entre el Distribuidor Naguanagua y la Av.96 del Municipio Naguanagua, Valencia Edo. Carabobo”* (Noviembre 2006) Por: Roa Leonardo y Giménez José.



Este Trabajo de Grado contempla la evaluación cualitativa y cuantitativa de la situación de operación actual y la evaluación de las medidas mitigantes que puedan ser implementadas en dicha zona para aliviar la situación operacional. Exponen conclusiones basados en análisis desarrollados en términos de ingeniería conceptual a corto, mediano y largo plazo, de donde se tomaron ciertos criterios para el análisis de las variables existentes en el presente estudio.

- “Aplicación de modelo de simulación de tránsito en intersecciones y tramos viales” (Noviembre 2004) Por: Barrios Yaely y Sánchez Jennifer.

La investigación tiene como objetivo analizar y evaluar diferentes modelos de simulación de tránsito para seleccionar y aplicar uno de ellos en el corredor Av. Sesquicentenario, que forma parte de las rutas alimentadoras a la estación Monumental (Plaza de Toros) del Metro de Valencia. Explica detalladamente el funcionamiento del programa Synchro 5.0, el cual forma parte esencial para la evaluación de la situación y el planteamiento de las propuestas del presente trabajo de grado. Además, establece soluciones referidas a las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas de la zona que son otro apoyo para esta investigación.

- “Propuesta de anteproyecto de geometrización y diseño de la Av. Bolívar del Municipio Naguanagua” (Noviembre 2004) Por: Conde Lorena y Maldonado Zinder.

El trabajo de grado pretende desarrollar un anteproyecto de geometrización y diseño con el que se quiere mejorar la infraestructura vial existente de la Av. Bolívar del Municipio Naguanagua, optimizando el uso que actualmente posee, desarrollando directrices y procedimientos técnicos para transformarla en un dispositivo vial que



maneje mayor capacidad de flujo vehicular en ambos sentidos, que permita el uso de otros modos de transporte y que sirva de vía alterna a la Av. Universidad.

De esta investigación se tomaron aspectos metodológicos útiles para la realización de la presente tesis.

Además de las tesis nombradas anteriormente, se consultó otra fuente de información importante que hay que destacar; el *“Manual de Capacidad de Carreteras HCM (Highway Capacity Manual 2000)”*

El Highway Research Board de Estados Unidos creó el Highway Capacity Manual (HCM), actualmente de aplicación universal en Ingeniería de Tránsito. Contiene un conjunto de técnicas y criterios de análisis que abarcan todas las infraestructuras viarias y que toma en cuenta las peculiaridades de las vías empleadas por peatones, vehículos y ciclistas, tanto en circulación interrumpida (con semáforos) como continua. Ha sido, sin duda, el documento de referencia para estudiar la Capacidad y Nivel de Servicio por más de cinco décadas.

La primera edición del HCM se publicó en 1950, la cual contenía una serie de procedimientos para el cálculo de la capacidad de distintos tipos de instalaciones viales, en esta edición se clasificó la capacidad en básica, posible y práctica. La capacidad básica estaba asociada a la operación del tránsito en condiciones ideales, el concepto de capacidad práctica, por su parte, se asociaba a la operación del tránsito bajo ciertas condiciones particulares y la capacidad posible estaba en función de las propuestas de mejoras. Esta versión de HCM fue considerada de gran relevancia por lograr relacionar los volúmenes de tránsito de una forma precisa con las condiciones de operación del mismo.



Luego en 1965 se publica una segunda edición donde se redefinió el concepto de Capacidad y siendo el aporte principal, la introducción del concepto de Niveles de Servicio, definiendo así las características operacionales de tránsito bajo las condiciones geométricas y el tipo de control existente en las vías.

En las últimas décadas el HCM pasó por varias actualizaciones. La edición más reciente fue publicada en el año 2000, en donde se redefinieron los criterios utilizados para definir los niveles de servicio, publicación que además de usar la recopilación de estudios recientes de tráfico, trabajó en técnicas avanzadas de simulación del tránsito y en la formulación de las nuevas metodologías para el análisis de capacidad y niveles de servicio. También se incluyeron procedimientos de análisis detallados de la operación del tránsito para diferentes tipos de vías como intersecciones no semaforizadas, arterias urbanas, paradas de transporte público, vías de circulación peatonal, entre otros.

ICU2003

El ICU fue propuesto originalmente por Roberto Crommelin en 1974. Es utilizado para la planificación del tráfico, estudios de impacto del tráfico, diseño de carreteras y programas de control de congestión, además toma en cuenta una suma del volumen del flujo de saturación de los movimientos críticos. Por otra parte hay que destacar que este método no es propuesto para evaluar operaciones o diseños de tiempos de semáforos, tampoco provee una descripción completa del funcionamiento de la intersección, pero proporciona una clara visión del volumen de la misma relacionado a su capacidad.¹

¹ Abreu, Natlay. "Análisis de Intersecciones Semaforizadas a través de las metodologías del HCM y del ICU2000. Caso: Municipio Naguanagua" Universidad de Carabobo.2004.



2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Ingeniería de Tránsito

La ingeniería de tránsito se define como la rama de la Ingeniería de Transporte encargada de planificar, diseñar, operar y administrar el tránsito en calles y carreteras, por lo tanto tiene la obligación de realizar las investigaciones pertinentes de factores como el crecimiento demográfico, la tendencia del aumento del parque automotor y las demandas de movimientos de una zona a otra; seguido de un análisis minucioso de los diversos métodos usados para planificar las redes viales de un país, logrando así un sistema vial que cubra las necesidades requeridas por el tránsito, siendo este último uno de los factores mas determinantes en el desarrollo integral de una región, razón por la cual la Ingeniería de Tránsito tiene que ser considerada en cualquier planificación urbanística de un país.

2.2.2 Variables Fundamentales del Tránsito

En cualquier estudio de tránsito es indispensable emplear una serie de magnitudes que agrupan los aspectos más relevantes del mismo. Entre ellas se mencionan la separación entre vehículos sucesivos, el tiempo de recorrido, el volumen, la densidad y la velocidad media. A continuación se explicarán algunas de estas variables del tráfico.

2.2.2.1 Densidad (D)

Se define como el número de vehículos que están presentes en un instante dado en una longitud unitaria de la vía, ésta se puede obtener a través de una



fotografía o contando los vehículos, pero raramente esta magnitud se mide de forma directa, ya que es posible calcularla fácilmente a partir de medidas de intensidad y velocidad (magnitudes de las que resulta más sencillo obtener datos).

2.2.2.2 Velocidad (U)

Este parámetro permite estimar la calidad de la circulación mediante el conocimiento de las velocidades medias e instantáneas de recorrido.

Generalmente es más útil trabajar con velocidades medias, ya que las instantáneas son poco representativas.

Existe una velocidad promedio de recorrido que se define como la longitud de un tramo dividida por el promedio de los tiempos de recorrido de los vehículos. Adicional a ésta se tiene una velocidad promedio de marcha, la cual se define como la longitud del tramo de la vía dividida por el promedio de los tiempos sin movimiento de los vehículos. La diferencia existente entre ambas velocidades esta en que para el cálculo de la primera se considera el tiempo de recorrido, tomando en cuenta los tiempos en que el vehículo está detenido y para el segundo caso sólo se considera cuando el vehículo está en marcha. En este trabajo de grado, no se disponen de datos de velocidades, pero se considera conveniente citarla, por ser una de las tres variables mas características del tráfico, además de estar relacionada con la densidad y el volumen.



2.2.2.3 Volumen (V)

El volumen de tránsito que circula por una vía, es uno de los factores de mayor importancia para el estudio de cualquier sistema vial, el cual se define como el número de vehículos que pasan por una sección transversal de un carril o de una calzada durante un periodo determinado. Este se puede determinar para análisis de capacidad y niveles de servicio en cualquier tipo de vialidad, estudio de velocidad y caracterización de los flujos vehiculares.

a) Clasificación de los volúmenes de tránsito

a.1) Volúmenes de tránsito absolutos o totales: Los volúmenes de tránsitos absolutos o totales, se clasifican de acuerdo a la duración del lapso de tiempo determinado en:

- Tránsito Anual.
- Tránsito Mensual.
- Tránsito Semanal.
- Tránsito Horario.
- Tasa de Flujo.

a.2) Volúmenes de tránsito promedio diario (TDP): El volumen de tránsito promedio diario se define como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado, éste puede ser igual o menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo.



Usualmente se hace uso de este factor para medir y evaluar la demanda vehicular en calles y carreteras, localizando las áreas donde se necesite construir nuevas vialidades o mejorar las existentes.

a.3) Volúmenes de tránsito horario: Se define como el número de vehículos que pasan por un punto durante una hora. Este volumen de tránsito se utiliza para evaluar diferencias de capacidad, determinar la longitud y magnitud de los períodos de máxima demanda, diseñar geoméricamente intersecciones y establecer controles en el tránsito.

b) Variaciones del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda

En calles e intersecciones específicas de zonas urbanas, las variaciones de volúmenes de tránsito en la hora de máxima demanda pueden ser repetitivas durante varios días a la semana, o por el contrario, muy inconsistentes. En cualquier caso, se hace necesario conocer estas variaciones dentro de las horas pico para luego cuantificar la duración de estos flujos máximos.

En el volumen de hora pico, no siempre se cumple que el flujo sea constante a lo largo de toda la hora, a no ser que tenga una distribución uniforme, es decir, que pueden existir períodos cortos dentro de la hora con tasas de flujo mayor a la de la hora pico. Estos períodos pueden ser de 5, 10 ó 15 minutos, siendo este último el que se utiliza con más frecuencia.

A partir de este volumen se obtiene el Factor Hora Pico (FHP), que se define como la relación entre el Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD) y el flujo máximo (q_{max}), que se presenta durante un período dado de la hora considerada.



Este factor se determina de la siguiente forma:

$$FHP = \frac{VHMD}{N \times q \text{ max}}$$

Donde:

FHP = Factor hora pico.

VHMD = Volumen Horario de Máxima Demanda

N = número de periodos durante la hora pico.

qmax = flujo de tránsito máximo durante el periodo.

El Factor de Hora Pico es un indicador de las características del flujo durante la hora de máxima demanda, si el FHP esta próximo a 1.0 significa que el flujo es uniforme durante la hora, si por el contrario el FHP es menor de 1.0, indica que hay concentraciones grandes de flujo en periodos cortos dentro de la hora, es decir, el flujo no es uniforme.

2.2.3 Relación de las variables fundamentales del tránsito

2.2.3.1 Relación Velocidad vs. Densidad

Cuando se tiene bajo flujo de vehículos en una vía, la densidad es pequeña, dándole libertad a los vehículos para adoptar mayores velocidades, limitadas generalmente por las condiciones geométricas de las vías, presencia de peatones, condiciones climáticas entre otros.



El valor máximo de la densidad se obtiene cuando todos los vehículos están parados en fila, es en ese momento cuando la velocidad se hace igual a cero, debido a que en estas condiciones, a los vehículos se les dificulta moverse incluso a pequeñas velocidades sin chocar unos con otros.

La densidad del tráfico influye directamente en la calidad de la circulación, ya que al aumentar la densidad resulta más difícil mantener la velocidad que el conductor desea, y este se ve obligado a realizar un mayor número de maniobras (cambios de carril, aceleraciones, frenados, etc.), originando una conducción incómoda. Por lo tanto, con densidades muy bajas, la circulación puede considerarse fluida pero a medida que va aumentando y acercándose a su valor máximo, se circula a velocidades muy bajas con constantes paradas y arranques.

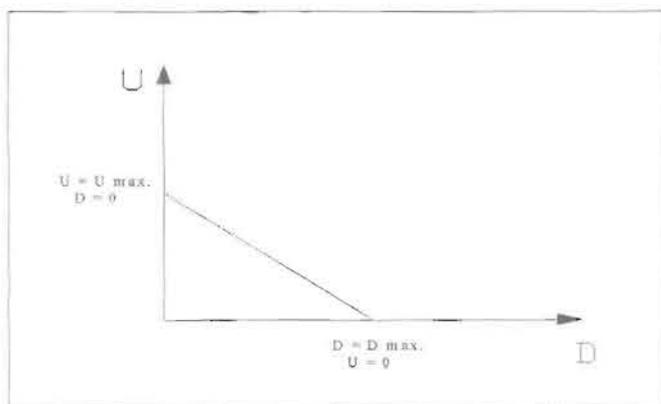


Figura N° 2.1 Relación Velocidad vs. Densidad

Fuente: El Diseño Geométrico de Carreteras. Andueza, Pedro (1990).

2.2.3.2 Relación Velocidad vs. Volumen

En este caso cuando el volumen de vehículos en la vía es cero, se dice que la velocidad también lo es. Si por el contrario la velocidad de los vehículos es máxima, significa que hay muy poca circulación de vehículos, y el volumen tiende a cero.

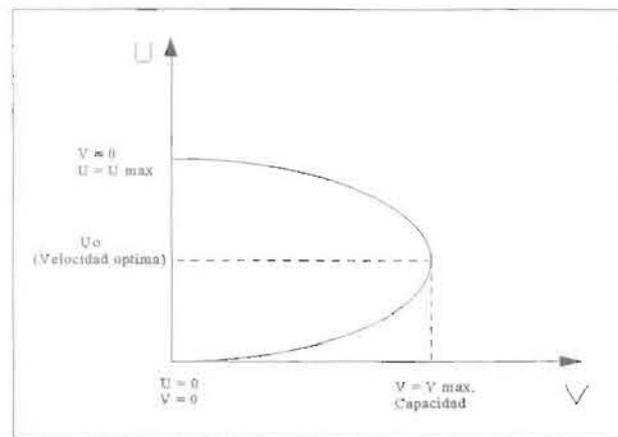


Figura N° 2.2 Relación Velocidad vs. Volumen.

Fuente: El Diseño Geométrico de Carreteras. Andueza, Pedro (1990).

2.2.3.3 Relación Volumen vs. Densidad

Si no hay presencia de vehículos en la vía, el volumen y la densidad son iguales a cero. Se inicia en este punto entonces la curva.

Cuando el número de vehículos es bajo, la densidad al igual que el volumen también lo son, pero a medida que el número de vehículos va creciendo, y la densidad llega a aumentar considerablemente los vehículos no podrán moverse, trayendo como

consecuencia la reducción de la velocidad y por lo tanto del volumen, pudiendo llegar hasta cero en caso de alcanzar la densidad máxima.

Se observa también que el punto más alto de la curva corresponde a un volumen máximo presente en la vía, lo que significa a su vez una densidad crítica del flujo vehicular.

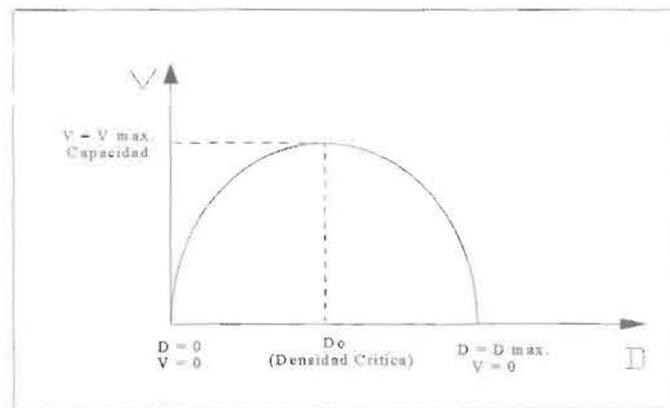


Figura N° 2.3 Relación Volumen vs. Densidad.

Fuente: El Diseño Geométrico de Carreteras. Andueza, Pedro (1990).

2.2.4 Capacidad de una vía

Para el estudio de un proyecto vial, es necesario saber la demanda de tránsito presente y futura del punto de estudio. La medida de la eficiencia a la que opera una vialidad con esa demanda se conoce como la capacidad de una vía.



Entonces la capacidad de una vía se define como el número máximo de vehículos que pueden pasar por una sección de una calzada durante un intervalo de tiempo dado, bajo las condiciones prevalecientes de la infraestructura vial del tránsito y de los dispositivos de control. El intervalo de tiempo usado mayormente para el análisis de la capacidad es de 15 minutos, considerado como el período más corto donde el flujo es estable.

Es importante señalar que la capacidad depende de condiciones existentes como el estado del pavimento, características de la sección, trazado, composición del tránsito, condiciones ambientales, entre otras. Aunque la influencia de esta última generalmente es pequeña, en ocasiones puede llegar a ser importante.

2.2.4.1 Capacidad de intersecciones semaforizadas

Entre los métodos utilizados para el cálculo de la capacidad de una intersección, se encuentran el expuesto por el Highway Capacity Manual, creado por Transportation Research Board de los Estados Unidos en 1950, en la edición del año 2000 incorporaron entre otras cosas, el estudio en intersecciones semaforizadas, el cálculo de la capacidad se rige por la siguiente ecuación:

$$C = S \times \frac{V}{T}$$

Donde:

C: Capacidad (veh/hora)

S: Intensidad de saturación (veh/hora)

V: Duración de la fase verde, periodo donde se permite el paso de vehículos (seg)



T: Duración del ciclo del semáforo = V+R (seg)

R: Duración de la fase roja, periodo donde no se permite el paso de veh. (seg)

Se dice entonces que la capacidad es el número máximo de vehículos que pasa por un acceso, durante la fase verde del semáforo (intensidad de saturación), multiplicado por la relación entre la duración de la fase de verde y la duración del ciclo.

Generalmente en un mismo tramo se tienen carriles reservados para determinados movimientos (giros a la izquierda, giros a la derecha), estos se estudian de manera diferente al resto de los carriles de acceso, generándose en un mismo tramo varios grupos de carriles, que se analizarán de manera separada para el cálculo del volumen de saturación de la siguiente manera:

$$S = 1900 N f_a f_{vp} f_i f_e f_b f_z f_{gd} f_{gi}$$

Siendo:

S: Volumen de saturación (vehículos/hora)

N: Número de carriles

$f_a, f_{vp}, f_i, f_e, f_b, f_z, f_{gd}, f_{gi}$: Factores de corrección

Los factores de corrección dependen de ciertas variables, las cuales se muestran a continuación en las fórmulas a seguir:



Factores de Corrección			
<i>f</i>	Corrección por	Fórmula	variable
<i>f_a</i>	Anchura de carril	$1 + \frac{A - 3,60}{3600}$	A: anchura del carril (m)
<i>f_{vp}</i>	Vehículos pesados	$\frac{100}{100 + P}$	P: Porcentaje de pesados (%)
<i>f_i</i>	Inclinación de la rasante	$1 - \frac{I}{200}$	I: inclinación de la rasante (%)
<i>f_e</i>	Estacionamiento	$\frac{N - 0,1 - \frac{18M}{3600}}{N}$	M: Movimientos de estacionamiento en una hora
<i>f_b</i>	Paradas autobús	$\frac{N - \frac{14,4B}{3600}}{N}$	B: Autobuses que paran por hora
<i>f_z</i>	Situación	(0,9-1)	En centro urbano 0,9, en otras zonas 1
<i>f_{gd}</i>	Giros a la derecha	Canal Exclusivo= 0,85 Canal Compartido 1-0,15P Canal Único 1-0,135P	P: proporción de vehículos que giran a la derecha
<i>f_{gl}</i>	Giros a la izquierda	Canal Exclusivo=0,95 Canal Compartido $\frac{1}{(1 - 0,05P)}$	P: proporción de vehículos que giran a la izquierda

TABLA 2.2 Factores de corrección para el cálculo del volumen de saturación.
Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras 2000.

2.2.5 Niveles de Servicio

Es una medida cualitativa que describe las condiciones operativas de un flujo de tránsito y de su percepción por los usuarios. La definición de Nivel de Servicio describe generalmente estas condiciones en relación con variables tales como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, la comodidad y adecuación del flujo de tránsito a los deseos del usuario y la seguridad. Para el análisis de una vía el Highway Capacity Manual del 2000, considera 6 niveles de servicio que van desde la A hasta la F, siendo el nivel de servicio A el que representa las mejores condiciones de operación y el nivel de servicio F las peores.



Nivel de Servicio	Descripción
A	Flujo libre con volúmenes bajos y velocidades altas.
B	Flujo razonablemente libre, pero las velocidades comienzan a ser restringidas por las condiciones de tránsito.
C	Zona en flujo estable, pero la mayoría de los conductores están restringidos en la libertad de elegir sus propias velocidades.
D	Aproximándose a flujo inestable, los conductores tienen poca libertad para seleccionar sus propias velocidades.
E	Flujo inestable, puede haber cortas paradas.
F	Congestión inaceptable, pare y siga, flujo forzado.

TABLA 2.3 Características de los Niveles de Servicio.**Fuente: Manual de Capacidad de Carreteras 2000.**

En la siguiente tabla se aprecian los niveles de servicio según el Highway Capacity Manual 2000, para intersecciones semaforizadas y no semaforizadas:

Niveles de Servicio	Porcentaje de Demora	
	Intersección no semaforizada	Intersección semaforizada
A	0-10	≤ 10
B	> 10-15	> 10-20
C	> 15-25	> 20-35
D	> 25-35	> 35-55
E	> 35-50	> 55-80
F	>50	>80

TABLA 2.4 Niveles de Servicio para intersecciones.**Fuente: Manual de Capacidad de la carretera, 2000**



2.2.6 Herramientas de procesamiento de datos en ingeniería de tránsito

Actualmente hay una amplia gama de programas informáticos encargados, entre otras cosas, del análisis de los datos recabados en campo, proporcionándole a la ingeniería de tránsito y transporte una herramienta práctica que facilita y acelera la ejecución de los proyectos viales. Estos programas abarcan campos de la ingeniería de transporte como el diseño, mantenimiento, gestión de proyectos, procesos de datos, análisis operacionales, análisis de capacidad, simulaciones, etc., siendo alguno de estos softwares aún más especializados, pues contemplan la planificación de las redes y la modelación de las mismas, la operación y control del tránsito, el diseño y administración del transporte público, análisis de circulación de peatones, bicicletas y aeropuertos.

Para la operación de estos programas se requiere de personal especializado en el área de la ingeniería de tránsito y transporte, que sea capaz de detectar errores al momento de la ejecución de los programas y realizar las respectivas correcciones en el caso de que éstos ocurran, además de analizar detenidamente los resultados arrojados y verificar que éstos tengan concordancia con respecto a la zona estudiada.

Entre los softwares más utilizados en Venezuela, se mencionan los siguientes:

- HCS (High Capacity Software).
- SIDRA (Signalized and unsignalized Intersection Design and Research Aid).
- TRANSYT (Traffic Network Study Tool).
- SYNCHRO (Traffic Signal Coordination Software).



Este último es el que se usará para el procesamiento y análisis de las variables de la vialidad en estudio del presente trabajo de grado. Es un programa de computación con aplicación, diseño y control de semáforos en intersecciones y arterias viales, con capacidad para modelar, optimizar tiempos y animación del movimiento vehicular.

Las principales funciones y características del Synchro son:

- Permite importar como fondos archivos en formato DXF, Bitmap o JPEG, los cuales, estando a escala nos permiten hacer el croquis en forma rápida y sencilla.
- Análisis de capacidad en intersecciones no semaforizadas siguiendo la metodología del HCM 2000 (Cap. 17).
- Optimización de longitudes de ciclo y tiempos de fases en los semáforos.
- Análisis de capacidad en intersecciones semaforizadas siguiendo la metodología del HCM 2000 (Cap. 16), que permite ajustar el flujo de saturación e incluye peatones, bicicletas y carriles compartidos de giro a la izquierda protegidos o permitidos.
- Coordinación de semáforos generando planes de tiempo, optimizando fases, longitud del ciclo y desplazamientos.
- Genera los diagramas de tiempo – espacio.



- Modelado y simulación microscópica del tráfico de una intersección o de la red y crea una animación del mismo.
- Trabaja con los diferentes tipos de controladores: de tiempos fijos y actuados.
- La base de datos de Synchro es compatible con el formato “Universal Traffic Data Format (UTDF)” utilizado en otros programas como CORSIM, Transyt – 7F y HCS y por diferentes tipos de controladores y contadores digitales.
- Generación de reportes de las diferentes corridas en forma automática.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Tránsito: es la acción de pasar por vías o parajes públicos personas y vehículos en movimiento y en reposo. También se puede decir que es un término más general que el término de circulación.

Transporte: es toda acción y efecto de llevar seres vivientes o cosas de un lugar a otro.

Flujo vehicular: es el volumen de tránsito que circula por una calzada, en un sentido determinado y en tiempo establecido.

Hora pico: hora del día cuando circulan los volúmenes de tránsito máximos en una determinada vía.



Vehículos livianos: son todos los vehículos de 2 ejes y cuatro ruedas (carros, camionetas panel y pickup, camiones de dos ejes con ruedas traseras sencillas).

Vehículos Pesados: son todos los camiones con no menos de 6 ruedas (en caso de dos ejes, el eje trasero debe tener cuatro ruedas).

Vehículos de transporte público: son todos aquellos vehículos destinados a ofrecer el servicio por puesto, autobuses y camionetas.

Conteos de Tránsito: se realizan para determinar los volúmenes de tránsito en una zona específica, con duración y ubicación diferentes. A través de estos datos se puede también determinar la hora de mayor afluencia vehicular (hora pico). Los contadores pueden ser: de manguera, magnéticos, radar, sónico, células fotoeléctricas e inclusive personas.

Períodos de Conteo: Es el rango de tiempo en el cual se realiza el conteo y no debe cubrir condiciones en las que se presenten eventos especiales como: accidentes, lluvia, avería de semáforos, entre otros, a menos que se desee estudiar específicamente esa situación. Algunos de los períodos más usados son los siguientes: Conteos de fin de semana, Conteos de 24 horas, Conteos de 7 días, Conteos de 3 días, Conteos de 16 horas, Conteos de 12 horas, Conteos en horas pico y Conteos Permanentes.

Maniobras de Estacionamiento: se considera como maniobra de estacionamiento a todos los vehículos que entren o abandonen una celda de estacionamiento. Se mide en términos de números de maniobras a la hora, a una distancia inferior a 75 m de la intersección.



Demora: se define como el tiempo en el cual el flujo de tránsito es detenido o forzado. Cuando se registra la información de demora, además de su duración, se debe indicar el lugar donde ocurre, causa y frecuencia de la misma.

Intersección vial: área dentro de la cual dos o más vías terrestres se cruzan entre sí. Los canales por donde circulan los vehículos cambian de dirección y se entrecruzan, originando puntos de conflicto entre los flujos vehiculares.

Intersección SemafORIZADA: Son intersecciones de flujo interrumpido, los que presentan elementos fijos causando periódicamente interrupciones al flujo vehicular. En el análisis de este tipo de intersecciones se debe tomar en consideración el efecto de estas interrupciones.

Intersecciones no SemafORIZADAS: Son intersecciones de flujo ininterrumpidas, que no producen interrupciones periódicas al flujo vehicular, las condiciones del flujo son el resultado de las interacciones entre los vehículos en la corriente del tráfico, la geometría de la vía y el desarrollo característico de los alrededores. En estos puntos el congestionamiento de flujo vehicular es suave, debido a que las causas del mismo son internas a la corriente del tráfico.

Intersecciones a Nivel: son aquellos que se utilizan en caminos o calles que llevan poco tránsito y ocurren a un mismo nivel. Las señales de tránsito y los semáforos, en algunos casos, aumentan la eficiencia de dichas intersecciones.

Intersecciones a Desnivel: están constituidas por los cruces a diferentes niveles entre dos o más carreteras. Generalmente son utilizadas para cruces entre vías expresas (distribuidor) y el cruce de una vía expresa con una arterial.



Distribuidor Diamante: está constituido por un distribuidor de cuatro ramales con sólo una rampa en un sentido en cada cuadrante. Los viajes a la izquierda se efectúan directamente sobre la carretera secundaria. Es adaptable a zonas rurales y urbanas y es aplicable a intersecciones donde existe una marcada diferencia con respecto a las características del tránsito en las dos vías, así que una es calificada de vía principal y la otra de secundaria.

Rampa: Es un ramal de intercambio con pendiente, presente en los distribuidores, destinado a empalmar una vía con otra a niveles diferentes.

Dispositivos para el Control del Tránsito: Son señales oficiales para controlar, prevenir, regular y guiar a los usuarios en una vialidad, para indicar las limitaciones que gobiernan en el tramo en circulación y las informaciones necesarias. Existen varios tipos de dispositivos, entre ellos reencuentran los siguientes: semáforos, demarcaciones y señales verticales.

Ciclo: período de tiempo requerido para una secuencia completa de indicaciones de semáforo.

Fase: una parte del ciclo asignado a un movimiento de tránsito que tenga el derecho de paso o a una combinación de movimientos de tránsito que tengan simultáneamente el derecho de paso durante uno o más intervalos.



CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este Trabajo Especial de Grado, de acuerdo a los objetivos que se desean alcanzar, se tipifica como Proyecto Factible, definido como “La investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos”¹.

3.2 NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se caracteriza por ser un estudio descriptivo “cuyo propósito es la delimitación de los hechos que conforman el problema de investigación”², requiriendo el uso de técnicas de recolección de datos como visitas de campo, levantamiento topográfico, conteos vehiculares, entre otros.

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El Trabajo de Grado, denominado Proyecto Factible como modalidad de trabajo, se apoyó en una “investigación de campo” donde todos los datos necesarios se recogieron directamente de la situación real, que en este caso corresponde a lo que se presenta en el tramo vial ubicado entre la Av. Mañongo y el Distribuidor Mañongo.

¹ Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la UPEL, 2006, p. 21.

² Méndez, 2005, p. 136.



3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población estudiada en este Trabajo de Grado, está conformada por todo tipo de transporte vehicular que circula por el tramo vial de la Av. Salvador Feo la Cruz, comprendido entre la Av. Mañongo y el Distribuidor Mañongo del Municipio Naguanagua Edo. Carabobo.

La muestra objeto de estudio, está integrada por los vehículos que circulan en el tramo y la recolección se ejecutó en un período aproximado de 1 mes.

De acuerdo a la metodología utilizada en la recolección de la muestra, ésta se tipifica como muestreo no probabilístico, el cual se caracteriza porque a los elementos de la muestra no se les ha definido la probabilidad de ser incluidos en la misma, además el error de muestreo no puede ser medido.³

Se clasifica en muestreo por cuotas, cuando se realizaron los conteos vehiculares clasificados, ya que su escogencia se basó en función de algunas características de la población, tales como la composición del tránsito en términos de vehículos livianos, vehículos pesados y transporte público. Además se clasifica en muestreo causal o accidental, cuando se realizaron los conteos vehiculares, sin tomar en cuenta alguna característica o clasificación en especial.

3 Carlos Méndez, 2005, p184



3.5 ETAPAS DE LA INVESTIGACION

La investigación está ligada a un proceso metodológico basado en el cumplimiento progresivo de fases que el investigador debe tomar en cuenta para crear plataformas firmes respecto a la inquietud que invada su interés.

La metodología desarrollada en esta investigación se ejecutó en tres fases bien definidas.

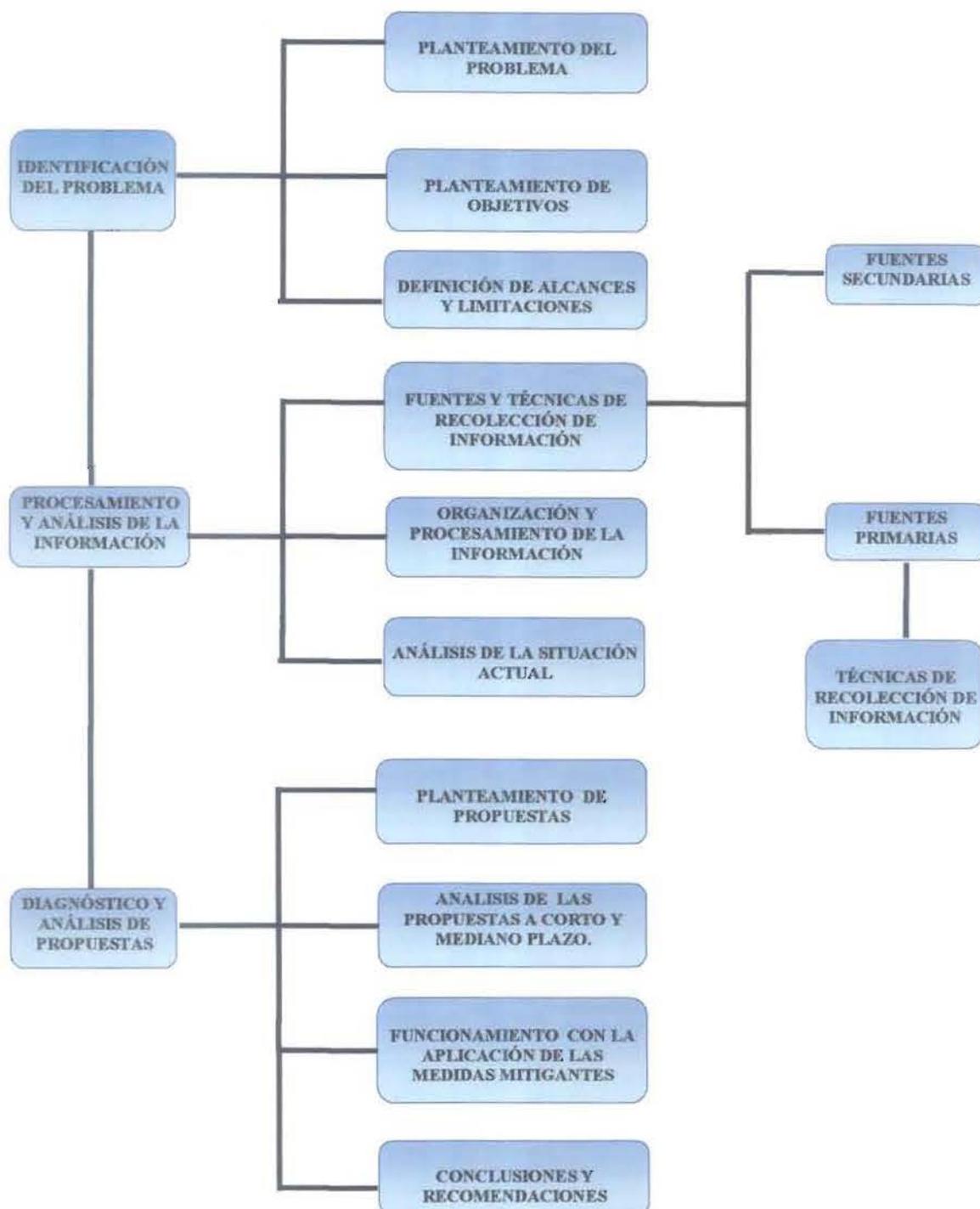
En la primera, se identificó el problema, en donde se hizo una descripción detallada de los factores que lo afectan directa e indirectamente y sus consecuencias, estableciendo los alcances y limitaciones.

La segunda fase, comprende la recopilación de la información necesaria, recabada a través de fuentes primarias y secundarias (técnicas de recolección), para luego ser procesada y analizada.

En la tercera fase se plantea las diversas propuestas de mejoramiento y el diagnóstico de cada una de ellas, para finalmente proponer las soluciones y recomendaciones.



DIAGRAMA METODOLÓGICO DE LAS ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN





1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

“El planteamiento del problema parte de la identificación y descripción de los síntomas que se observan y son relevantes en la situación, relacionándolos con las causas que lo producen”.⁴

En esta investigación se describen los diferentes factores que actúan en la situación observada y traen consigo consecuencias que van dando forma a la realidad a estudiar y evaluar mediante técnicas de recolección de datos.

Por otra parte, se delimitan los alcances de la investigación estableciendo los objetivos generales y específicos, además de determinar las justificaciones y limitaciones del problema.

2. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

2.1 Fuentes y Técnicas para la recolección de información

Para la exploración, descripción y explicación de un hecho o fenómeno que define un problema de investigación, y en este caso lo constituye el congestionamiento en la Av. Salvador Feo la Cruz, es importante tener al alcance la información necesaria para así dar las propuestas que mitiguen la situación. Por tal motivo se deben definir las fuentes de donde se obtendrá la información y las técnicas a emplear.

⁴ Méndez, 2005, p. 73



2.1.2 Fuentes Secundarias

Para la recabación de la información, se consultaron varios trabajos de grado afines al tema en estudio; así como libros de texto, manuales, estadísticas referentes al incremento del parque automotor, y estudios realizados por profesionales en el área y entes municipales.

2.1.3 Fuentes Primarias

Para la recopilación de la información primaria o directa se realizaron visitas periódicas a la zona en estudio, donde se observó detalladamente la situación actual en cuanto al sistema operativo de los semáforos, flujo vehicular, características de la vialidad y las áreas aledañas a lo largo del tramo. Los métodos para la obtención de la información requerida se obtuvieron de forma directa mediante la realización de las siguientes actividades:

- a) Inventario de la infraestructura vial
- b) Medición de los tiempos de las fases de los semáforos
- c) Conteos Vehiculares
- d) Conteos de Maniobras de Estacionamiento
- e) Conteos de Maniobras de paradas de transporte público



a) **Inventario de la infraestructura vial:** Comprende la identificación y medición de todos los elementos que conforman la infraestructura de la vía.

Se realizó un inventario de la Av. Salvador Feo la Cruz, en una longitud aproximada de 850 metros, desde el Distribuidor Mañongo hasta la Av. Mañongo., en el que se determinaron (4) intersecciones: una a desnivel clasificada como distribuidor tipo diamante que se estudiará en forma separada mediante dos intersecciones denominadas 1 y 2, y las otras dos a nivel denominadas como 3 y 4 (Ver Figura 3.1). Tanto el distribuidor, como la intersección a nivel que se conecta con la Av. Mañongo, presentan dispositivos de control (semáforos), por lo que son comúnmente llamadas intersecciones semaforizadas. También se observó a lo largo del tramo, anchos de calzadas variables, al igual que aceras e islas.

Para verificar estas variaciones y tener las dimensiones reales de estos elementos, se hizo una geometrización del tramo vial, por medio de mediciones realizadas con cinta métrica. Se obtuvieron longitudes y anchos de: canales, calzadas, brocales, islas y aceras.

Este aspecto se considera necesario para la verificación de la geometría realizada en el programa de simulación, la cual se diseñó en base a una imagen digital del área proveniente del portal Google Earth. La misma se seleccionó por la discrepancia existente entre la geometría vista en campo y la reflejada en los planos suministrados por los entes municipales, los cuales no han sido actualizados en los últimos años.



**FOTO 3.1 Mediciones de acera con cinta métrica.
FUENTE: Recopilación propia.**



**FOTO 3.2 Mediciones de isla con cinta métrica.
FUENTE: Recopilación propia.**

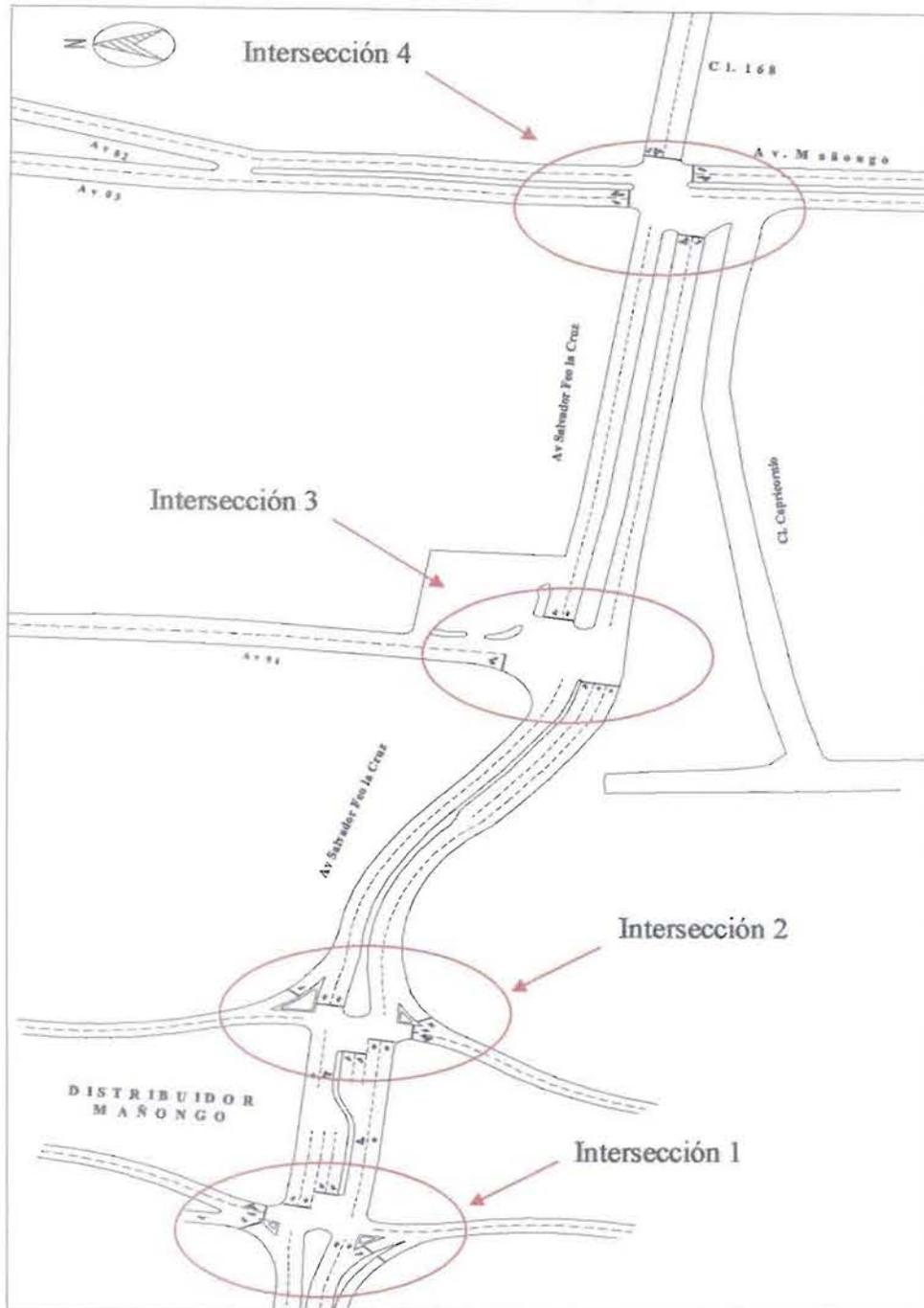


Figura 3.1 Tramo estudiado de la Av. Salvador Feo la Cruz.
Fuente: Elaboración propia.



b) Medición de los tiempos de las fases de los semáforos: Los dispositivos de control presentes en el tramo de estudio, están ubicados en el Distribuidor Mañongo (lado Este y Oeste) y en la intersección que se conecta con la Av. Mañongo ubicada a la altura de la Mansión del Pan. La determinación de la secuencia de las fases se obtuvo por medio de un observador que rotaba de posición para lograr establecer el orden de ocurrencia de cada fase del ciclo.

Para la obtención de los tiempos de fase, se realizaron con cronómetro digital tres (3) lecturas consecutivas de los periodos correspondientes a cada afluente de la intersección, tomando las mediciones de los tiempos verdes y amarillos.

c) Conteos Vehiculares: Se realizaron dos tipos de conteos vehiculares los días Martes, Miércoles y Jueves, días recomendables para obtener una muestra representativa del flujo vehicular. Sus procedimientos se explican a continuación:

- **Conteos vehiculares no clasificados (todo tipo de vehículo) de 3 horas:** Se realizaron conteos no clasificados de tres horas continuas en ambos sentidos de la Av. Salvador Feo la Cruz, los días Martes 23 de Enero y Miércoles 28 de Marzo de 2007, de 11:00am. a 2:00pm y de 4:00pm a 7:00pm, ya que por previa inspección visual en campo se estimó que la mayor afluencia de vehículos se encontraba en el turno del medio día y de la tarde. Para llevar acabo estos conteos fue necesaria la participación de dos personas, una por sentido, a las cuales se les facilitaron contadores mecánicos para obtener menos porcentaje de error. Esto con el fin de estimar el rango donde se encuentra la hora de mayor volumen vehicular (hora pico).



- **Conteos vehiculares clasificados (por tipo de vehículo):** Realizados durante los días Miércoles 16 de Mayo de 2007, de 12:00m a 2:00pm y de 5:00pm a 7:00pm, y los días Jueves 7 y 17 de Junio del mismo año, en el mismo horario. Los volúmenes se determinaron por movimiento a lo largo de todo el tramo en estudio. En esta oportunidad fue necesaria la presencia de 23 personas (cantidad correspondiente a los movimientos que se presentan en las cuatro intersecciones de estudio), ubicadas en puntos estratégicos dependiendo del movimiento a estudiar. La clasificación de los vehículos se realizó en base a la composición del tránsito existente en la zona, como vehículos livianos, pesados, taxis y transporte público.



FOTO 3.3 Realización de conteos clasificados.
FUENTE: Recopilación propia.



d) **Conteos de maniobras de estacionamiento:** El conteo de las maniobras de estacionamiento se realizó el día Jueves 14 de Julio de 2007, de 12:00pm a 2:00pm. Para éste conteo se escogieron los puntos donde se observó mayor movilización de vehículos para estacionarse, debido a los comercios que se encuentran adyacentes a la zona. Dichos puntos fueron el C.C. Via Veneto y La Mansión del Pan, donde se cuantificaron los vehículos que entraban y salían de los estacionamientos, así como los que se estacionaban en lugares inadecuados o prohibidos.



FOTO 3.4 Maniobras de estacionamiento en la Av. 03 frente a Mansión del Pan
FUENTE: Recopilación propia.



e) **Conteos de maniobras de parada de transporte público:** Estos conteos se realizaron utilizando la misma metodología y en forma simultánea que para el conteo de las maniobras de estacionamiento.

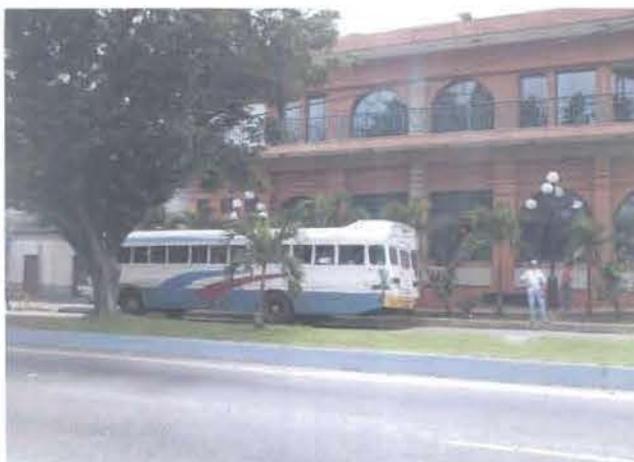


FOTO 3.5 Maniobras de parada de transporte publico, Av. Salvador Feo la Cruz.
FUENTE: Recopilación propia.



2.2 Organización y procesamiento de la información

Una vez recabada en campo toda la información requerida para el estudio, se procedió a su organización, con la finalidad de sintetizar los datos para lograr una mejor interpretación de los mismos. Estos datos fueron agrupados y tabulados, para luego ser vaciados en hojas de cálculo y graficados, permitiendo determinar la hora pico, volúmenes vehiculares direccionales máximos, factor hora pico, composición de los vehículos en porcentajes clasificados como vehículos livianos, pesados, taxis y transporte público, totalización de maniobras de estacionamiento. En fin, se obtuvieron todos los valores que sirvieron como variables de entrada usadas por el programa de simulación de tránsito Synchro.

Procesada la información en el software, se obtuvieron resultados importantes tales como niveles de servicio de las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas, tiempos de demora, entre otros, contándose así con las herramientas necesarias para el análisis y la interpretación de la situación que se presenta en la zona de estudio.

3. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE PROPUESTAS

Sintetizada y procesada la información, se tiene una idea clara de lo que ocurre en el tramo de estudio, y poder así hacer un diagnóstico definitivo de la situación actual. Este análisis, representa los cimientos a partir de los cuales se plantearán las diversas propuestas, bien sea físicas, operativas o una combinación de ambas, a corto y mediano plazo; que contribuirán al mejoramiento en el flujo vehicular y por ende al bienestar de los usuarios.



Planteadas las propuestas, se procederá a su evaluación para verificar su factibilidad de manera cualitativa, con ayuda del programa de simulación Synchro 6.0. Culinado este estudio detallado, se emiten las conclusiones donde se reflejan todos los resultados de la investigación. Estos valores contribuyen a generar las recomendaciones pertinentes a fin de impulsar estudios futuros relacionados con el tema.



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS OPERATIVO

4.1 FUNCIONAMIENTO PARA LA FECHA DEL ESTUDIO

Actualmente (Mayo 2007) la Av. Salvador Feo la Cruz es una importante vía por la que transita gran cantidad de vehículos provenientes, tanto de la autopista del Este como de los diferentes comercios y urbanizaciones establecidos en las áreas aledañas al tramo en estudio. Entre los lugares y establecimientos más importantes se encuentran: C.C. Sambil, C.C. Via Veneto, C.C. Triona, Urb. El Trigal, Urb. Ciudad Jardín Mañongo, Palma Real y los diferentes conjuntos residenciales de la Urb. Mañongo. Los altos volúmenes vehiculares que transitan continuamente por la zona producen el congestionamiento diario en las horas pico, lo que ha ocasionado la deficiencia en el funcionamiento operativo del tramo. A continuación se describen los aspectos más relevantes de cada una de las intersecciones que conforman la zona en estudio:

Intersección 1 (Distribuidor Mañongo lado Oeste)

La intersección 1 se encuentra ubicada en el lado Oeste del Distribuidor Mañongo, recoge el mayor flujo vehicular del tramo en estudio con un volumen de 4510 veh/h. Se observan grandes formaciones de colas en todos sus afluentes, ausencia de señales de demarcación y carencia de educación vial por parte de los conductores, que irrespetan las normas y señales de tránsito creando trancas en el



lugar donde convergen todos los movimientos que se dan en el mismo (ver figura 4.1).

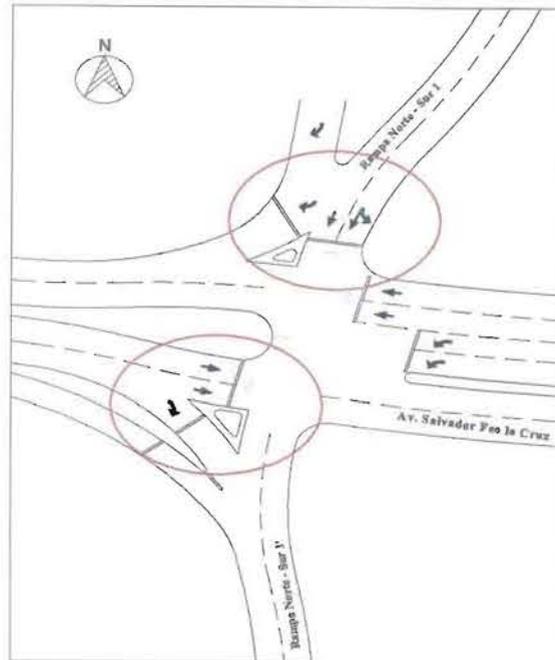


Figura 4.1 Intersección 1.
Fuente: Elaboración propia.

- **Av. Salvador Feo la Cruz (hacia el Este)**

Es el afluente de mayor volumen vehicular de la intersección 1. Posee un flujo total de 1853 veh/h, siendo el 78% representado por el movimiento recto y el 22% restante correspondiente al giro a la derecha. Por un canal exclusivo que contribuye a que los vehículos que se dirigen a la rampa de incorporación a la autopista, tengan plena libertad para realizar este movimiento y así disminuirle la carga al afluente. Sin embargo, la formación de largas colas sigue siendo su principal problema además de las infracciones que cometen los usuarios (ver foto 4.1).



FOTO 4.1 Afluente hacia el Este, intersección 1.
FUENTE: Recopilación propia.

- **Rampa Norte del Distribuidor (acceso desde la autopista)**

La rampa Norte – Sur maneja un volumen de 976 veh/h. El giro a la izquierda (hacia El Trigal) representa el 56% del flujo vehicular, mientras que el 44% corresponde al giro a la derecha (hacia la Av. Universidad). Por otra parte, se observan grandes problemas de congestionamiento, generándose colas que se prolongan hasta llegar a tomar un tramo de la autopista. Esto ocurre debido a la poca capacidad que presenta esta rampa para albergar la gran demanda que por allí transita, además del escaso tiempo verde del que disponen los vehículos para realizar ambos movimientos, razón por la cual parte de los vehículos que se dirigen hacia el Oeste (Av. Universidad), optan por desviarse por la trocha de tierra a fin de evitar la cola (ver foto 4.2).



FOTO 4.2 Afluente hacia el Sur, intersección 1.
FUENTE: Recopilación propia.

Intersección 2 (Distribuidor Mañongo lado Este)

La intersección 2 se encuentra ubicada en el lado Este del Distribuidor Mañongo (ver figura 4.2), donde se observan las siguientes características:

- **Av. Salvador Feo la Cruz (hacia el Este)**

Por este afluente (debajo de la autopista) circula la mayor cantidad de vehículos que maneja toda la intersección 2 y el tramo en estudio en general. Arroja un volumen de 1919 veh/h en la hora pico del mismo, período donde se observan aglomeraciones importantes en el canal de refugio para tomar la autopista hacia el Norte, causando periódicamente conflicto para los que se dirigen en sentido recto, cuyo volumen representa el 76% del total que transita por este afluente.

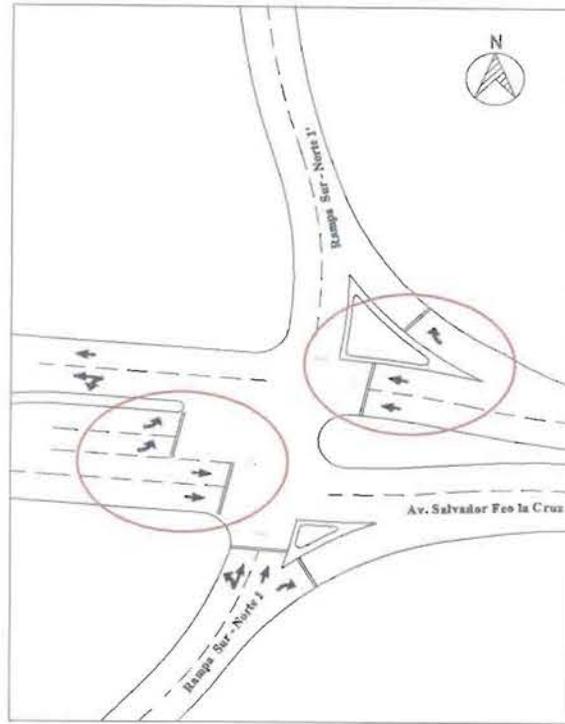


Figura 4.2 Intersección 2.
Fuente: Elaboración propia.

- **Av. Salvador Feo la Cruz (hacia el Oeste)**

En este sentido se observa diariamente un número considerable de vehículos, siendo el movimiento recto el que más volumen transporta (1489 veh/h) representando el 81% de todos los que transitan por este afluente. Como consecuencia, se observan grandes longitudes de cola que se extienden en algunos casos hasta el área de convergencia de la intersección 3, lo que a su vez genera mucha impaciencia en aquellos conductores que se dirigen hacia la autopista, ya que al no poder ingresar al canal destinado para el giro exclusivo a la derecha (Norte), deciden circular por el área destinada al paso peatonal (acera).



Por otra parte, las maniobras de estacionamiento que se realizan en el tramo comprendido entre esta intersección y la intersección 3, forman parte del conflicto que generan a los vehículos que transitan por el mismo, trayendo consigo molestias en los usuarios e interrupción del flujo vehicular.



FOTO 4.3 Afluente hacia el Oeste, intersección 2.
FUENTE: Recopilación propia.

Intersección 3 (Av. Salvador Feo la Cruz con Av. 04)

Tiene una característica relevante que hay que considerar, y es que no posee dispositivo de control (semáforos). Adicionalmente, se observan grandes maniobras de entrada y salida al estacionamiento, vueltas en “u” y vehículos estacionados en zonas prohibidas. Esto evidencia una vez más la ausencia de educación vial por parte de los conductores que, además de generar los conflictos antes mencionados obstaculizan el área de convergencia de la intersección, ocupando el espacio aún cuando saben que no pueden moverse libremente por la presencia de colas en el sentido al que se dirigen. (ver figura 4.3).

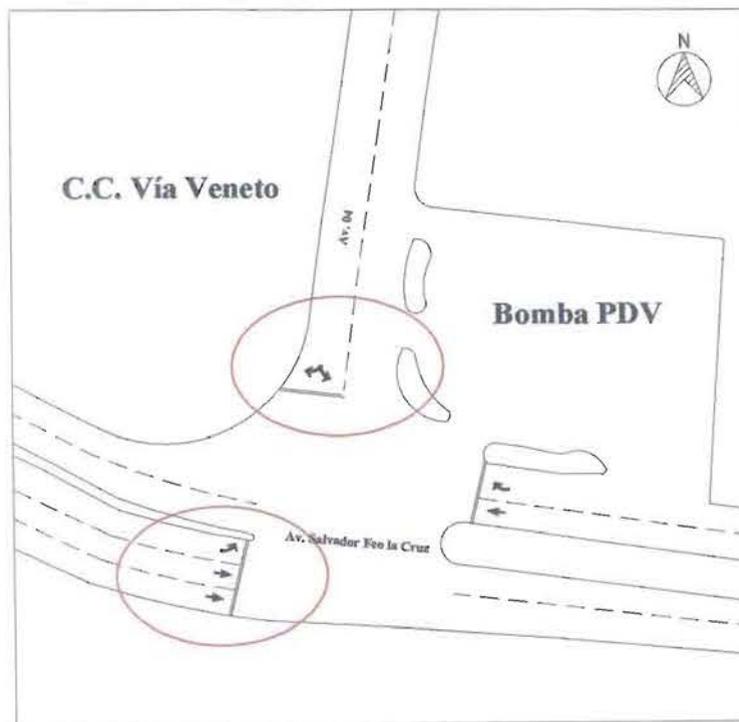


Figura 4.3 Intersección 3.
Fuente: Elaboración propia.



- **Av. 04 (hacia el Sur)**

Este afluente, que viene del C.C. Sambil y se intersecta con la Av. Salvador Feo la Cruz, presenta grandes conflictos vehiculares generados principalmente por una cantidad considerable de maniobras de estacionamiento, que se originan en ambos sentidos del tramo debido a la entrada y salida de vehículos al y del C.C. Via Veneto y de los conjuntos residenciales ubicados a escasos metros de éste, al igual que un importante número de conductores que se estacionan en zonas prohibidas a ambos lados de la calzada, disminuyendo considerablemente el ancho de los canales de circulación. Aunado a esta situación se tiene el problema con el transporte público que, por falta de paradas en zonas estratégicas, cargan y descargan pasajeros en cualquier punto, entorpeciendo el flujo continuo de los vehículos. Adicionalmente, se observa un detalle geométrico que ocasiona cierta incomodidad en los usuarios de la vía, y es que para realizar el giro a la derecha viniendo en el sentido Norte – Sur, el ángulo de la curva es menor a 90° (aproximadamente 70°), ocasionando un mayor esfuerzo para los conductores a la hora de cruzar.



FOTO 4.4 Afluente hacia el Sur, intersección 3.
FUENTE: Recopilación propia.

- **Av. Salvador Feo la Cruz (hacia el Este)**

Este afluente presenta un volumen de 1329 veh/h, donde el 38% de los vehículos realiza el giro a la izquierda para incorporarse a la Av. 04 (via C.C. Sambil), notándose gran dificultad por parte de los usuarios que desean ingresar a dicha avenida en la hora de máxima demanda vehicular, debido a la larga cola que se forma en el sentido contrario (Este – Oeste) proveniente de la intersección 2, la cual obstaculiza la realización de dicho movimiento.



FOTO 4.5 Afluente hacia el Este, intersección 3.
FUENTE: Recopilación propia.



Intersección 4 (Av. Salvador Feo la Cruz con Av. Mañongo)

Tiene varias características importantes que influyen notoriamente en el sistema operativo de la misma. El afluente Sur – Norte de la Av. Mañongo se observa sobresaturado en las horas críticas del tramo en estudio, evidenciándose mediante largas colas que allí se generan y que además son consecuencia del gran volumen de vehículos respecto a la capacidad de la vía, que ya no es suficiente para albergar tal cantidad de vehículos (ver figura 4.4).



Figura 4.4 Intersección 4.
Fuente: Elaboración propia.

- **Av. Salvador Feo la Cruz (hacia el Este)**

Presenta el mayor volumen de esta intersección en particular, alrededor de 1155 veh/h, siendo el giro a la derecha (vehículos que se dirigen hacia la Urb. El Trigal sentido Norte – Sur de la Av. Mañongo) representado por el 79%. Cabe destacar que en este afluente es donde se realizan la mayor cantidad de vueltas en “u” principalmente para acceder al C.C. Triona, adicionalmente a las paradas de transporte público que continuamente se generan y obstruyen el flujo vehicular.

El movimiento recto, representado por el 13% de los que transitan por el afluente, se ve obstaculizado por la geometría actual que presenta la vía, reduciéndose el ancho de la misma a partir de donde comienza el ramal que va hacia el Post – grado UC. Así mismo, la instalación de kioscos, taller en la acera y la entrada al colegio entre otras razones ocasiona una molestia para los conductores que se dirigen en ese sentido y sobre todo en sentido contrario.



**FOTO 4.6 Afluente hacia el Este, intersección 4.
FUENTE: Recopilación propia.**



- **Av. Mañongo (hacia el Sur)**

Otra característica relevante observada en la Av. Mañongo, es la gran cantidad de vehículos que se estacionan en el canal izquierdo de la vía justo frente a la Mansión del Pan, originando un gran conflicto a los que transitan por la misma al reducirse tres canales de circulación en prácticamente uno solo. Por otra parte, el estacionamiento de la Mansión del Pan y de los comercios aledaños, dan cabida a una gran cantidad de maniobras de estacionamiento (entrada y salida) que, al igual que el aspecto anterior, generan demoras al flujo vehicular que transita por la zona. El afluente Sur – Norte tampoco escapa de esta realidad, siendo tomados como estacionamiento el canal izquierdo y derecho de la vía, causando el mismo efecto de conflicto que el sentido contrario ya mencionado.



**FOTO 4.7 Ramal Norte, intersección 4.
FUENTE: Recopilación propia.**



- **Av. Salvador Feo la Cruz (hacia el Oeste)**

Este afluente presenta varios inconvenientes respecto a las maniobras de estacionamiento y paradas de transporte público y de carga, realizándose estas últimas en lugares inapropiados a lo largo del tramo, que no permiten el libre tránsito por la vía. Igualmente ocurre con el acceso al estacionamiento del C.C. Triona y a la bomba PDV situada al final del tramo (intersección 3) cuyas entradas y salidas contribuyen a los conflictos que se suscitan a diario.



FOTO 4.8 Afluente hacia el Oeste, intersección 4.
FUENTE: Recopilación propia.



4.2 DATOS DE ENTRADA DEL SOFTWARE SYNCHRO 6.0

A) Geometrización de la vía

Para la realización de esta investigación se trabajará con la metodología del HCM 2000, por ser esta la mas reconocida y sencilla de manejar. Una de las variables necesarias para la corrida del software SYNCHRO 6.0, son: la característica geométrica del tramo en estudio, número de intersecciones, número y ancho de canales y longitud de los tramos de dichas intersecciones, entre otros. Por esta razón se realizó una inspección en campo y una geometrización de la vía, a través de mediciones geométricas. En las figuras 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5 se muestran de forma general las características que presentan las intersecciones correspondientes al tramo en estudio de la Av. Salvador Feo la Cruz.

B) Conteos

B.1) Conteos de 3 horas (No Clasificados)

Para la realización de los conteos clasificados, primero se procedió a la obtención de las horas de mayor flujo vehicular del área en estudio, escogiendo los días Martes y Miércoles como representativos de toda la semana.

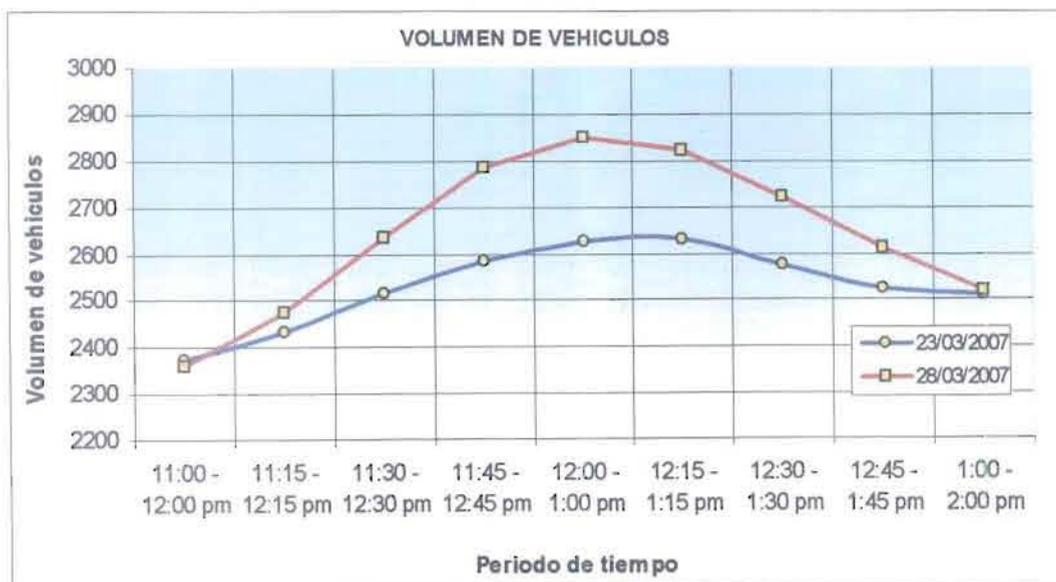
El primer conteo realizado fue el día Martes 23 de Enero de 2007 de 11:00am a 2:00pm, por ser aproximadamente el período de mayor volumen vehicular obtenido de las observaciones hechas en campo. Los puntos de estudio fueron: Av. Salvador Feo la Cruz sentido Oeste – Este, ubicando al personal encargado de los conteos frente a la Mansión del Pan, para así tomar en cuenta a todo el flujo que transita por



dicha vía independientemente de donde procedieran. El otro punto de conteo fue en la Av. Salvador Feo la Cruz sentido Este – Oeste, ubicando al personal en el C.C. Vía Veneto para una mejor visualización de los vehículos circulantes. El segundo conteo se realizó el día Miércoles 28 de Marzo de 2007 en el mismo horario y bajo las mismas condiciones que en el primer conteo.

Los datos obtenidos en ambos días se vaciaron en gráficas de Volumen de Vehículos Vs. Período de Tiempo para los dos puntos de estudio, y poder determinar las horas donde probablemente se encontrará la hora pico para la realización de los conteos clasificados.

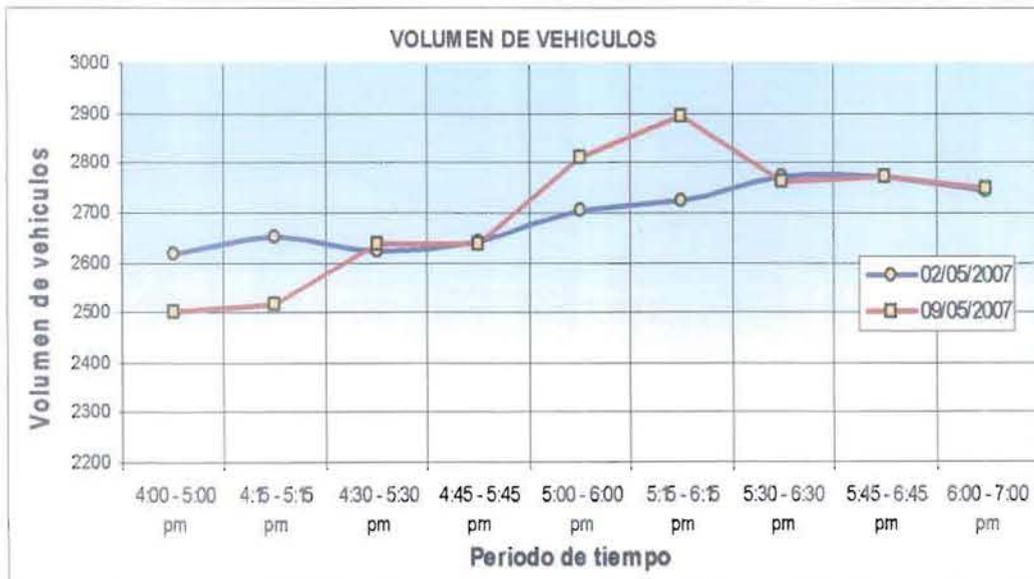
A continuación se muestra la gráfica correspondiente al turno del mediodía, obteniendo como periodo de mayor flujo vehicular de 12:00m a 2:00pm.



Gráfica 4.1 Volumen de Vehículos (Turno Mediodía de 11:00 a 2:00pm).
Fuente: Elaboración propia.



Para la determinación de las horas de mayor volumen de vehículos en el turno de la tarde se procedió de la misma manera que para el turno del mediodía, siendo utilizado para los conteos el horario de 4:00pm a 7:00pm, los días Miércoles 02 y 09 de Junio de 2007, obteniendo como período de mayor demanda el de 5:00pm a 7:00pm. Las gráficas obtenidas de los datos recabados en campo se muestran a continuación:



Gráfica 4.2 Volumen de Vehículos (Turno Tarde de 4:00 a 7:00pm).
Fuente: Elaboración propia.



b.2) Conteos de 2 horas (Clasificados)

- Hora Pico

Los conteos clasificados se realizaron los días Miércoles 16 y Jueves 17 de Mayo de 2007 en las horas de mayor flujo vehicular, determinadas en los conteos previos a éste, definiendo para esta actividad cuatro estaciones de estudio (ver figura 4.5), donde se procedió a ubicar el personal encargado en los distintos puntos de interés.

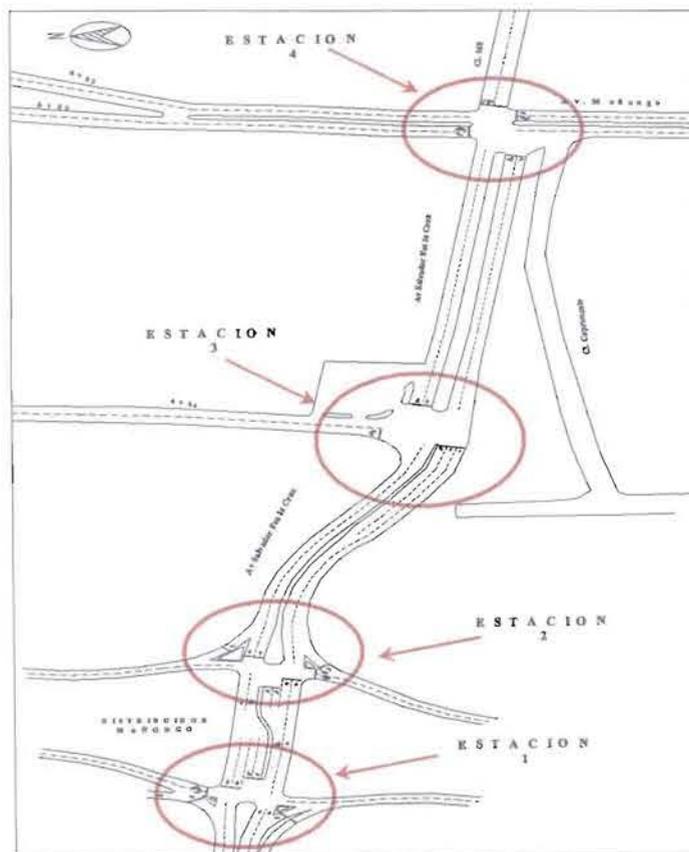


Figura 4.5 Estaciones de conteos clasificados.
Fuente: Elaboración propia.



Los datos allí recolectados contienen los volúmenes clasificados de los vehículos para cada día, por movimiento y por intersección, en períodos de 15 min. Con esta información se procedió a determinar la hora pico para todo el tramo en estudio de la siguiente manera:

- Se comenzó por la primera estación que en este caso es el Distribuidor Mañongo lado Oeste. Para cada movimiento se determinó el mayor volumen de todos los que se obtuvieron en cada hora durante el período de conteo en los dos días. La hora a la que correspondió este valor, representa la hora pico del movimiento.
- Los volúmenes anteriores se promediaron para ambos días, teniendo entonces volúmenes promedios para cada movimiento en todas las intersecciones, tanto del mediodía como de la tarde.
- Luego se totalizaron los volúmenes del mediodía y de la tarde, para obtener el volumen total del tramo en estudio para cada turno. Se escoge el mayor de los dos y se determina así el Turno Pico.
- Posteriormente se calculó la hora pico de cada intersección como el promedio ponderado de la hora pico de cada movimiento, de la siguiente manera:

$$HoraPico(intersecc) = \frac{\sum [HoraPico(mov) * VolumenPico(mov)]}{\sum VolumenPico(mov)}$$



Donde.

- Volumen Pico (mov) = es el promedio de los mayores volúmenes por movimiento para los dos días de conteo, determinado en el paso N° 2.
- Hora Pico (mov) = es la hora a la que ocurre el mayor volumen promedio de ambos días.

- Finalmente se determinó la Hora Pico de todo el tramo en estudio como el promedio ponderado de las Horas pico de cada intersección, según la siguiente ecuación:

$$\text{HoraPico(tramo)} = \sum \frac{[\text{HoraPico(int er secc)} * \text{VolumenPico(int er secc)}]}{\sum \text{VolumenPico(int er secc)}}$$

Donde:

- Volumen Pico (intersecc) = se calcula como el promedio de los volúmenes por movimiento para cada intersección.

Además del cálculo de la hora pico de la zona en estudio, para llevar a cabo la simulación en el software SYNCHRO 6.0 se requieren los siguientes datos:

✓ Factor Hora Pico

Se hace necesario el cálculo de este factor correspondiente a cada intersección del tramo en estudio para cada afluente en la hora pico calculada anteriormente. El cual se determinó de la siguiente manera:



$$FHP = \frac{V_{\text{pico}}}{4V_{\text{max}}^{15'}}$$

Donde:

V_{pico} = Mayor volumen del afluente

$V_{\text{max}}^{15'}$ = Mayor volumen del afluente en 15 minutos correspondientes a la hora pico.

Intersección	FHP											
	HE			HW			HN			HS		
	GI	MR	GD									
Distribuidor (Lado Oeste)		0,92	0,89	0,87	0,95					0,90		0,88
Distribuidor (Lado Este)	0,98	0,92			0,95	0,84	0,89		0,90			
C.C Via Veneto	0,88	0,89			0,85	0,84				0,72		0,77
Mansión del Pan	0,81	0,71	0,92	0,65	0,89	0,92	0,94	0,79	0,77	0,73	0,84	0,87

TABLA 4.1 Factor Hora Pico.
Fuente: Elaboración propia.

LEYENDA:

GI = Giro a la izquierda

GD = Giro a la derecha

MR = movimiento recto

HE = Hacia el Este

HW = Hacia el Oeste

HN = Hacia el Norte

HS = Hacia el Sur



✓ Volúmenes Horarios Direccionales por cada intersección

Los volúmenes por movimiento de cada intersección se determinaron en la hora pico del tramo, considerando la totalidad de los vehículos, es decir, sumando los volúmenes correspondientes a vehículos livianos, pesados, taxis y transporte público. Estos datos se vaciaron en una tabla de volúmenes direccionales por afluente, según se muestra a continuación:

Intersección	AFLUENTES											
	HE			HW			HN			HS		
	GI	MR	GD	GI	MR	GD	GI	MR	GD	GI	MR	GD
Distribuidor (Lado Oeste)		1450	403	476	1205					549		427
Distribuidor (Lado Este)	773	1146			1203	286	670		367			
C.C Via Veneto	364	965			623	225				176		587
Mansión del Pan	95	149	911	26	202	159	584	301	20	63	394	176

TABLA 4.2 Volúmenes Horarios Direccionales por cada intersección.
Fuente: Elaboración propia.

✓ Porcentaje de Vehículos Pesados

Se determinó considerando el volumen total de todos los tipos de vehículos como el 100%, para luego vaciarlos en una tabla de % de vehículo pesado por afluente.



Intersección	AFLUENTE											
	HE			HW			HN			HS		
	GI	MR	GD	GI	MR	GD	GI	MR	GD	GI	MR	GD
Distribuidor (Lado Oeste)		0,48	0,99	2,31	1,00					1,18		1,52
Distribuidor (Lado Este)	0,78	0,65			1,45	1,05	0,52		1,50			
C.C Via Veneto	0,55	0,83			1,12	0,67				0,00		1,11
Mansión del Pan	0,53	2,02	0,93	0,00	1,74	0,31	0,94	0,50	0,00	0,80	0,89	1,14

TABLA 4.3 Porcentaje de Vehículos Pesados.
Fuente: Elaboración propia.

✓ Maniobras de Estacionamiento

Se realizaron conteos de maniobras de estacionamiento en la hora pico del tramo, tanto de los vehículos livianos y de carga como de transporte público, estableciéndose como puntos de estudio (luego de una inspección visual en la zona) la rama norte y la rama oeste de la intersección N° 3 y N° 4. Los datos obtenidos en el conteo se muestran en las siguientes tablas:

Intersección	AFLUENTE			
	HE	HW	HN	HS
C.C Via Veneto	0	0	14	14
Mansión del Pan	10	6	0	0

TABLA 4.4 Maniobras de parada de transporte público por hora.
Fuente: Elaboración propia.



Intersección	AFLUENTE			
	HE	HW	HN	HS
C.C Via Veneto	0	99	32	74
Mansión del Pan	4	81	37	85

TABLA 4.5 Maniobras de estacionamiento de vehículos.
Fuente: Elaboración propia.

✓ **Medición de Tiempos de Fases de Semáforos**

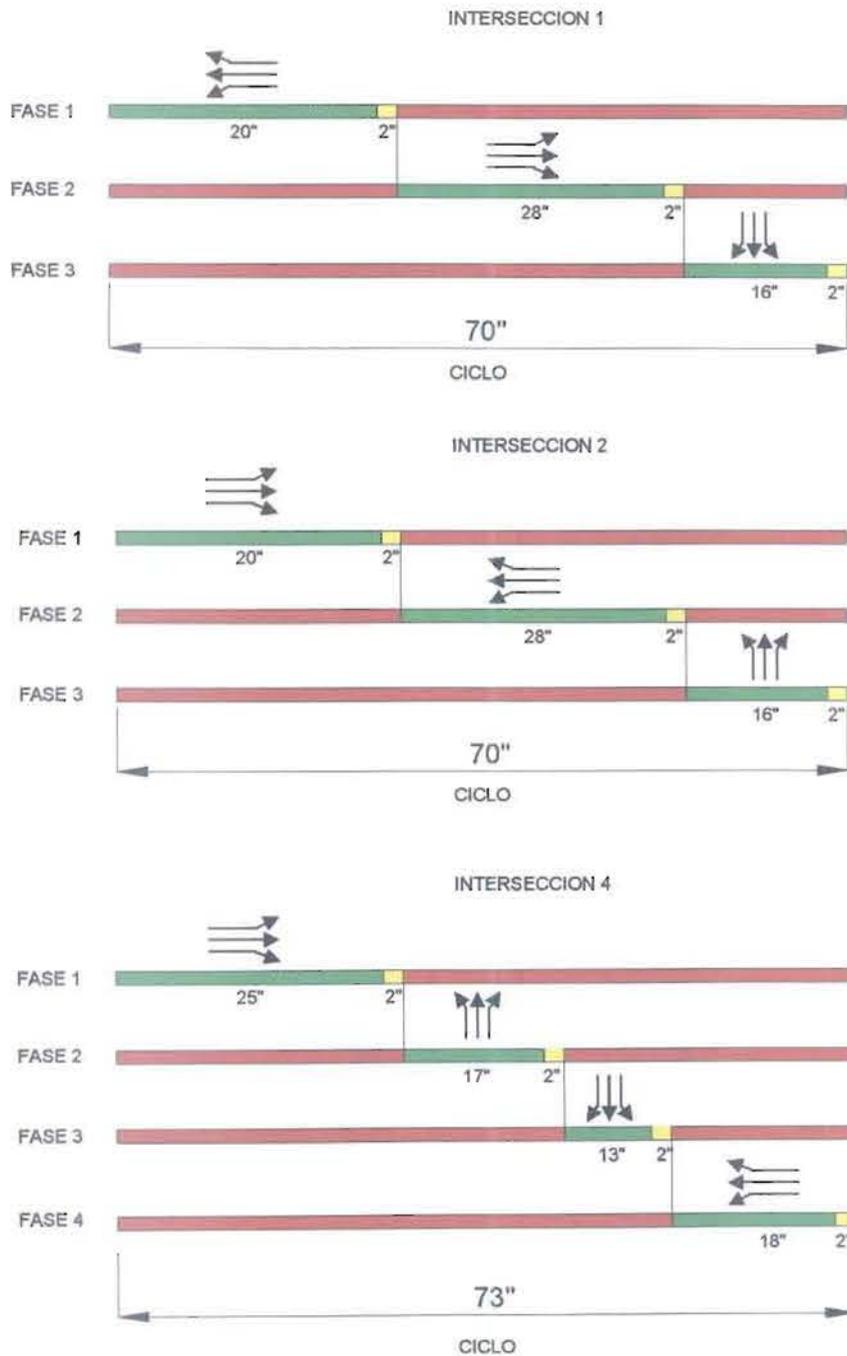
La siguiente tabla muestra las fases de los semáforos de las intersecciones semaforizadas existentes actualmente en el tramo de estudio.

Intersección	AFLUENTE								Tiempo total del ciclo (s)
	HE		HW		HN		HS		
	V	A	V	A	V	A	V	A	
Distribuidor (Lado Oeste)	28	2,00	20,00	2,00			16,00	2,00	70
	FASE 2		FASE 1				FASE 3		
Distribuidor (Lado Este)	20	2	28	2	16	2			70
	FASE 1		FASE 2		FASE 3				
Mansión del Pan	25	2	18	2	17	2	13	2	73
	FASE 1		FASE 4		FASE 2		FASE 3		

TABLA 4.6 Duración de las fases de los semáforos existentes.
Fuente: Elaboración Propia.



Diagrama de Fases del semáforo





4.3 RESULTADOS OBTENIDOS DE LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE SYNCHRO 6.0

Después de recopilada y analizada la información, se procedió a la realización de la simulación donde se obtuvieron las características de servicio de cada intersección en estudio, utilizándose como volumen de referencia los promedios más altos obtenidos de los conteos que, de acuerdo a los resultados, fueron los horarios de la tarde.

Sentido	Volumen (veh/h)	Demora (seg)	V/C	Nivel de Servicio
Hacia el Este	1853	148,6	1,71	F
Hacia el Oeste	1681	13,6	1,26	B
Hacia el Sur	976	140,8	2,42	F
Hacia el Norte				
Nivel de Servicio Promedio				F

TABLA 4.7 Resultados del Software SYNCHRO 6.0 (Intersección 1).
Fuente: Elaboración Propia.

Sentido	Volumen (veh/h)	Demora (seg)	V/C	Nivel de Servicio
Oeste - Este	2233	15,2	1,58	B
Este - Oeste	1489	36,2	1,62	D
Norte - Sur				
Sur - Norte	1037	49,8	1,35	D
Nivel de Servicio Promedio				C

TABLA 4.8 Resultados del Software SYNCHRO 6.0 (Intersección 2).
Fuente: Elaboración Propia.



Sentido	Volumen (veh/h)	Demora (seg)	V/C	Nivel de Servicio
Oeste - Este	1155	169	2,69	F
Este - Oeste	387	30,6	0,9	C
Norte - Sur	633	706,9	3,45	F
Sur - Norte	905	439,6	1,95	F
Nivel de Servicio Promedio				F

TABLA 4.9 Resultados del Software SYNCHRO 6.0 (Intersección 4).
Fuente: Elaboración Propia.

4.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Intersección 1

Esta intersección presenta un nivel de servicio F, generándose una situación en donde las condiciones de flujo son forzadas, afectada principalmente por la cantidad de vehículos que se desplazan tanto en la vía principal sentido Oeste – Este como en la secundaria sentido Sur – Norte, aumentando así el tiempo de demora debido a las largas colas que se presentan en la zona, aunado al gran número de conflictos que se forman en el área de convergencia de los vehículos.

Intersección 2

Presenta un Nivel de Servicio C, lo que quiere decir que a pesar de no ser un nivel muy bajo, su funcionamiento se empieza a ver afectado por la densidad del tráfico. Este es generado principalmente por la alta demanda del flujo vehicular que se presenta en el sentido Sur – Norte, donde se refleja un tiempo de demora alto por la presencia de grandes colas, y en sentido Este – Oeste donde los canales de circulación son insuficientes para albergar este volumen, hecho que se ve reflejado en la relación



volumen – capacidad, donde la cantidad de vehículos que llega a la intersección es considerable, formándose largas colas que se prolongan hasta las intersecciones anteriores. Sumado a esto existen las maniobras de estacionamiento que se originan en el tramo por la presencia de comercios ubicados a lo largo del mismo.

Intersección 3

Esta intersección no presenta dispositivos controladores de tránsito (semáforos), por lo que no se obtuvieron Niveles de Servicio por la metodología del HCM, sino que se presentó una relación de % ICU el cual arrojó un Nivel de Servicio H y un porcentaje de utilización de la intersección de 119.9%, mostrando así grandes deficiencias y conflictos en el tramo. Además de presentar una demanda de flujo vehicular considerable, el factor que influye en el deficiente funcionamiento de la intersección es la cantidad de vehículos que se estacionan a ambos lados del ramal Norte, conjuntamente con un número de maniobras de paradas de transporte público que generan grandes colas a lo largo de toda la vía.

Intersección 4

Presenta condiciones de flujo forzado, por lo que el Nivel de Servicio es F. Es la intersección más conflictiva del tramo la cual se ve afectada, no solo por la gran demanda de vehículos, sino por la presencia de un número elevado de maniobras de estacionamiento en ambos sentidos del ramal Sur, al igual que hay cantidades de vehículos que se estacionan a lo largo del mismo, disminuyendo así la capacidad de los canales de circulación y generando largas colas que se evidencian en el tiempo de demora y la relación volumen- capacidad arrojados por el SYNCHRO, siendo estos valores los más altos de todo el tramo en estudio.



CAPÍTULO V

PLANTEAMIENTO Y ANÁLISIS DE PROPUESTAS

5.1 PLANTEAMIENTO DE POSIBLES ALTERNATIVAS PARA EL MEJORAMIENTO VIAL

Una vez analizada la situación actual del tramo de la Av. Salvador Feo la Cruz, se procede al planteamiento de soluciones a corto y mediano plazo que contribuyan a mejorar el funcionamiento de la vialidad o a mitigar de alguna manera los problemas que se presentan en la zona de estudio.

A corto plazo se proponen mejoras operativas tales como:

- Modificación de los tiempos de las fases de los semáforos con la finalidad de aumentar la eficiencia de estos dispositivos, adaptándolos a las necesidades actuales.
- Prohibición del uso de los canales como estacionamientos en la Av. 04 y la Calle del Hambre de las intersecciones 3 y 4 respectivamente, los cuales causan desorden y reducen la capacidad de la vía. Esta propuesta permitirá una buena administración del tránsito en la zona.



Con la gran demanda de flujo vehicular presente en la zona de estudio, estas medidas a pesar de su rápida ejecución, no son suficientes para atenuar el problema. Es necesario entonces la implementación de acciones que generalmente requieren un período de tiempo mayor.

Entre las medidas que se proponen a mediano plazo se tienen:

- Modificaciones geométricas tales como prolongación de islas y ampliaciones de algunos tramos viales, con lo cual se busca descongestionar los afluentes y reacomodar el flujo vehicular. Para llevar a cabo estas variaciones, es necesaria la disminución del ancho de varias islas y, en otros casos, la expropiación de pequeñas superficies de terreno.
- Creación de paradas de transporte público a lo largo del corredor vial, para eliminar así muchos de los conflictos generados por estas unidades colectivas en la actualidad.
- Colocación de sistemas controladores de tránsito (semáforos) en la intersección 3, que ayuden a evitar los conflictos que se generan en el área de convergencia.

5.2 EVALUACIÓN DE PROPUESTAS

5.2.1 Propuestas a Corto Plazo

a) **Modificación de las fases de los semáforos en las intersecciones involucradas en el tramo**

El tramo estudiado de la Av. Salvador Feo la Cruz presenta, en la mayoría de sus afluentes, altos volúmenes vehiculares que, de acuerdo a la programación de las fases



de los semáforos que se encuentran funcionando en la actualidad, se tienen tiempos de demora elevados. El caso más crítico se evidencia en la intersección 4, con una demora de 345.6 (s) el cual repercute en el flujo continuo de vehículos.

Después de introducir en el programa SYNCHRO 6.0 la información recabada en campo y realizar la simulación, se procedió a la optimización de los tiempos de ciclo de los semáforos, obteniéndose en algunos casos una disminución de más del 60% de los tiempos de demora, logrando así reducir los tiempos de viaje y las largas colas. A continuación se presentan los Tiempos de Ciclo y los Tiempos de Demora arrojados por el software SYNCHRO 6.0, con la implementación de las medidas a Corto Plazo. (Ver tabla 5.1 y 5.2).

TIEMPOS DE CICLO (s)			
INTERSECCIÓN	1	2	4
Situación Actual	70	70	73
Propuesta a corto plazo	65	65	110

TABLA 5.1 Tiempo de Ciclo en Intersecciones.
Fuente: Elaboración propia.

TIEMPOS DE DEMORA (s)				
INTERSECCIÓN	1	2	3	4
Situación Actual	97,3	29,6	sin semáforo	345,6
Propuesta a corto plazo	70,8	38,1	sin semáforo	232,7
Propuesta a mediano plazo	63,7	38,1	29	97,7

TABLA 5.2 Tiempos de Demora, aplicando medidas mitigantes.
Fuente: Elaboración propia.



A pesar de la poca variación de los niveles de servicio, esta solución da resultados inmediatos al problema de congestión vial, debido a su rápida ejecución, pues es una modificación operativa que se le realiza a un dispositivo existente.

Es importante mencionar que al optimizar los tiempos de fases de los semáforos en la intersección 2 el nivel de servicio varió de “C” a “D”, debido a que ésta al igual que la intersección 1, forma parte del Distribuidor Mañongo. Razón por la cual ambas están sincronizadas, y por ser la intersección 1 la que mayores conflictos presenta en la actualidad, se decidió ajustar los tiempos refiriéndose a esta.

b) Prohibición de las paradas de vehículos

En la Avenida 04 y la Calle del Hambre pertenecientes a las intersecciones 3 y 4 respectivamente, se presentan grandes conflictos por el número de maniobras de estacionamiento que se generan en ambos afluentes. El ramal norte perteneciente a la intersección 4, es un caso bastante problemático debido a que los vehículos se estacionan en el canal rápido correspondiente a las trochas este y oeste.

Por esta razón se propone la prohibición del estacionamiento de vehículos en ambos sentidos del afluente. Esta solución a corto plazo, de acuerdo a los valores arrojados por el SYNCHRO 6.0, no aumenta el nivel de servicio de la intersección pero disminuye considerablemente el tiempo de demora.



5.2.2 Propuestas a Mediano Plazo

a) Modificaciones Geométricas

Intersección 4

Se propone la creación de un canal de refugio para la realización del giro a la derecha en la Av. Salvador Feo la Cruz sentido hacia el Este, adicional al canal de giro existente en la actualidad. Esta modificación requiere de 3.4m de la isla que divide a la Avenida en cuestión con la calle de Servicio Capricornio, proporcionando una longitud de almacenamiento de 45m.

Adicionalmente se debe crear una parada para el transporte público antes del comienzo de la longitud de almacenamiento, destinado obviamente a cargar y descargar pasajeros.

Ambas propuestas permitirán un mejor desenvolvimiento en el afluente, ya que la gran cantidad de vehículos que se dirigen a la Av. Mañongo dispondrán de dos canales para realizar el movimiento a la derecha, disminuyendo así los tiempos de demora causados por las largas colas que se generan, y además por las maniobras de paradas de transporte público debido a la inexistencia de un lugar apropiado para realizar dicha actividad.

Por otra parte, se plantea la realización de un refugio en la Calle del Hambre sentido hacia el Sur, para el giro a la derecha. El mismo requiere de 3.4m del estacionamiento superficial que se tomó para sí la Mansión del Pan, cuyo espacio es de 8.6m. Tomando la distancia requerida para el canal de refugio, restarían 5.2m de donde se destinarían 1.2m en la acera del comercio y 4m en el estacionamiento.



De esta manera y conjuntamente con el compromiso serio de la prohibición del estacionamiento de los vehículos en el canal rápido, se permitirá el movimiento fluido del tránsito y una disminución en los tiempos de demora. Es de notar que la Mansión del Pan posee estacionamiento subterráneo.

Para la Calle 168 se propone la ampliación a ambos lados de la calzada, requiriendo de 3.10m de espacio ya existentes frente a la entrada del Colegio San Marino, más 0.50m, lo que implicaría una pequeña expropiación en la institución para así llegar a los 3.6m que se necesitan para abrir otro canal y alinear la vía con la Av. Salvador Feo la Cruz.

Esta modificación dará paso a dos canales disponibles para la cantidad de vehículos que se dirigen hacia el Este, cuyo número es considerable. También se pretende crear un canal compartido donde se dará fluidez a los vehículos que giran a la derecha y los que siguen recto hacia la Av. Salvador Feo la Cruz, necesitando extender el canal hacia el Oeste una distancia de 3.6m en dirección a la cauchera, donde se cuenta actualmente con 5.7m disponibles. Esta medida requerirá del desalojo de los mini comercios que se encuentran en ese espacio.

En sentido hacia el Norte de la Av. Mañongo se presenta un volumen de vehículos significativo, siendo el giro a la izquierda el que mayor cantidad maneja. Por esta razón, y debido a la existencia de sólo dos canales, se propone la creación de un canal de refugio en el canal izquierdo de 3.4m de ancho.

La isla que allí se encuentra tiene 3.1m. Considerando los 0.60m entre el brocal y la primera línea del canal, se requerirán de 2.8m de la misma quedando la isla de 0.30m de ancho, lo cual es aceptable.



Con las propuestas de modificación (en conjunto) planteadas anteriormente, se obtuvieron resultados de la simulación, donde se reflejaron mejoras en los tiempos de demora de la intersección, disminuyendo en un 60% en comparación con el tiempo arrojado en las soluciones a corto plazo, el cual fue de 232.7 s. Si bien es cierto que el Nivel de Servicio no mejoró, hay que destacar que los tiempos de demora mejoraron notablemente, lo que significa un gran avance en lo que respecta a la comodidad de los usuarios y a la fluidez de la intersección. (Ver Figura 5.1)

Intersección 3

En el afluente Este – Oeste de la Av. Salvador Feo la Cruz se genera un número considerable de maniobras de estacionamiento debido a la existencia de comercios como el C.C. Triona y la Estación de Servicio PDV, de donde continuamente entran y salen vehículos que ocasionan conflicto en el flujo vehicular que va transitando por la vía.

En vista de esta problemática se hace necesaria la creación de un refugio de 3.4m, el cual es factible ya que se disponen de 4m y fácilmente pueden trasladarse las entradas a estos lugares para dar cabida a la acera correspondiente para el paso peatonal. Además, para dar continuidad al canal de refugio, se requiere de la modificación de la entrada a la bomba, ya que los muros perimetrales de la misma, tal como se encuentran actualmente, no permiten que la propuesta cumpla con su función efectivamente, ya que el giro a la derecha resultará complicado.

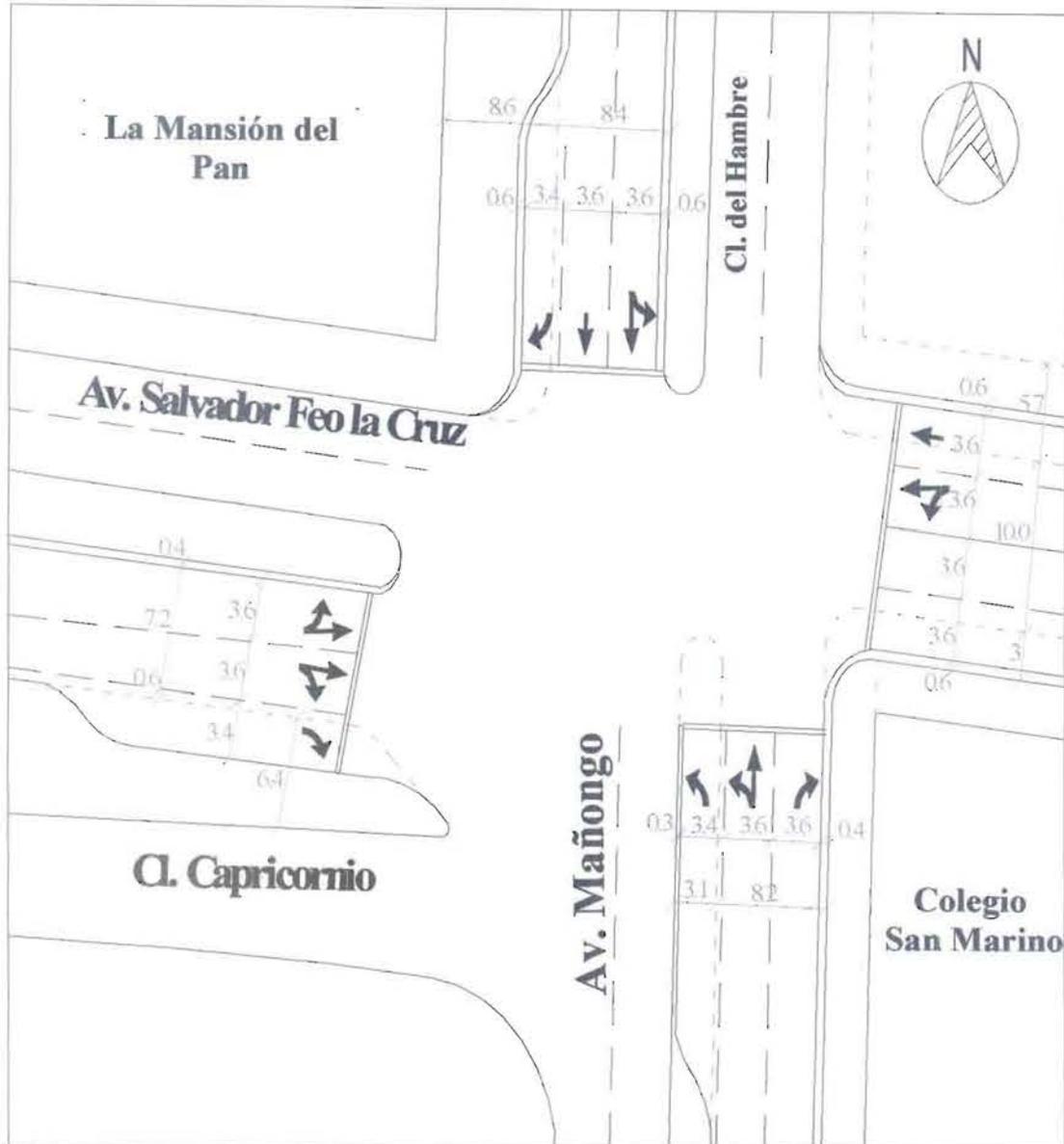


Figura 5.1 Modificaciones geométricas en Intersección 4.
Fuente: Elaboración propia.



Por otra parte, se propone la ampliación de la Avenida 4 en ambos sentidos, para así proporcionar dos canales extras de 3.6m cada uno, resultando dos para el giro a la izquierda y derecha en la vía que va hacia el Sur, y otros dos en el sentido Norte. La modificación de la calzada requiere de 2m en las aceras de ambos lados, cuyo ancho es de 4m cada una, dejando un espacio de 2m para el paso peatonal. De esta manera queda una vía de 4 canales capaz de albergar a la gran cantidad de vehículos que por allí circulan y proporcionando mayor comodidad a los usuarios, manteniendo la propuesta planteada a corto plazo con respecto a la prohibición de las paradas de vehículos en el sector. (Ver Figura 5.2).

b) Implementación de Dispositivos de Control

De acuerdo al crecimiento progresivo del parque automotor, se propone la implementación de semáforos en la **Intersección 3** del tramo en estudio. El funcionamiento de estos dispositivos se coordinó con el de las intersecciones más cercanas (2 y 4), el cual presenta un tiempo de ciclo de 70 (s).

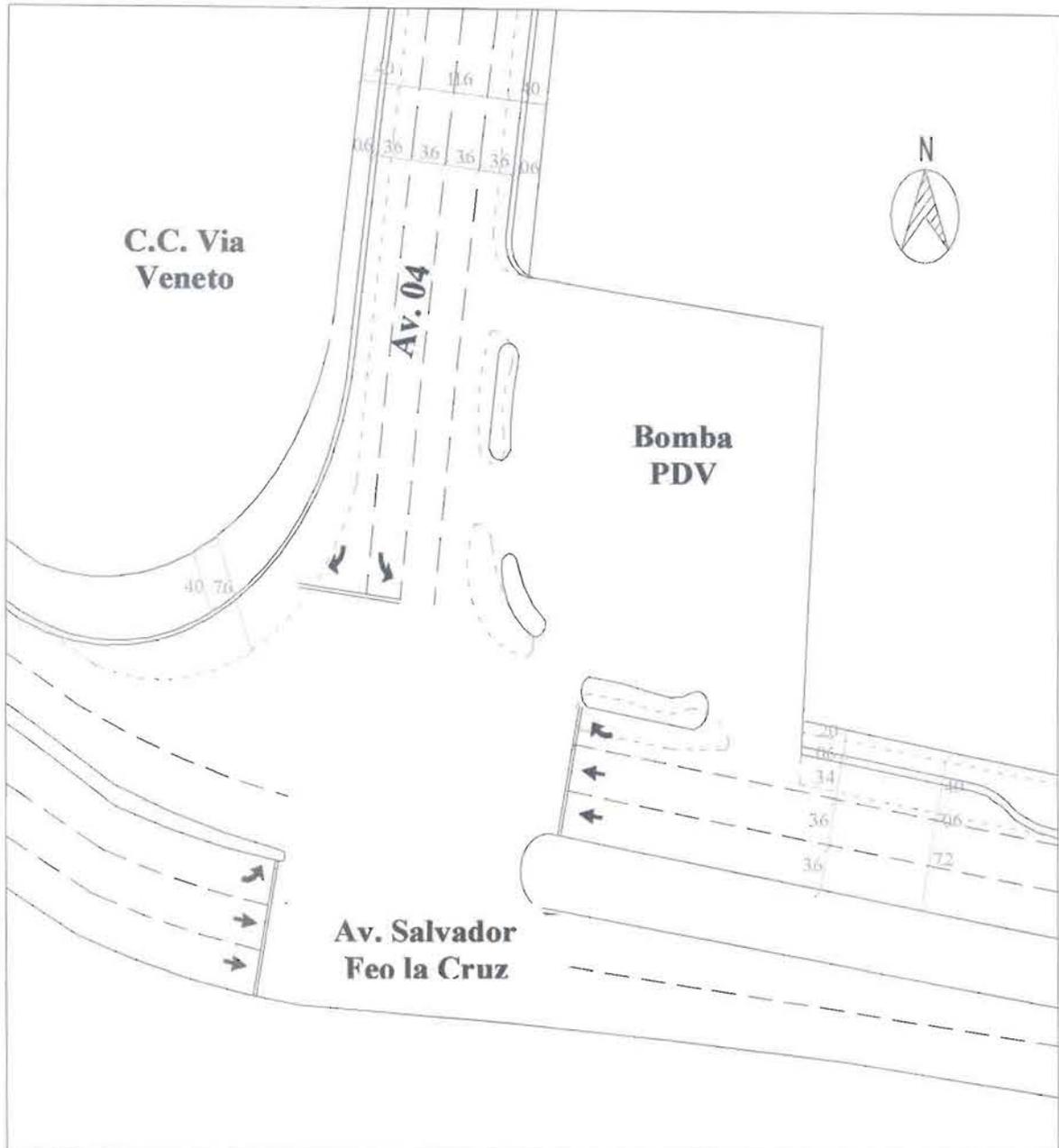


Figura 5.2 Modificaciones geométricas en Intersección 3.
Fuente: Elaboración propia.



Esta alternativa de solución se simuló en el software SYNCHRO 6.0, arrojando como resultado un Nivel de Servicio C y un ICU de 66.2%, cifras bastante aceptables con respecto a lo que se tiene actualmente, que es un Nivel de Servicio H y un ICU de 119.9% (ver tabla 5.3). Por otra parte, el reporte del HCM arrojó un tiempo de demora de 29 (s) y un Nivel de Servicio C, lo que representa una gran mejoría en el funcionamiento.

INTERSECCION 3	ICU	
	% Utilización Capacidad	Nivel de Servicio
Situación Actual	119,9	H
Propuesta a corto plazo	119,9	H
Propuesta a mediano plazo	66,2	C

TABLA 5.3 Resultados arrojados por ICU.
Fuente: Elaboración propia.

Con la aplicación de esta propuesta se observaron mejoras en el funcionamiento operativo de la intersección (según lo reportado por el software), conjuntamente con todas las mencionadas anteriormente, contribuyendo así a la comodidad de los usuarios y a la prevención de accidentes.

c) Incorporación de paradas de autobuses en el tramo vial en estudio

Las intersecciones 3 y 4 se ven afectadas por el transporte público debido a la ausencia de paradas definidas en la zona. Se observa con mucha frecuencia la detención de estas unidades colectivas en cualquier punto para recoger pasajeros, interrumpiendo, en la mayoría de los casos, el flujo continuo de vehículos.



Para solventar esta situación se propone incorporar una parada de en el tramo de la Avenida salvador Feo la Cruz, ubicada frente al C.C. Triona en el afluyente que se dirige hacia el Este, escogiéndose este punto por ser el lugar donde normalmente los transportistas recogen y bajan a los usuarios. Para su construcción no es necesario la expropiación de terrenos, pues se trata de un área pública, lo cual facilita aun más su colocación. Con la implementación de esta parada se eliminarían estas maniobras, atenuando los conflictos y las demoras ocasionadas por ellas y se prohibirían las paradas de estas unidades en cualquier punto diferente a las reglamentarias.

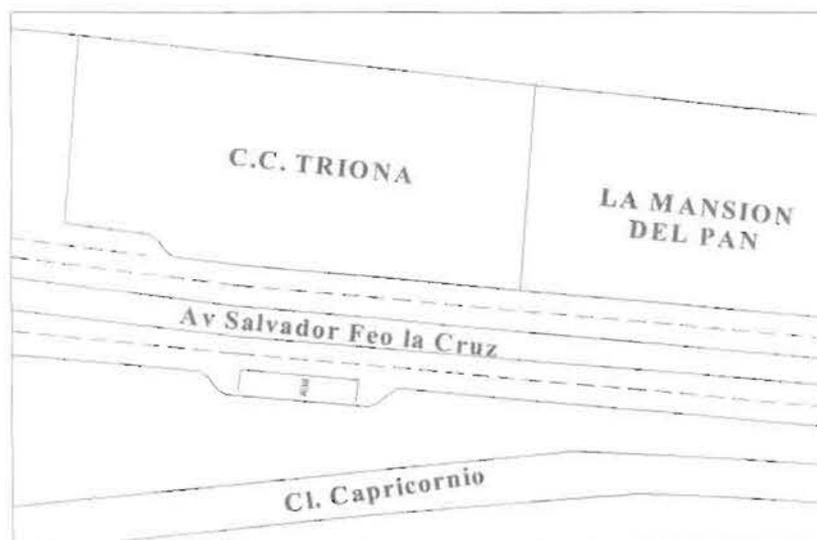


Figura 5.3 Ubicación de paradas de transporte público.
Fuente: Elaboración propia.



5.3 CONCLUSIÓN DE LAS PROPUESTAS

Las propuestas planteadas para el mejoramiento del tránsito en el corredor vial estudiado, fueron analizadas y sustentadas con el software SYNCHRO 6.0. En las tablas que a continuación se presentan, se encuentran resumidos los valores de tiempo de demora y niveles de servicios arrojados por el programa, en condiciones actuales, conjuntamente con la implementación de las propuestas a corto y mediano plazo.

TIEMPOS DE DEMORA				
INTERSECCIÓN	1	2	3	4
Situación Actual	97,3	29,6	sin semáforo	345,6
Propuesta a corto plazo	70,8	38,1	sin semáforo	232,7
Propuesta a mediano plazo	63,7	38,1	29	97,7

TABLA 5.4 Tiempo de demora, aplicando medidas mitigantes.
Fuente: Elaboración propia.

NIVEL DE SERVICIO				
INTERSECCIÓN	1	2	3	4
Situación Actual	F	C	sin semáforo	F
Propuesta a corto plazo	E	D	sin semáforo	F
Propuesta a mediano plazo	E	D	C	F

TABLA 5.5 Nivel de Servicio, aplicando medidas mitigantes.
Fuente: Elaboración propia.

En vista a estos resultados, se puede concluir que las propuestas a corto plazo, contribuyen a atenuar los tiempos de demora en un 20%, logrando en la intersección 1 aumentar el nivel de servicio a E. De igual forma las soluciones planteadas a mediano plazo, lograron disminuir esta demora en un 70%. Valores que si bien es cierto contribuyen a mitigar la problemática existente, no solucionan en grandes proporciones la problemática que actualmente vive la zona.



CONCLUSIONES

A lo largo del tramo estudiado en la Av. Salvador Feo la Cruz y durante el periodo de observación y recolección de datos, se apreció la verdadera problemática existente en la zona que diariamente somete a los usuarios a grandes tiempos de demora e incomodidad. Esta situación, se reafirma aun más con los resultados arrojados por el software SYNCHRO 6.0, donde se evidencia la incapacidad que presenta la misma para recoger y albergar la alta demanda vehicular que día a día circula por el tramo vial, situación que genera un número importante de conflictos reflejados en los bajos niveles de servicio y altos tiempos de demora que sufre actualmente este importante corredor vial. Por ello, se proponen alternativas de solución a corto y mediano plazo, entre las que se encuentran medidas fácilmente ejecutables a corto tiempo y que mitigan el problema de una manera satisfactoria.

La deficiencia en el funcionamiento operativo de las intersecciones, específicamente en la 3 y 4, se debe en gran parte a los vehículos que se estacionan en lugares inapropiados a ambos lados de la vía, ocupando el canal rápido en muchas ocasiones, como el caso de la Av. 03 frente a la Mansión del Pan, donde los vehículos que van hacia el sur y hacia el norte deciden estacionarse en el canal de la izquierda interrumpiendo notablemente la fluidez del tránsito por la vía. De igual forma ocurre en la Av. 04 (perteneciente a la intersección 3), disminuyendo el espacio destinado al libre tránsito de los vehículos, causando conjuntamente con las paradas de transporte público en sitios inapropiados, altos tiempos de demora y niveles de servicio deficientes.



Es por esto que la ampliación de implementación de paradas de transporte público aquí propuestas resultan ser un medio fácil para aminorar la problemática que padece la zona en estudio, sin dejar de resaltar que debe existir un programa de concienciación en los usuarios para así apreciar las mejoras en el funcionamiento del tramo.

Por otra parte, con la optimización de los tiempos de ciclos en los semáforos se consiguió una disminución apreciable en la demora en tiempos cortos, reflejados en los reportes del software SYNCHRO 6.0. Es decir, que son soluciones que se pueden ir implementando mientras se va avanzando en lo que respecta a planes de mediano plazo.

Con respecto a las modificaciones geométricas propuestas a mediano plazo, se obtuvieron resultados que no mejoraron el nivel de servicio de las intersecciones involucradas, pero que a pesar de esto atenuaron la situación disminuyendo considerablemente los tiempos de demora. Entre las planteadas en este estudio se encuentra la ampliación de la rampa norte – sur del Distribuidor Mañongo, la cual no produjo variaciones en los tiempos de demora de acuerdo a los reportes arrojados por el programa de simulación. Sin embargo, las observaciones realizadas en campo, evidencian que la incorporación de un canal adicional generaría resultados positivos que contribuirían a la disminución de la demora en el tramo de la misma.

Adicionalmente a esta ampliación, otra modificación que contribuiría a un mejor desenvolvimiento del flujo vehicular, es la prolongación de la isla divisoria entre la calle de servicio frente al liceo Camoruco y la Av. Salvador Feo la Cruz sentido hacia el este, la cual eliminaría las maniobras que realizan los vehículos para evitar la cola en el afluente e incorporarse nuevamente en el Distribuidor, ocasionando conflictos



en el área de convergencia, situación que no se ve reflejada en el programa de simulación, pero que sin duda mejoraría la problemática existente.

Para lograr una verdadera mejoría en la zona, se requiere de una ampliación en las avenidas Salvador Feo la Cruz y Mañongo, ya que aumentando la capacidad de dichas vías se proporcionará un flujo más continuo y cómodo para los usuarios.

El software de tránsito SYNCHRO 6.0, analiza la capacidad en intersecciones semaforizadas, determina demora, niveles de servicio y permite modificar los tiempos de ciclo. Además de modelar y simular los flujos vehiculares reales, siendo una herramienta fundamental para la presente investigación, ya que facilitó la obtención de variables importantes que sirvieron de soporte para el desarrollo del análisis y la formulación de las propuestas que se presentaron en el presente estudio. La simulación mostrada en el programa no produce en algunos casos el escenario real que se observa a simple vista en el estudio de campo, esto se debe a que el programa fue desarrollado en Estados Unidos, utilizando parámetros y valores establecidos en ese país, los cuales se comportan de manera diferente a los parámetros de transportes existentes en América Latina y particularmente en Venezuela.



RECOMENDACIONES

- El problema de los vehículos estacionados en lugares inapropiados es motivo de preocupación para todos los usuarios que transitan por las vías donde se presenta este inconveniente, por esta razón se recomienda la fiscalización permanente en dichos sectores para evitar así la obstaculización que representan para el flujo vehicular.
- Establecer la creación de estacionamientos en áreas adyacentes, aprovechando los terrenos baldíos existentes.
- Realizar un estudio en el campo de la ingeniería de detalle que permita evaluar la factibilidad de la ampliación en la rampa norte – sur del Distribuidor Mañongo.
- Realizar un estudio Costo – Beneficio, referente a la ampliación de la Av. Salvador Feo la Cruz y la Av. Mañongo.
- Se recomienda un estudio más detallado de las variables arrojadas por el software SYNCHRO 6.0, como la realización de mediciones de demora en campo con la finalidad de comparar los resultados y determinar la dispersión que presenta el programa con respecto a lo que ocurre en la realidad.
- Se recomienda impartir al público una formación adecuada sobre educación vial, con el fin de ir creando conciencia y contribuir a lo que es el buen funcionamiento operativo de las intersecciones.



- En el presente estudio no se tomó en cuenta el centro hotelero y de oficina World Trade Center, cuyo impacto vial amerita un proyecto vial específico para la zona.



BIBLIOGRAFÍA

ABREU, Nataly. "Análisis de intersecciones semaforizadas a través de las metodologías del HCM y del ICU2000. Caso: Municipio Naguanagua". Universidad de Carabobo. 2004.

BARBELLA, Ana María; Pérez, Mirtha; Villegas, Mariam. "Influencia del crecimiento demográfico en la vialidad urbana de los Municipios Valencia y Naguanagua". Trabajo Especial de Grado. Universidad de Carabobo. Mayo 1999.

BARRIOS, Yaely; Sánchez, Jennifer. "Aplicación de modelo de simulación de tránsito en intersecciones y tramos viales". Universidad de Carabobo. Noviembre. 2004.

GIMÉNEZ, José; Roa, Leonardo. "Estudio de la problemática de tránsito vehicular en la Avenida Valencia, entre el Distribuidor Naguanagua y la Avenida 96 del Municipio Naguanagua, Valencia Estado Carabobo". Universidad de Carabobo. Noviembre. 2006.

MARINA, Alicia; Torres Silvia; Baptista, José. "Estudio de la Capacidad y Niveles de Servicio en Distribuidores tipo trébol". Universidad de Carabobo. Mayo. 1996.

RAMÍREZ Osio, Oscar. "Estudio Integral de Transporte y Tránsito del Municipio Naguanagua". 1996 – 1997.



TORRES, Fernando. "Apuntes de Vías I". Universidad de Carabobo Facultad de Ingeniería. Valencia.

ARIAS, F. (1999). El Proyecto de Investigación. (2ª ed.). Caracas.

MÉNDEZ, C. (2002). Metodología: Diseño y desarrollo del proceso de investigación. (3ª ed.). Bogotá, Colombia: McGraw Hill Interamericana, S.A.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Vicerrectorado de Investigación y Postgrado. (2006). Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales, Caracas.

Cámara Automotriz de Venezuela. (2007). [On – line]. Disponible en: <http://www.CAVENEZ.com>

Highway Capacity Manual. Transportation Research Board 2000.

Manual Interamericano de Dispositivos para el control del tránsito en calles carreteras. Organización de los Estados Americanos. Fundación Editorial Universidad de Carabobo. 1995.

ANEXO A

PLANILLA DE RECOLECCIÓN DE
INFORMACIÓN

Tesis de Grado ESTUDIO DE LA PROBLEMÁTICA DEL CONGESTIONAMIENTO VIAL EN LA AVENIDA DIVISORIA POR LA CRUZ EN EL DISTRITO MARABOY Y LA AVENIDA AMALIO DEL MUNICIPIO MARABOY EN EL ESTADO CARABOBO	TECNICAS Y HERRAMIENTAS PARA LA RECABCION REQUERIDA EN PROYECTOS VIALES CONTEO DIRECCIONAL-CLASIFICADO DE VEHICULOS EN INTERSECCIONES	 UNIVERSIDAD DE CARABOBO
--	--	---

Fecha:	Hora inicio:	Intersección:	Sentido:
Día:	Hora final:	Tramo:	Observador:

PERIODO	TIPO DE VEHICULO																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
:00 a :15		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	VEHICULOS LIVIANOS	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	TAXIS	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
:15 a :30		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	VEHICULOS LIVIANOS	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	TAXIS	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
:30 a :45		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	VEHICULOS LIVIANOS	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	TAXIS	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
:45 a :00		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	VEHICULOS LIVIANOS	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	TAXIS	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
		51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60

Observaciones: Vigencia del Análisis: _____ Vigencia del Observador: _____

ANEXO B

CORRIDA DEL SOFTWARE SYNCHRO 6.0

HCM Signalized Intersection Capacity Analysis

1: SALVADOR FEO LA CRUZ & RAMPA DISTRIBUIDOR OESTE

23/08/2007



Movement	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations		↑↑	↑	↑↑	↑↑					↑↑		↑
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Total Lost time (s)		4.0	4.0	4.0	4.0					4.0		4.0
Lane Util. Factor		0.91	0.91	0.97	0.95					0.97		1.00
Frt		1.00	0.85	1.00	1.00					1.00		0.85
Flt Protected		1.00	1.00	0.95	1.00					0.95		1.00
Satd. Flow (prot)		3112	1310	3090	3217					3120		1425
Flt Permitted		1.00	1.00	0.95	1.00					0.95		1.00
Satd. Flow (perm)		3112	1310	3090	3217					3120		1425
Volume (vph)	0	1450	403	476	1205	0	0	0	0	549	0	427
Peak-hour factor, PHF	0.25	0.92	0.89	0.87	0.95	0.25	0.25	0.25	0.25	0.90	0.25	0.88
Adj. Flow (vph)	0	1576	453	547	1268	0	0	0	0	610	0	485
RTOR Reduction (vph)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75
Lane Group Flow (vph)	0	1576	453	547	1268	0	0	0	0	610	0	410
Heavy Vehicles (%)	0%	0%	1%	2%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	2%
Turn Type			Free	Prot						Prot		custom
Protected Phases		2		1	1 2					3		
Permitted Phases			Free									3
Actuated Green, G (s)		27.0	70.0	19.0	49.0					15.0		15.0
Effective Green, g (s)		26.0	70.0	18.0	48.0					14.0		14.0
Actuated g/C Ratio		0.37	1.00	0.26	0.69					0.20		0.20
Clearance Time (s)		3.0		3.0						3.0		3.0
Lane Grp Cap (vph)		1156	1310	795	2206					624		285
v/s Ratio Prot		c0,51		c0,18	0,39					0,20		
v/s Ratio Perm			0,35									c0,29
v/c Ratio		1,36	0,35	0,69	0,57					0,98		1,44
Uniform Delay, d1		22.0	0.0	23.5	5.7					27.8		28.0
Progression Factor		1.00	1.00	1.07	1.46					1.00		1.00
Incremental Delay, d2		169.1	0.7	0.4	0.1					30.9		216.0
Delay (s)		191.1	0.7	25.5	8.4					58.8		244.0
Level of Service		F	A	C	A					E		F
Approach Delay (s)		148.6			13.6		0.0				140.8	
Approach LOS		F			B		A				F	

Intersection Summary

HCM Average Control Delay	97,3	HCM Level of Service	F
HCM Volume to Capacity ratio	1,17		
Actuated Cycle Length (s)	70,0	Sum of lost time (s)	12,0
Intersection Capacity Utilization	139,0%	ICU Level of Service	H
Analysis Period (min)	15		
c Critical Lane Group			

HCM Signalized Intersection Capacity Analysis

2: SALVADOR FEO LA CRUZ & RAMPA DISTRIBUIDOR ESTE

23/08/2007



Movement	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	↘ ↙	↑↑			↑↑	↗	↘ ↙		↗			
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Total Lost time (s)	2.0	2.0			2.0	2.0	2.0		2.0			
Lane Util. Factor	0.97	0.95			0.95	1.00	0.97		1.00			
Frt	1.00	1.00			1.00	0.85	1.00		0.85			
Flt Protected	0.95	1.00			1.00	1.00	0.95		1.00			
Satd. Flow (prot)	3120	3217			3217	583	3120		1425			
Flt Permitted	0.95	1.00			1.00	1.00	0.95		1.00			
Satd. Flow (perm)	3120	3217			3217	583	3120		1425			
Volume (vph)	773	1460	0	0	1203	286	670	0	367	0	0	0
Peak-hour factor, PHF	0.98	0.92	0.25	0.25	0.95	0.84	0.89	0.25	0.90	0.25	0.25	0.25
Adj. Flow (vph)	789	1587	0	0	1266	340	753	0	408	0	0	0
RTOR Reduction (vph)	0	0	0	0	0	72	0	0	0	0	0	0
Lane Group Flow (vph)	789	1587	0	0	1266	268	753	0	408	0	0	0
Heavy Vehicles (%)	1%	1%	0%	0%	1%	1%	1%	0%	2%	0%	0%	0%
Parking (#/hr)						99						
Turn Type	Prot				custom		Prot		Free			
Protected Phases	1	1 2			2	2	3					
Permitted Phases						1			Free			
Actuated Green, G (s)	19.0	49.0			27.0	46.0	15.0		70.0			
Effective Green, g (s)	20.0	50.0			28.0	48.0	16.0		70.0			
Actuated g/C Ratio	0.29	0.71			0.40	0.69	0.23		1.00			
Clearance Time (s)	3.0				3.0	3.0	3.0					
Lane Grp Cap (vph)	891	2298			1287	416	713		1425			
v/s Ratio Prot	c0,25	0,49			c0,39	0,26	c0,24					
v/s Ratio Perm						0,20			0,29			
v/c Ratio	0.89	0.69			0.98	0.64	1.06		0.29			
Uniform Delay, d1	23.9	5.6			20.8	6.2	27.0		0.0			
Progression Factor	1.26	1.25			1.00	1.00	1.00		1.00			
Incremental Delay, d2	1.4	0.2			21.5	7.5	49.5		0.5			
Delay (s)	31.4	7.2			42.3	13.7	76.5		0.5			
Level of Service	C	A			D	B	E		A			
Approach Delay (s)		15.2			36.2			49.8			0.0	
Approach LOS		B			D			D			A	

Intersection Summary			
HCM Average Control Delay	29.6	HCM Level of Service	C
HCM Volume to Capacity ratio	0.95		
Actuated Cycle Length (s)	70.0	Sum of lost time (s)	6.0
Intersection Capacity Utilization	139.0%	ICU Level of Service	H
Analysis Period (min)	15		

c Critical Lane Group

Intersection Capacity Utilization

3: SALVADOR FEO LA CRUZ & VIA VENETTO

23/08/2007



Movement	EBL	EBT	WBT	WBR	SBL	SBR
Lane Configurations	↵	↑↑	↑	↗	↘	↘
Volume (vph)	364	965	623	225	176	587
Pedestrians						
Ped Button						
Pedestrian Timing (s)						
Free Right				No		No
Ideal Flow	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lost Time (s)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Minimum Green (s)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Refr Cycle Length (s)	120					
Volume Combined (vph)	364	965	623	225	763	0
Lane Utilization Factor	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00
Turning Factor (vph)	0,95	1,00	1,00	0,85	0,87	0,85
Saturated Flow (vph)	1625	3256	1710	1454	1495	0
Ped Intf Time (s)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pedestrian Frequency (%)		0,00	0,00		0,00	
Protected Option Allowed		Yes	Yes		No	
Reference Time (s)	26,9	35,6	43,7	18,6		0,0
Adj Reference Time (s)	30,9	39,6	47,7	22,6		0,0
Permitted Option						
Adj Saturation A (vph)	108	1628	1710		100	
Reference Time A (s)	403,3	35,6	43,7		918,5	
Adj Saturation B (vph)	NA	NA	NA		NA	
Reference Time B (s)	NA	NA	NA		NA	
Reference Time (s)		403,3	43,7			
Adj Reference Time (s)		407,3	47,7			
Split Option						
Ref Time Combined (s)	26,9	35,6	43,7		61,2	
Ref Time Seperate (s)	26,9	35,6	43,7		14,1	
Reference Time (s)	35,6	35,6	43,7		61,2	
Adj Reference Time (s)	39,6	39,6	47,7		65,2	
Summary	EB WB		SB		Combined	
Protected Option (s)	78,6		NA			
Permitted Option (s)	407,3		Err			
Split Option (s)	87,3		65,2			
Minimum (s)	78,6		65,2		143,8	
Right Turns	WBR					
Adj Reference Time (s)	22,6					
Cross Thru Ref Time (s)	0,0					
Oncoming Left Ref Time (s)	30,9					
Combined (s)	53,5					

Intersection Summary

Intersection Capacity Utilization 119,9% ICU Level of Service H

Reference Times and Phasing Options do not represent an optimized timing plan.

HCM Signalized Intersection Capacity Analysis
4: SALVADOR FEO LA CRUZ & AV. MAÑONGO

23/08/2007



Movement	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations		↖	↗		↖	↗		↖	↗		↖	↗
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Total Lost time (s)		4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0
Lane Util. Factor		1.00	1.00		1.00	1.00		1.00	1.00		1.00	1.00
Frt		1.00	0.85		1.00	0.85		1.00	0.85		1.00	0.85
Flt Protected		0.98	1.00		0.99	1.00		0.97	1.00		0.99	1.00
Satd. Flow (prot)		1653	1216		1669	1039		1648	1454		1680	667
Flt Permitted		0.98	1.00		0.99	1.00		0.97	1.00		0.99	1.00
Satd. Flow (perm)		1653	1216		1669	1039		1648	1454		1680	667
Volume (vph)	95	149	911	26	202	159	584	301	20	63	394	176
Peak-hour factor, PHF	0.81	0.71	0.92	0.65	0.89	0.92	0.94	0.79	0.77	0.73	0.84	0.87
Adj. Flow (vph)	117	210	990	40	227	173	621	381	26	86	469	202
RTOR Reduction (vph)	0	0	310	0	0	116	0	0	11	0	0	115
Lane Group Flow (vph)	0	327	680	0	267	57	0	1002	15	0	555	87
Heavy Vehicles (%)	1%	2%	1%	0%	2%	0%	1%	0%	0%	1%	1%	1%
Bus Blockages (#/hr)	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Parking (#/hr)			4			37						85
Turn Type	Split		pt+ov									
Protected Phases	1	1	1 3	2	2	2 4	3	3	3 2	4	4	4 1
Permitted Phases												
Actuated Green, G (s)		11.0	35.0		17.0	26.0		24.0	44.0		9.0	23.0
Effective Green, g (s)		10.0	33.0		16.0	24.0		23.0	43.0		8.0	22.0
Actuated g/C Ratio		0.14	0.45		0.22	0.33		0.32	0.59		0.11	0.30
Clearance Time (s)		3.0			3.0			3.0			3.0	
Lane Grp Cap (vph)		226	550		366	342		519	856		184	201
v/s Ratio Prot		c0.20	0.56		c0.16	0.05		c0.61	0.01		c0.33	0.13
v/s Ratio Perm												
v/c Ratio		1.45	1.24		0.73	0.17		1.93	0.02		3.02	0.43
Uniform Delay, d1		31.5	20.0		26.5	17.4		25.0	6.2		32.5	20.5
Progression Factor		1.00	1.00		1.00	1.00		1.00	1.00		1.00	1.00
Incremental Delay, d2		224.2	121.3		12.1	1.0		425.9	0.0		921.7	6.7
Delay (s)		255.7	141.3		38.6	18.4		450.9	6.3		954.2	27.2
Level of Service		F	F		D	B		F	A		F	C
Approach Delay (s)		169.7			30.6			439.6			706.9	
Approach LOS		F			C			F			F	

Intersection Summary

HCM Average Control Delay	345.6	HCM Level of Service	F
HCM Volume to Capacity ratio	1.66		
Actuated Cycle Length (s)	73.0	Sum of lost time (s)	16.0
Intersection Capacity Utilization	121.7%	ICU Level of Service	H
Analysis Period (min)	15		
c Critical Lane Group			

HCM Signalized Intersection Capacity Analysis

1: SALVADOR FEO LA CRUZ & RAMPA DISTRIBUIDOR OESTE

23/08/2007



Movement	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations		↑↑	↑	↑↑	↑↑					↑↑		↑
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Total Lost time (s)		4.0	4.0	4.0	4.0					4.0		4.0
Lane Util. Factor		0.91	0.91	0.97	0.95					0.97		1.00
Frt		1.00	0.85	1.00	1.00					1.00		0.85
Flt Protected		1.00	1.00	0.95	1.00					0.95		1.00
Satd. Flow (prot)		3112	1310	3090	3217					3120		1425
Flt Permitted		1.00	1.00	0.95	1.00					0.95		1.00
Satd. Flow (perm)		3112	1310	3090	3217					3120		1425
Volume (vph)	0	1450	403	476	1205	0	0	0	0	549	0	427
Peak-hour factor, PHF	0.25	0.92	0.89	0.87	0.95	0.25	0.25	0.25	0.25	0.90	0.25	0.88
Adj. Flow (vph)	0	1576	453	547	1268	0	0	0	0	610	0	485
RTOR Reduction (vph)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62
Lane Group Flow (vph)	0	1576	453	547	1268	0	0	0	0	610	0	423
Heavy Vehicles (%)	0%	0%	1%	2%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	2%
Turn Type			Free	Prot						Prot		custom
Protected Phases		2		1	1 2					3		
Permitted Phases			Free									3
Actuated Green, G (s)		28.0	65.0	12.0	43.0					16.0		16.0
Effective Green, g (s)		27.0	65.0	11.0	42.0					15.0		15.0
Actuated g/C Ratio		0.42	1.00	0.17	0.65					0.23		0.23
Clearance Time (s)		3.0		3.0						3.0		3.0
Lane Grp Cap (vph)		1293	1310	523	2079					720		329
v/s Ratio Prot		c0,51		c0,18	0,39					0,20		
v/s Ratio Perm			0,35									c0,30
v/c Ratio		1,22	0,35	1,05	0,61					0,85		1,29
Uniform Delay, d1		19,0	0,0	27,0	6,7					23,9		25,0
Progression Factor		1,00	1,00	0,97	1,15					1,00		1,00
Incremental Delay, d2		105,7	0,7	38,3	0,6					11,8		150,3
Delay (s)		124,7	0,7	64,5	8,3					35,7		175,3
Level of Service		F	A	E	A					D		F
Approach Delay (s)		97,0			25,2		0,0				97,5	
Approach LOS		F			C		A				F	

Intersection Summary

HCM Average Control Delay	70,8	HCM Level of Service	E
HCM Volume to Capacity ratio	1,20		
Actuated Cycle Length (s)	65,0	Sum of lost time (s)	12,0
Intersection Capacity Utilization	139,0%	ICU Level of Service	H
Analysis Period (min)	15		
c Critical Lane Group			

HCM Signalized Intersection Capacity Analysis

2: SALVADOR FEO LA CRUZ & RAMPA DISTRIBUIDOR ESTE

23/08/2007



Movement	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	↖↗	↕			↕	↗	↖↗		↗			
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Total Lost time (s)	2.0	2.0			2.0	2.0	2.0		2.0			
Lane Util. Factor	0.97	0.95			0.95	1.00	0.97		1.00			
Frt	1.00	1.00			1.00	0.85	1.00		0.85			
Flt Protected	0.95	1.00			1.00	1.00	0.95		1.00			
Satd. Flow (prot)	3120	3217			3217	583	3120		1425			
Flt Permitted	0.95	1.00			1.00	1.00	0.95		1.00			
Satd. Flow (perm)	3120	3217			3217	583	3120		1425			
Volume (vph)	773	1460	0	0	1203	286	670	0	367	0	0	0
Peak-hour factor, PHF	0.98	0.92	0.25	0.25	0.95	0.84	0.89	0.25	0.90	0.25	0.25	0.25
Adj. Flow (vph)	789	1587	0	0	1266	340	753	0	408	0	0	0
RTOR Reduction (vph)	0	0	0	0	0	77	0	0	0	0	0	0
Lane Group Flow (vph)	789	1587	0	0	1266	263	753	0	408	0	0	0
Heavy Vehicles (%)	1%	1%	0%	0%	1%	1%	1%	0%	2%	0%	0%	0%
Parking (#/hr)						99						
Turn Type	Prot				custom		Prot		Free			
Protected Phases	1	1 2			2	2	3					
Permitted Phases						1			Free			
Actuated Green, G (s)	12.0	43.0			28.0	40.0	16.0		65.0			
Effective Green, g (s)	13.0	44.0			29.0	42.0	17.0		65.0			
Actuated g/C Ratio	0.20	0.68			0.45	0.65	0.26		1.00			
Clearance Time (s)	3.0				3.0	3.0	3.0					
Lane Grp Cap. (vph)	624	2178			1435	395	816		1425			
v/s Ratio Prot	c0,25	0,49			c0,39	0,30	c0,24					
v/s Ratio Perm						0,15			0,29			
v/c Ratio	1,26	0,73			0,88	0,66	0,92		0,29			
Uniform Delay, d1	26,0	6,7			16,4	7,1	23,4		0,0			
Progression Factor	1,13	0,94			1,00	1,00	1,00		1,00			
Incremental Delay, d2	120,2	0,2			8,1	8,5	17,5		0,5			
Delay (s)	149,7	6,5			24,6	15,7	40,9		0,5			
Level of Service	F	A			C	B	D		A			
Approach Delay (s)		54,1			22,7			26,7			0,0	
Approach LOS		D			C			C			A	

Intersection Summary

HCM Average Control Delay	38,1	HCM Level of Service	D
HCM Volume to Capacity ratio	0,95		
Actuated Cycle Length (s)	65,0	Sum of lost time (s)	6,0
Intersection Capacity Utilization	139,0%	ICU Level of Service	H
Analysis Period (min)	15		

c Critical Lane Group

Intersection Capacity Utilization

3: SALVADOR FEO LA CRUZ & VIA VENETTO

23/08/2007



Movement	EBL	EBT	WBT	WBR	SBL	SBR
Lane Configurations	↙	↑↑	↑	↗	↙	
Volume (vph)	364	965	623	225	176	587
Pedestrians						
Ped Button						
Pedestrian Timing (s)						
Free Right				No		No
Ideal Flow	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lost Time (s)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Minimum Green (s)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Refr Cycle Length (s)	120					
Volume Combined (vph)	364	965	623	225	763	0
Lane Utilization Factor	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00
Turning Factor (vph)	0,95	1,00	1,00	0,85	0,87	0,85
Saturated Flow (vph)	1625	3256	1710	1454	1495	0
Ped Intf Time (s)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pedestrian Frequency (%)		0,00	0,00		0,00	
Protected Option Allowed		Yes	Yes		No	
Reference Time (s)	26,9	35,6	43,7	18,6		0,0
Adj Reference Time (s)	30,9	39,6	47,7	22,6		0,0
Permitted Option						
Adj Saturation A (vph)	108	1628	1710		100	
Reference Time A (s)	403,3	35,6	43,7		918,5	
Adj Saturation B (vph)	NA	NA	NA		NA	
Reference Time B (s)	NA	NA	NA		NA	
Reference Time (s)		403,3	43,7			
Adj Reference Time (s)		407,3	47,7			
Split Option						
Ref Time Combined (s)	26,9	35,6	43,7		61,2	
Ref Time Seperate (s)	26,9	35,6	43,7		14,1	
Reference Time (s)	35,6	35,6	43,7		61,2	
Adj Reference Time (s)	39,6	39,6	47,7		65,2	
Summary						
	EB WB		SB		Combined	
Protected Option (s)	78,6		NA			
Permitted Option (s)	407,3		Err			
Split Option (s)	87,3		65,2			
Minimum (s)	78,6		65,2		143,8	
Right Turns						
	WBR					
Adj Reference Time (s)	22,6					
Cross Thru Ref Time (s)	0,0					
Oncoming Left Ref Time (s)	30,9					
Combined (s)	53,5					

Intersection Summary

Intersection Capacity Utilization 119,9% ICU Level of Service H
 Reference Times and Phasing Options do not represent an optimized timing plan.

HCM Signalized Intersection Capacity Analysis
4: SALVADOR FEO LA CRUZ & AV. MAÑONGO

23/08/2007



Movement	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations		↖ ↗	↖ ↗		↖ ↗	↖ ↗		↖ ↗	↖ ↗		↖ ↗	↖ ↗
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Total Lost time (s)		4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0		4.0	4.0
Lane Util. Factor		1.00	1.00		1.00	1.00		1.00	1.00		1.00	1.00
Frt		1.00	0.85		1.00	0.85		1.00	0.85		1.00	0.85
Flt Protected		0.98	1.00		0.99	1.00		0.97	1.00		0.99	1.00
Satd. Flow (prot)		1653	1216		1669	1308		1648	1454		1680	1264
Flt Permitted		0.98	1.00		0.99	1.00		0.97	1.00		0.99	1.00
Satd. Flow (perm)		1653	1216		1669	1308		1648	1454		1680	1264
Volume (vph)	95	149	911	26	202	159	584	301	20	63	394	176
Peak-hour factor, PHF	0.81	0.71	0.92	0.65	0.89	0.92	0.94	0.79	0.77	0.73	0.84	0.87
Adj. Flow (vph)	117	210	990	40	227	173	621	381	26	86	469	202
RTOR Reduction (vph)	0	0	175	0	0	112	0	0	10	0	0	75
Lane Group Flow (vph)	0	327	815	0	267	61	0	1002	16	0	555	127
Heavy Vehicles (%)	1%	2%	1%	0%	2%	0%	1%	0%	0%	1%	1%	1%
Bus Blockages (#/hr)	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Parking (#/hr)			4			0						0
Turn Type	Split		pt+ov									
Protected Phases	1	1	1 3	2	2	2 4	3	3	3 2	4	4	4 1
Permitted Phases												
Actuated Green, G (s)		16.0	57.0		17.0	41.0		41.0	61.0		24.0	43.0
Effective Green, g (s)		15.0	55.0		16.0	39.0		40.0	60.0		23.0	42.0
Actuated g/C Ratio		0.14	0.50		0.15	0.35		0.36	0.55		0.21	0.38
Clearance Time (s)		3.0			3.0			3.0			3.0	
Lane Grp Cap (vph)		225	608		243	464		599	793		351	483
v/s Ratio Prot		c0.20	0.67		c0.16	0.05		c0.61	0.01		c0.33	0.10
v/s Ratio Perm												
v/c Ratio		1.45	1.34		1.10	0.13		1.67	0.02		1.58	0.26
Uniform Delay, d1		47.5	27.5		47.0	24.0		35.0	11.5		43.5	23.4
Progression Factor		1.00	1.00		1.00	1.00		1.00	1.00		1.00	1.00
Incremental Delay, d2		227.0	164.1		86.7	0.6		310.1	0.0		274.8	1.3
Delay (s)		274.5	191.6		133.7	24.6		345.1	11.5		318.3	24.7
Level of Service		F	F		F	C		F	B		F	C
Approach Delay (s)		212.2			90.8			336.6			240.0	
Approach LOS		F			F			F			F	

Intersection Summary

HCM Average Control Delay	239.2	HCM Level of Service	F
HCM Volume to Capacity ratio	1.52		
Actuated Cycle Length (s)	110.0	Sum of lost time (s)	16.0
Intersection Capacity Utilization	121.7%	ICU Level of Service	H
Analysis Period (min)	15		
c Critical Lane Group			

HCM Signalized Intersection Capacity Analysis

1: SALVADOR FEO LA CRUZ & RAMPA DISTRIBUIDOR OESTE

23/08/2007



Movement	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations		↑↑	↑	↖↗	↑↑					↖↗		↑
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Total Lost time (s)		4.0	4.0	4.0	4.0					4.0		4.0
Lane Util. Factor		0.95	1.00	0.97	0.95					0.97		1.00
Frt		1.00	0.85	1.00	1.00					1.00		0.85
Flt Protected		1.00	1.00	0.95	1.00					0.95		1.00
Satd. Flow (prot)		3249	1439	3090	3217					3120		1425
Flt Permitted		1.00	1.00	0.95	1.00					0.95		1.00
Satd. Flow (perm)		3249	1439	3090	3217					3120		1425
Volume (vph)	0	1450	403	476	1205	0	0	0	0	549	0	427
Peak-hour factor, PHF	0.25	0.92	0.89	0.87	0.95	0.25	0.25	0.25	0.25	0.90	0.25	0.88
Adj. Flow (vph)	0	1576	453	547	1268	0	0	0	0	610	0	485
RTOR Reduction (vph)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62
Lane Group Flow (vph)	0	1576	453	547	1268	0	0	0	0	610	0	423
Heavy Vehicles (%)	0%	0%	1%	2%	1%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	2%
Turn Type			Free	Prot						Prot		custom
Protected Phases		2		1	1 2					3		
Permitted Phases			Free									3
Actuated Green, G (s)		28.0	65.0	12.0	43.0					16.0		16.0
Effective Green, g (s)		27.0	65.0	11.0	42.0					15.0		15.0
Actuated g/C Ratio		0.42	1.00	0.17	0.65					0.23		0.23
Clearance Time (s)		3.0		3.0						3.0		3.0
Lane Grp Cap (vph)		1350	1439	523	2079					720		329
v/s Ratio Prot		c0.49		c0.18	0.39					0.20		
v/s Ratio Perm			0.31									c0.30
v/c Ratio		1.17	0.31	1.05	0.61					0.85		1.29
Uniform Delay, d1		19.0	0.0	27.0	6.7					23.9		25.0
Progression Factor		1.00	1.00	0.97	1.15					1.00		1.00
Incremental Delay, d2		83.7	0.6	38.3	0.6					11.8		150.3
Delay (s)		102.7	0.6	64.5	8.3					35.7		175.3
Level of Service		F	A	E	A					D		F
Approach Delay (s)		79.9			25.2			0.0			97.5	
Approach LOS		E			C			A			F	

Intersection Summary

HCM Average Control Delay	63.7	HCM Level of Service	E
HCM Volume to Capacity ratio	1.18		
Actuated Cycle Length (s)	65.0	Sum of lost time (s)	12.0
Intersection Capacity Utilization	134.3%	ICU Level of Service	H
Analysis Period (min)	15		
c Critical Lane Group			

HCM Signalized Intersection Capacity Analysis

2: SALVADOR FEO LA CRUZ & RAMPA DISTRIBUIDOR ESTE

23/08/2007



Movement	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	↖↗	↕			↕	↖↗	↖↗		↖↗			
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Total Lost time (s)	2.0	2.0			2.0	2.0	2.0		2.0			
Lane Util. Factor	0.97	0.95			0.95	1.00	0.97		1.00			
Frt	1.00	1.00			1.00	0.85	1.00		0.85			
Flt Protected	0.95	1.00			1.00	1.00	0.95		1.00			
Satd. Flow (prot)	3120	3217			3217	583	3120		1425			
Flt Permitted	0.95	1.00			1.00	1.00	0.95		1.00			
Satd. Flow (perm)	3120	3217			3217	583	3120		1425			
Volume (vph)	773	1460	0	0	1203	286	670	0	367	0	0	0
Peak-hour factor, PHF	0.98	0.92	0.25	0.25	0.95	0.84	0.89	0.25	0.90	0.25	0.25	0.25
Adj. Flow (vph)	789	1587	0	0	1266	340	753	0	408	0	0	0
RTOR Reduction (vph)	0	0	0	0	0	77	0	0	0	0	0	0
Lane Group Flow (vph)	789	1587	0	0	1266	263	753	0	408	0	0	0
Heavy Vehicles (%)	1%	1%	0%	0%	1%	1%	1%	0%	2%	0%	0%	0%
Parking (#/hr)						99						
Turn Type	Prot		custom				Prot		Free			
Protected Phases	1	1,2			2	2	3					
Permitted Phases						1			Free			
Actuated Green, G (s)	12.0	43.0			28.0	40.0	16.0		65.0			
Effective Green, g (s)	13.0	44.0			29.0	42.0	17.0		65.0			
Actuated g/C Ratio	0.20	0.68			0.45	0.65	0.26		1.00			
Clearance Time (s)	3.0				3.0	3.0	3.0					
Lane Grp Cap (vph)	624	2178			1435	395	816		1425			
v/s Ratio Prot	c0,25	0,49			c0,39	0,30	c0,24					
v/s Ratio Perm						0,15			0,29			
v/c Ratio	1.26	0.73			0.88	0.66	0.92		0.29			
Uniform Delay, d1	26.0	6.7			16.4	7.1	23.4		0.0			
Progression Factor	1.14	0.93			1.00	1.00	1.00		1.00			
Incremental Delay, d2	122.2	0.5			8.1	8.5	17.5		0.5			
Delay (s)	151.7	6.7			24.6	15.7	40.9		0.5			
Level of Service	F	A			C	B	D		A			
Approach Delay (s)		54.9			22.7			26.7			0.0	
Approach LOS		D			C			C			A	

Intersection Summary

HCM Average Control Delay	38,5	HCM Level of Service	D
HCM Volume to Capacity ratio	0,95		
Actuated Cycle Length (s)	65,0	Sum of lost time (s)	6,0
Intersection Capacity Utilization	134,3%	ICU Level of Service	H
Analysis Period (min)	15		

c Critical Lane Group

HCM Signalized Intersection Capacity Analysis
 3: SALVADOR FEO LA CRUZ & VIA VENETTO

23/08/2007



Movement	EBL	EBT	WBT	WBR	SBL	SBR
Lane Configurations	↵	↑↑	↑↑	↵	↵	↵
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Total Lost time (s)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Lane Util. Factor	1.00	0.95	0.95	1.00	1.00	1.00
Frt	1.00	1.00	1.00	0.85	1.00	0.85
Flt Protected	0.95	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00
Satd. Flow (prot)	1608	3217	3217	576	1624	1295
Flt Permitted	0.95	1.00	1.00	1.00	0.95	1.00
Satd. Flow (perm)	1608	3217	3217	576	1624	1295
Volume (vph)	364	965	623	225	176	587
Peak-hour factor, PHF	0.88	0.89	0.85	0.84	0.72	0.77
Adj. Flow (vph)	414	1084	733	268	244	762
RTOR Reduction (vph)	0	0	0	48	0	9
Lane Group Flow (vph)	414	1084	733	220	244	753
Heavy Vehicles (%)	1%	1%	1%	1%	0%	1%
Parking (#/hr)				100		0
Turn Type	Prot			pt+ov		pt+ov
Protected Phases	1	1 2	2	2 3	3	3 1
Permitted Phases						
Actuated Green, G (s)	19.0	41.0	19.0	45.0	23.0	45.0
Effective Green, g (s)	18.0	40.0	18.0	44.0	22.0	44.0
Actuated g/C Ratio	0.26	0.57	0.26	0.63	0.31	0.63
Clearance Time (s)	3.0		3.0		3.0	
Lane Grp Cap (vph)	413	1838	827	362	510	814
v/s Ratio Prot	0,26	0,34	c0,23	0,38	0,15	c0,58
v/s Ratio Perm						
v/c Ratio	1.00	0.59	0.89	0.61	0.48	0.93
Uniform Delay, d1	26.0	9.7	25.0	7.8	19.4	11.5
Progression Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Incremental Delay, d2	44.9	1.4	13.4	7.4	3.2	17.9
Delay (s)	70.9	11.1	38.5	15.2	22.6	29.5
Level of Service	E	B	D	B	C	C
Approach Delay (s)		27.6	32.2		27.8	
Approach LOS		C	C		C	

Intersection Summary

HCM Average Control Delay	29,0	HCM Level of Service	C
HCM Volume to Capacity ratio	0,91		
Actuated Cycle Length (s)	70,0	Sum of lost time (s)	8,0
Intersection Capacity Utilization	66,2%	ICU Level of Service	C
Analysis Period (min)	15		

c Critical Lane Group

HCM Signalized Intersection Capacity Analysis
4: SALVADOR FEO LA CRUZ & AV. MAÑONGO

23/08/2007



Movement	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations		↕↕	↕		↕	↕	↕	↕	↕		↕↕	↕
Ideal Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width	3.6	3.6	3.4	3.6	4.0	4.0	3.4	3.6	3.6	3.6	3.6	3.4
Total Lost time (s)		4.0	4.0		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0		4.0	4.0
Lane Util. Factor		0.91	0.91		1.00	1.00	0.95	0.95	1.00		0.95	1.00
Flt		0.92	0.85		1.00	0.85	1.00	1.00	0.85		1.00	0.85
Flt Protected		0.99	1.00		0.99	1.00	0.95	0.99	1.00		0.99	1.00
Satd. Flow (prot)		2791	1127		1743	1366	1494	1599	1454		3192	1236
Flt Permitted		0.99	1.00		0.99	1.00	0.95	0.99	1.00		0.99	1.00
Satd. Flow (perm)		2791	1127		1743	1366	1494	1599	1454		3192	1236
Volume (vph)	95	149	911	26	202	159	584	301	20	63	394	176
Peak-hour factor, PHF	0.81	0.71	0.92	0.65	0.89	0.92	0.94	0.79	0.77	0.73	0.84	0.87
Adj. Flow (vph)	117	210	990	40	227	173	621	381	26	86	469	202
RTOR Reduction (vph)	0	248	212	0	0	120	0	0	14	0	0	54
Lane Group Flow (vph)	0	504	353	0	267	53	480	522	12	0	555	148
Heavy Vehicles (%)	1%	2%	1%	0%	2%	0%	1%	0%	0%	1%	1%	1%
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Parking (#/hr)			4			0						0
Turn Type	Split		pt+ov									
Protected Phases	1	1	1 3	2	2	2 4	3	3	3 2	4	4	4 1
Permitted Phases												
Actuated Green, G (s)		27.0	52.0		17.0	31.0	25.0	25.0	45.0		14.0	44.0
Effective Green, g (s)		26.0	50.0		16.0	29.0	24.0	24.0	44.0		13.0	43.0
Actuated g/C Ratio		0.27	0.53		0.17	0.31	0.25	0.25	0.46		0.14	0.45
Clearance Time (s)		3.0			3.0		3.0	3.0			3.0	
Lane Grp Cap (vph)		764	593		294	417	377	404	673		437	559
v/s Ratio Prot		c0,18	0,31		c0,15	0,04	0,32	c0,33	0,01		c0,17	0,12
v/s Ratio Perm												
v/c Ratio		0.66	0.60		0.91	0.13	1.27	1.29	0.02		1.27	0.26
Uniform Delay, d1		30.6	15.5		38.8	23.8	35.5	35.5	13.8		41.0	16.2
Progression Factor		1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		1.00	1.00
Incremental Delay, d2		4.4	4.4		33.5	0.6	142.2	148.8	0.0		138.5	1.2
Delay (s)		35.0	19.9		72.2	24.5	177.7	184.3	13.9		179.5	17.3
Level of Service		D	B		E	C	F	F	B		F	B
Approach Delay (s)		28.5			53.5			176.9			136.2	
Approach LOS		C			D			F			F	

Intersection Summary

HCM Average Control Delay	97.7	HCM Level of Service	F
HCM Volume to Capacity ratio	1.00		
Actuated Cycle Length (s)	95.0	Sum of lost time (s)	16.0
Intersection Capacity Utilization	86,1%	ICU Level of Service	E
Analysis Period (min)	15		

c Critical Lane Group