



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA EN SISTEMAS - TRANSPORTE

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO PARA LOS TIEMPOS DE TRASLADO DEL
METROBÚS EN UN TRAMO DE INSURGENTES SUR**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
ANTONIO MIRALLES ESCOBAR

TUTOR PRINCIPAL
RICARDO ACEVES GARCÍA, FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉXICO, D. F. NOVIEMBRE 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



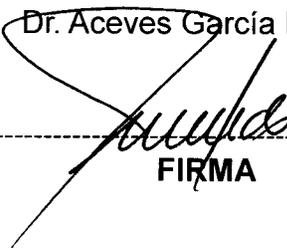
JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Acosta Flores José Jesús
Secretario: M.I. Fuentes Zenón Arturo
Vocal: Dr. Aceves García Ricardo
1 er. Suplente: Dr. Suárez Rocha Javier
2 d o. Suplente: M.I. Rivera Colmenero José Antonio

México D. F.

TUTOR DE TESIS:

Dr. Aceves García Ricardo



FIRMA



Agradecimientos.

A mis padres: Angelina y Antonio, a quienes debo mi educación y considero como ejemplos para la vida.

A mis hermanos: Isabel, Fernando y Jorge, por su apoyo y con quienes siempre comparto los momentos más importantes.

A Gloria Ramírez Romero, por su apoyo incondicional.

A mi tutor, Dr. Ricardo Aceves García por su dirección en la realización de este trabajo.

A mis compañeros y amigos de la Facultad de Ingeniería.

A la Universidad Nacional Autónoma de México.



Contenido

Contenido	i
Resumen	1
Introducción	3
Capítulo I.....	4
I. Descripción del sistema, planteamiento del problema, y objetivos.....	4
I.1 Planificación de los Transportes Urbanos.....	4
I.2 Etapas de la planificación del transporte	6
I.2.1 Etapa de Diagnóstico	6
I.2.2 Etapa de Análisis.....	7
I.2.3 Etapa de Evaluación.....	8
I.2.4 Etapa de Implantación.....	8
I.3 Descripción del sistema: Antecedentes del Metrobús.....	8
I.4 Descripción del sistema: Descripción del Metrobús	12
I.4.1 Carriles confinados	12
I.4.2 Estaciones	12
I.4.3 Terminales y patios de resguardo	13
I.4.4 Vehículos	14
I.5 Descripción del sistema: Avenida Insurgentes	14
I.6 Planteamiento del problema: Selección del tramo en estudio	15
I.7 Planteamiento del problema: Afectaciones en el nivel de servicio	18
I.8 Planteamiento del problema: Pregunta de investigación	20
I.9 Objetivos	20
I.9.1 Objetivo principal	20
I.9.2 Objetivos secundarios	21



Capítulo II.....	22
II. Marco Teórico (Ingeniería de Tránsito).....	22
II.1 Ingeniería de Tránsito	22
II.2 Semáforos	23
II.2.1 Volúmenes vehiculares mínimos para interrumpir el tránsito	23
II.2.2 Volumen mínimo de peatones	24
II.2.3 Puntos a cuidar y buscar en la semaforización	24
II.3 Términos utilizados para evaluar el nivel de servicio y la capacidad	26
II.4 Capacidad y nivel de servicio en las intersecciones con semáforo	28
II.4.1 Capacidad de las intersecciones señalizadas	29
II.4.2 Concepto de nivel de servicio.....	32
II.5 Nivel de servicio en las intersecciones señalizadas	34
II.6 Demora en las intersecciones.....	35
II.7 Análisis de Operación	37
II.8 Procedimiento metodológico para el análisis de operación	37
II.9 Determinación del flujo de saturación en campo	38
II.10 Empleo de un Programa de cómputo.....	40
II.10.1 PROGRAMA SYNCHRO	40
Capítulo III.....	43
III. Modelación en computadora de los cruceros con los aforos y tiempos de semáforo adquiridos.....	43
III.1 Descripción del tramo en análisis	43
III.2 Etapa de Diagnóstico: Aforos vehiculares y recolección de los tiempos de semáforo sobre el corredor	46
III.3 Etapa de Análisis: Definición de Alternativas y Previsión de Impactos.....	57



III.4	Simulación del escenario actual	63
III.5	Simulación del escenario futuro	74
IV.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	78
IV.1	Comparación de resultados de ambos escenarios	78
IV.2	Conclusiones	82
V.	ANEXOS.....	84
	Bibliografía.....	114
	Sitios web consultados	116



Resumen

El presente trabajo trata sobre una investigación referente a las demoras (tiempos de espera en semáforos, en paradas y en las intersecciones), correspondientes a un tramo de la línea uno del sistema de transporte BRT (Bus Rapid Transit) en la Ciudad de México. El tramo de estudio se encuentra sobre la avenida Insurgentes y está delimitado, al sur con el eje 10 y al norte con Río Mixcoac. En el estudio se analizan los flujos del sistema BRT en ambos sentidos (norte-sur y sur-norte), así como su desempeño durante las horas pico.

Insurgentes es una de las vías principales de la Ciudad de México tanto por la cantidad de vehículos que circulan por ella como por su longitud, porque se trata de la avenida más larga de la ciudad. Debido a su longitud y posición dentro de la mancha urbana de la Ciudad de México, Insurgentes presenta varios cortes de circulación por los múltiples cruces que tiene con otras calles y avenidas. Algunos de ellos son de importancia y otros no lo son tanto, y es objetivo de este trabajo, determinar si las intersecciones sobre esta arteria, cuentan con el flujo vehicular suficiente para interrumpir el tránsito en Insurgentes; si los accesos o salidas en las paradas son adecuados y los tiempos de demora por semáforos en los cruces son el óptimo. Esto para dar prioridad a la circulación del sistema BRT, mejor conocido como Metrobús.

La descripción de la problemática, el planteamiento del problema y los objetivos de este trabajo se presentan dentro de la explicación del proceso de la planificación de los transportes urbanos, que se describe en el primer capítulo.

En el segundo capítulo, se incorporan las bases teóricas y los conceptos empleados para dar solución al problema, que para este caso pertenecen al área de estudio de la Ingeniería de Tránsito.

Más adelante, en el tercer capítulo, se describen el proceso de simulación mediante el software especializado Synchro; así como los datos y resultados obtenidos entre los dos escenarios planteados: el que corresponde a la situación actual del corredor y el de las modificaciones sugeridas para el mejoramiento de los tiempos de espera.



Finalmente, en el capítulo cuatro se presentan los resultados y las conclusiones del trabajo.



Introducción

En los últimos años el transporte urbano ha tenido cambios sustanciales; sin embargo, algunos de sus problemas, ya conocidos en el pasado, persisten hoy en día e incluso se han incrementado. Ejemplos de lo anterior son la congestión, la contaminación, los accidentes y el déficit financiero de las empresas privadas o instituciones gubernamentales encargadas del transporte público. Con base en la experiencia y al estudio detallado de los problemas anteriores, ha sido posible determinar las causas de éstos, los cuales generalmente se originan por: la escasa planificación que se realiza para implementar de un nuevo sistema de transporte, por el énfasis de solucionar un problema de transporte en el corto plazo y en general, por la nula modelización y toma de decisiones estratégicas que se realiza tanto en México como en países en desarrollo.

Actualmente se empieza a tener más confianza en soluciones apoyadas en los avances tecnológicos de las ramas de la electrónica y de la informática, porque posibilitan encontrar soluciones óptimas en tiempos muy cortos, además de su gran utilidad en el tratamiento masivo de datos.

Recientemente los dispositivos electrónicos para aforar y monitorear usuarios, vehículos y emisiones contaminantes, aportan más y mejor información en tiempo real, mientras que por otro lado, las paqueterías especializadas (software desarrollado específicamente para la planeación y modelación del transporte) procesan más información al calcular más rápidamente y con mayor exactitud los parámetros de decisión y de desempeño de un sistema de transporte determinado. Incluso los usuarios pueden tomar mejores decisiones en la elección del tipo de transporte o en la decisión de realizar o no el viaje porque cuentan con mayor y mejor información en tiempo real y al momento de sus necesidades.

Estos avances tecnológicos permitirán a los desarrolladores de proyectos y a los dirigentes de instituciones relacionadas con el transporte tomar mejores decisiones dentro de la planificación de un sistema de transporte. Y son también estos avances los que permiten que sea posible analizar y plantear una solución al problema que en este trabajo se presenta.



Capítulo I

I. Descripción del sistema, planteamiento del problema, y objetivos.

I.1 Planificación de los Transportes Urbanos

Dentro del proceso de planificación de los sistemas de transporte, se busca proporcionar información no sesgada acerca de los efectos que el proyecto de transporte propuesto ejercerá sobre la comunidad y sus usuarios, para lo cual se consideran los factores que inicialmente justifican el desarrollo del proyecto, como las mejoras del flujo y de la seguridad del tránsito, el ahorro en el consumo de energía y en el tiempo de viaje, el crecimiento económico y una mayor accesibilidad. Asimismo se contemplan los factores negativos en la implantación, construcción y operación del proyecto, como la expropiación de predios y viviendas, las afectaciones en ruido y aumento de tránsito de vehicular en zonas anteriormente poco transitadas, y los altos costos de construcción para un proyecto con poco rendimiento económico.

Otra característica adicional en el proceso de planificación, es que debe ser lo suficientemente flexible en su implantación para que sea aplicable, porque los problemas que se pretenden solucionar o mitigar, con frecuencia varían con el tiempo y dependen de las necesidades y las preocupaciones de la sociedad.

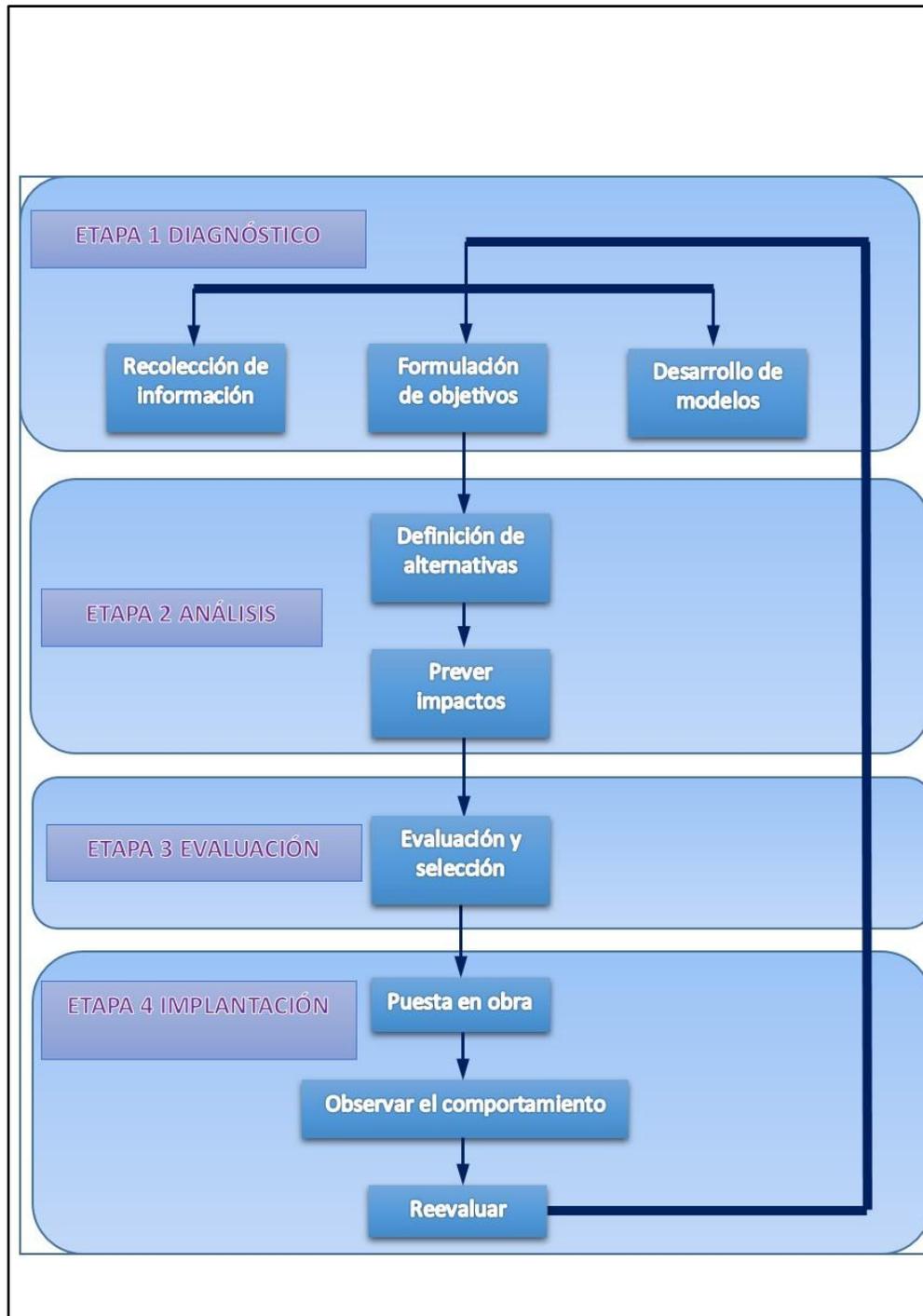
El proceso de planificación nunca tiene por objetivo proporcionar una decisión o dar un solo resultado que sea imperativo seguir, sino presentar la información apropiada a los tomadores de decisiones, quienes tendrán la responsabilidad de decidir si se continúa con el proyecto o no.

Dentro de la planificación se distinguen cuatro etapas principales:

1. Diagnóstico
2. Análisis
3. Evaluación
4. Implantación



A continuación se presenta un esquema del proceso de planificación para cualquier sistema de transporte.



Cuadro I.1 Etapas de la planificación de un sistema de transporte. Fuente: Molinero, Ángel R. (2003).



I.2 Etapas de la planificación del transporte

En cada una de las etapas anteriores existen tareas adicionales que definen a la etapa, y la cantidad de recursos y tiempo necesarios para su realización dependerá de la magnitud de los problemas a resolver, que conforme se precisan y detallan, requerirán de una mayor cantidad de información.

Este proceso es iterativo, porque una vez que los datos han sido recabados y se realiza un primer análisis, los efectos de las diferentes estrategias utilizadas se calibran y evalúan, y de esta forma es posible modificar las alternativas de solución. Todo esto dentro de un procedimiento continuo.

I.2.1 Etapa de Diagnóstico

En la etapa de Diagnóstico, que es el primer paso de la planificación, se incluyen todas las actividades que se requieren para entender la situación que dio lugar a la necesidad percibida de una mejora en el transporte. En esta fase, se describen los factores básicos que originaron la situación presente, y se establece el alcance del sistema que se va a estudiar. Se analiza el sistema presente y se describen sus características. Puede obtenerse información acerca del área circundante, población y hábitos de viaje. Se revisa y se resumen reportes de estudios previos, que pueden ser relevantes para la situación presente. Se establece tanto el alcance del estudio como el dominio del sistema que se va a investigar.

Dentro de esta etapa se contemplan tres tareas o actividades, las cuales pueden realizarse al mismo tiempo o secuencialmente. Estas actividades son:

1. Recolección de información.
2. Formulación de objetivos
3. Desarrollo de modelos.

Para el caso en estudio, la línea uno del Metrobús en la Ciudad de México, la recolección de información corresponde a los aforos vehiculares realizados en las intersecciones con la intención de determinar si las calles y avenidas que cruzan Insurgentes cuentan con el aforo necesario para justificar su presencia. También se recolectó la información



correspondiente para los tiempos de espera del Metrobús en cada uno de los semáforos dentro del tramo de estudio.

Una vez recopilada la información, se procede a la formulación de objetivos, en donde el objetivo trazado es determinar si es posible mejorar el nivel de servicio del Metrobús reduciendo los tiempos de espera en las intersecciones semaforizadas. Para esto es preciso determinar si la intersección debe permanecer o no, y si el tiempo de espera para el sistema BRT es el óptimo.

Posteriormente, en la actividad de desarrollo de modelos se vacían los datos de la recolección de información en un modelo de simulación, mediante un software especializado en el área de la Ingeniería de Tránsito, con la intención de mostrar el comportamiento actual del corredor y los parámetros de desempeño que evaluarán su nivel de servicio.

I.2.2 Etapa de Análisis

El propósito de esta etapa es estimar cómo se comportaría cada una de las alternativas propuestas en las condiciones presentes y futuras. Se calculan las medidas de desempeño para las intersecciones en el tramo de análisis, las cuales son:

1. Las demoras en las intersecciones.
2. El nivel de servicio de la intersección semaforizada.
3. El flujo de saturación
4. Y la longitud de la fila de espera.

Estas medidas de desempeño fungirán como los criterios básicos para determinar el desempeño del corredor, y fueron elegidas por estar considerados en el procedimiento de análisis de operación de intersecciones según el *Manual de Capacidad de Carreteras 2010 (Highway Capacity Manual 2010)*.

En esta misma etapa también existe una actividad de previsión de impactos, y que para este caso se sabe de ante mano, que los tiempos de espera sobre las calles y avenidas que cruzan Insurgentes tenga tiempos de espera largos y longitudes de filas mayores.



I.2.3 Etapa de Evaluación

La etapa de Evaluación busca determinar qué tan bien cubre cada alternativa los objetivos propuestos del proyecto, y esto se hace mediante la comparación de las medidas de desempeño evaluadas en la etapa anterior para cada alternativa. Para el caso en estudio se consideraron dos alternativas: permanecer con las intersecciones existentes y mantener el esquema de los tiempos de semáforo actuales; o cambiarlo por la cancelación de cruceros y la nueva propuesta en el tiempo de espera favoreciendo la circulación en el corredor.

I.2.4 Etapa de Implantación

La última etapa dentro del proceso de planificación de un sistema de transporte es la Implantación, y solamente puede ser llevada a cabo por una autoridad o por las instituciones encargadas de la construcción y/o administración del servicio de transporte.

En la Implantación, se comienza una fase detallada de diseño, en la cual se especifica cada uno de los componentes de la instalación. Para una instalación de transporte se requiere determinar a detalle su ubicación física, sus dimensiones geométricas y la configuración estructural. Por lo que se elaboran planos de diseño que los contratistas puedan usar para estimar el costo de construcción del proyecto. Cuando se adjudica el proyecto a una compañía constructora, esos planos serán la base sobre la cual se construya el proyecto.

Esta etapa no se encuentra desarrollada en el presente trabajo, por la extensión que implica su desarrollo, y porque la implantación es una actividad que concierne a las instituciones encargadas del servicio de transporte.

I.3 Descripción del sistema: Antecedentes del Metrobús

Los desafíos en el desarrollo de infraestructura de transporte en una ciudad en rápido crecimiento son bien conocidos, la demanda de viajes generalmente aumenta con el crecimiento de la población, la capacidad de infraestructura generalmente no mantiene el mismo ritmo de crecimiento con relación a la demanda, como consecuencia de este



desfasamiento se producen las omnipresentes externalidades del transporte urbano (congestionamiento y contaminación atmosférica)

El panorama se complica aún más con el hecho de que los agentes que proveen la infraestructura son muchos, la responsabilidad de la construcción está generalmente separada del mantenimiento y la administración, cada una de estas áreas de responsabilidad recae en diversos niveles del Gobierno.

En la mayoría de las ciudades se cuenta con redes de transporte basadas en autobuses urbanos, pero estos sistemas generalmente son poco confiables y con baja aceptación por parte de los usuarios. Como respuesta a esta situación las autoridades públicas han tenido predilección por transportes masivos extremadamente costosos, como el Metro; sin embargo es difícil encontrar el punto medio entre servicio eficiente y deudas gigantescas. Como solución a esta problemática surge el sistema BRT del inglés (Bus Rapid Transit) que es capaz de dar solución al problema de transporte sin la necesidad de una gran inversión o un gasto considerable para su mantenimiento.

El origen de esta nueva forma de movilidad se encuentra en Curitiba, Brasil una ciudad mediana en la que a mediados de los años 70 el gobierno y urbanista propusieron soluciones de bajo costo a los grandes problemas de transporte urbano que enfrentaban.

Ciudades como Ottawa, Lyon, Seattle y Los Ángeles adecuaron este sistema, después de que en 1999 la ciudad de Bogotá, Colombia utilizara con buenos resultados los autobuses articulados dentro de su programa vial llamado Transmilenio.

El éxito de este sistema en Bogotá, ha convertido a dicha ciudad en el actual modelo de referencia en el mundo para el sistema de autobuses rápidos, orden vial y recuperación de zonas peatonales.

La Figura I.1 muestra dos de los Sistemas BRT más reconocidos a nivel mundial, el de Curitiba en Brasil y el de Bogotá en Colombia.

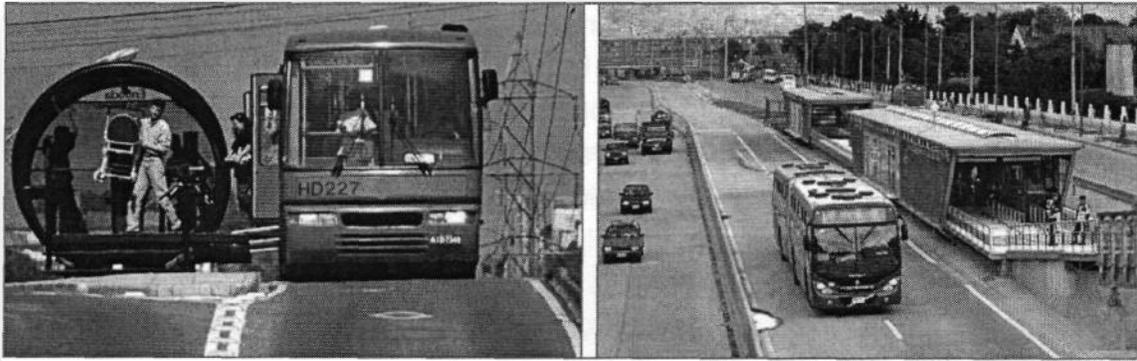


Figura I.1 Primer BRT del mundo: Red Integrada de Transporte en Curitiba, Brasil (izquierda) BRT más destacado del mundo: Sistema TransMilenio en Bogotá, Colombia (derecha).
Obtenido de: www.distintaslatitudes.net y www.bogota.gov.co

Con la intención de agilizar el tránsito vehicular en la avenida Insurgentes y como una estrategia mediante la cual se mitigara la saturación vial y se aumentara la velocidad de desplazamiento en la avenida Insurgentes, el Gobierno del Distrito Federal adoptó el modelo de transporte público BRT bajo el nombre de "Metrobús", buscando mejorar las condiciones ambientales de la ciudad, dar prioridad y mejorar la calidad del servicio de transporte público así como establecer un reordenamiento vial y urbano.

De esta forma, el 19 de junio de 2005 entró en operación el sistema de transporte público Metrobús en la Ciudad de México.



Figura I.2 Vehículo de la línea 1 del Metrobús en junio 2005. Fuente: Metrobús

Por otro lado se menciona que el Metrobús tendrá beneficios ambientales importantes; se espera que en comparación con los actuales microbuses y camiones, el sistema de autobuses articulados del Metrobús reduzca hasta 50 por ciento las emisiones en Insurgentes.

En resumen, tenemos que el Metrobús, al ofrecer una forma más atractiva de movilidad (a través de eficiencia, rapidez y seguridad), deberá incentivar el uso del transporte público con respecto al automóvil privado. Esta política es consistente con las recomendaciones de especialistas para reducir la congestión en el largo plazo.



I.4 Descripción del sistema: Descripción del Metrobús

La infraestructura en un Sistema BRT está conformada principalmente de los siguientes elementos: carriles confinados, estaciones, terminales y patios de resguardo y vehículos. El diseño de la infraestructura no es único pues depende de factores tales como su costo, funcionalidad, diseño estético, accesibilidad, condiciones climáticas y topológicas e, inclusive, de preferencia culturales.

I.4.1 Carriles confinados

Son carriles que están destinados exclusivamente al uso de vehículos de transporte público y servicios de emergencia, dichos carriles están segregados del tránsito particular por medio de separadores viales y deben contar con el señalamiento horizontal y vertical para su fácil identificación. Si se localizan en una arteria de tráfico mixto tienden a estar ubicados en el carril de extrema izquierda evitando la interacción con otros vehículos, lo cual garantiza que las unidades puedan alcanzar una velocidad comercial superior a los 20 km/h.

Generalmente, se recomienda el uso de concreto hidráulico como material de superficie en el carril o algún otro material que soporte el peso de vehículos de gran tamaño.

I.4.2 Estaciones

Las estaciones son la imagen y el punto de entrada al Sistema BRT, deben diseñarse no solamente con propósitos funcionales sino también considerando la comodidad, conveniencia de los usuarios y la integración con otros modos de transporte. El tamaño de la estación depende del número proyectado de pasajeros que la utilizarán así como de la cantidad y tipo de autobuses que pudieran ser alojados en la misma, su ubicación depende de factores relativos a la demanda y las características de la vialidad donde serán instaladas.

Estación Tipo

SECCIÓN TRANSVERSAL

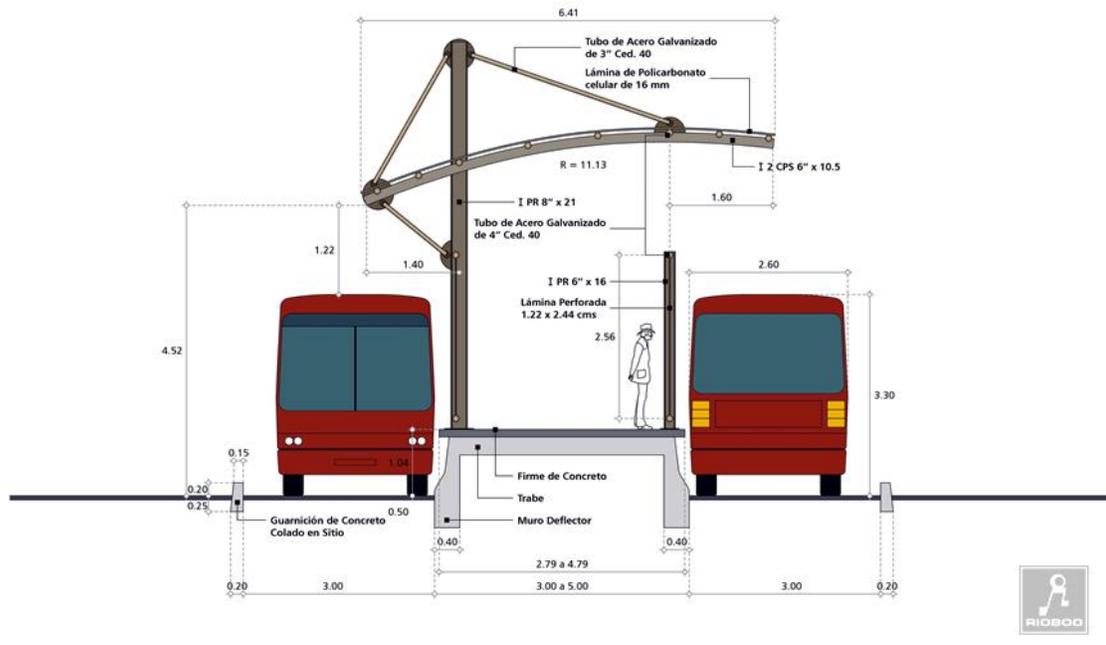


Figura I.3 Sección típica de una estación de Metrobús. Fuente: Metrobús

I.4.3 Terminales y patios de resguardo

Las terminales son los puntos de transferencia más importantes, normalmente están situadas en el extremo de cada corredor troncal y hacen posible la transferencia de usuarios con otros modos de transporte.

Los patios son instalaciones diseñadas para cumplir múltiples tareas del sistema, por ejemplo: el estacionamiento de la flota, reabastecimiento de combustible, limpieza y lavado de vehículos, mantenimiento y reparación de unidades. Es común que en estos lugares se destine espacio para oficinas administrativas de los operadores e instalaciones para los empleados.



Normalmente los patios se ubican adyacentes a las terminales, esto con el objeto de utilizar el estacionamiento del patio y evitar así desplazamientos innecesarios (en vacío) de las unidades cuando algunos vehículos salen de servicio durante los períodos valle o de baja demanda. Sus dimensiones, dependen en gran medida del tamaño y la cantidad de vehículos que éste resguardará, además de la cantidad de vehículos que se encuentren para reparación.

Los Sistemas BRT también tienen como objetivo ser un sistema de transporte 100% accesible, es por ello que las estaciones deben contar con infraestructura especial (rampas, ascensores, guías táctiles, semáforos auditivos, etc.) para facilitar el acceso a personas con alguna discapacidad y personas de la tercera edad, así como plataformas al mismo nivel de piso del autobús.

I.4.4 Vehículos

La flota vehicular actual del Sistema Metrobús está conformada por 54 autobuses ligeros, 296 autobuses articulados y 27 autobuses biarticulados, con capacidad para 80, 160 y 240 pasajeros, respectivamente. Figura I.4.



Figura I.4 Tipo de vehículos básicos del Metrobús. Fuente: Metrobús.

I.5 Descripción del sistema: Avenida Insurgentes

En la Ciudad de México, una de las vialidades más importantes es la Avenida Insurgentes; tanto por los volúmenes de tránsito sobre ella, como por su posición geográfica dentro de la mancha urbana, que es la de un eje troncal que conecta, vincula y articula a la ciudad de norte a sur. Tiene una longitud de 28.4 km desde el Centro de Transferencia Modal



(CETRAM) de Indios Verdes, hasta el monumento al Caminero en el entronque con la autopista México – Cuernavaca.

Insurgentes atraviesa cinco de las 16 Delegaciones del Distrito Federal (Tlalpan, Coyoacán, Benito Juárez, Cuauhtémoc y Gustavo A. Madero). Por su longitud y posición presenta una gran cantidad de intersecciones; entre las más conflictivas se encuentran en el tramo Norte de la ciudad: Acueducto de Guadalupe, Calzada Ticomán, Montevideo (Eje 5 Norte), Vallejo (Eje 1 Poniente), José Antonio Álzate (Eje 1 Norte), Puente de Alvarado, Avenida Paseo de la Reforma, Avenida Chapultepec y Álvaro Obregón.

Otras intersecciones conflictivas en el tramo central son: Yucatán (Eje 2 Sur), Baja California (Eje 3 Sur), Viaducto Miguel Alemán, División del Norte, Avenida Nuevo León, San Antonio (Eje 5 Sur), Holbein (Eje 6 Sur), Félix Cuevas (Eje 7 Sur), José María Rico (Eje 8 Sur), Circuito Interior (Río Mixcoac) y Barranca del Muerto.

Y en el sur los tiene con: Vito Alessio Robles, Copilco (Eje 10 Sur), San Fernando-Santa Teresa, Corregidora, Ayuntamiento y Santa Úrsula.

La avenida de los Insurgentes también cuenta con lugares de interés, de recreación, de comercio y negocios, así como de asistencia, entre los que se pueden mencionar los siguientes:

- Deportivo 18 de Marzo
- Monumento a la Raza
- Estación de Ferrocarriles Buenavista
- Monumento a Cuauhtémoc
- Glorieta de Insurgentes
- World Trade Center
- Parque Luis G. Urbina (Parque Hundido)
- Teatro de los Insurgentes
- Monumento a Álvaro Obregón
- Ciudad Universitaria
- Instituto Nacional de Pediatría DIF
- Centro Comercial Perisur
- Pirámide de Cuicuilco
- Mercado de Artesanías
- Hospital Nacional de Neurología.

I.6 Planteamiento del problema: Selección del tramo en estudio

Debido a la enorme cantidad de intersecciones, a la gran dificultad que implicaría realizar los aforos vehiculares en cada cruce, así como a tomar los tiempos de espera; y a lo



extenso que sería realizar el estudio y el análisis de los datos recabados; el presente trabajo se enfocó hacia un tramo de la Avenida Insurgentes, dicho tramo se encuentra comprendido entre el Eje 10 (Copilco) y Río Churubusco (Circuito Interior). La razón de su elección estriba en que el tramo presenta una gran variedad de intersecciones, con iguales características, que las hacen muestra de todas las presentes sobre la vialidad.



Figura I.5 Tramo en estudio, comprendido entre Eje 10 (Copilco) y Río Churubusco.



I.7 Planteamiento del problema: Afectaciones en el nivel de servicio

Debido a que la mayoría de las personas tienen que trabajar o estudiar en un mismo horario, se presentan periodos del día donde se concentra una cantidad importante de pasajeros que demandan servicio, llamados Horas de Máxima Demanda (**HMD**), si dicha cantidad de usuarios sobrepasa la capacidad de un sistema de transporte se producirá la saturación o sobrecupo de las unidades (Figura I.6), pues la cantidad de vehículos en el sistema no puede crecer al mismo ritmo que la demanda. Es por ello que la operación en los sistemas de transporte debe diseñarse para hacer frente al VHMD.



Figura I.6 Saturación en estaciones del Metrobús Fuente: Metrobús

Tanto la cantidad de vehículos como la ocupación de los mismos, son los principales parámetros de la operación que afectan directamente el nivel de servicio que se brinda en una línea de transporte, Molinero (2005) menciona que:

1. Ocupar una gran cantidad de unidades (sin exceder la capacidad de la vía o carril confinado) y transportar pocos pasajeros por vehículo permite ofrecer un nivel de servicio "alto", aunque es posible que los costos de operación sean elevados y se afecte dicho nivel con una tarifa igualmente alta.
2. Si se operan pocos vehículos, los niveles de ocupación serán tan altos que muy probablemente se saturarán las unidades, por lo que se brindará un servicio



de baja frecuencia, haciendo que los tiempos de espera para los usuarios puedanser demasiado largos, es por ello que el nivel de servicio ofertado será realmente bajo.

3. El nivel de servicio adecuado para el diseño de los transportes públicos en la HMD se logra operando un gran número de vehículos sin congestionar la vialidad, con niveles de ocupación cercanos a la saturación.

En un principio, las empresas operadoras en la Línea 1 de Metrobús adquirieron una flota de 80 vehículos articulados para brindar servicio en el corredor, la cual fue aumentando hasta llegar a 140 unidades. Se pudieran seguir adquiriendo más unidades de este tipo para hacer frente al volumen actual de la demanda, pero el problema es que el carril confinado que utiliza Metrobús sobre la Avenida de los Insurgentes tiene una capacidad máxima de 75 vehículos/hora-sentido por lo que se corre el riesgo de congestionarlo si se siguiera con esa tendencia.

Del anterior análisis de la problemática es claro que el Metrobús en su actividad de transporte en la línea 1 presenta un desempeño aceptable en cuanto a tiempo de traslado, y un desempeño malo en cuanto a nivel de servicio.

Lo anterior es claro no sólo en las horas pico sino también en tiempos intermedios donde la demanda no es la máxima ni la mínima, y aún así el nivel de servicio provisto por el Metrobús no es el satisfactorio.

Aunque el intervalo de paso sea menor no significa que el tiempo que esperan los usuarios para abordar un vehículo también lo sea, ya que un vehículo de baja capacidad tiende a llenarse con mayor rapidez por lo que es posible que algún usuario tenga que dejar pasar una o varias unidades antes de poder abordar

Esto se debe a la rapidez de crecimiento de la demanda en el andén y a la lentitud con la que el sistema reacciona a esta situación. Es decir, el Metrobús tiene un proceso de reacción para satisfacer la demanda LENTO.



Para evitar esto es claro que su reacción ante el repentino cambio en el volumen de demanda debe mejorar; y para eso, es propuesta de este trabajo, tener tiempos de traslado menores a los que actualmente presenta el sistema en toda la línea 1.

La propuesta en este trabajo consiste en mejorar esa reacción a través de disminuir los tiempos de espera en los semáforos, así como la eliminación de ciertos cruces que deban ser sólo incorporaciones a la avenida Insurgentes, en lugar de cruzarla

I.8 Planteamiento del problema: Pregunta de investigación

Pregunta principal:

¿Es posible mejorar los tiempos de traslado del Metrobús a lo largo de su Línea 1 a través de una mejor propuesta de semaforización y de modificar los tiempos de espera en las intersecciones?

Preguntas secundarias:

Si los tiempos de espera en los semáforos para el Metrobús disminuyen y hay un cambio en la semaforización, ¿el nivel de servicio del Metrobús mejora?

Si los tiempos de espera en los semáforos para el Metrobús disminuyen y hay un cambio en la semaforización, ¿qué consecuencias negativas puede traer este cambio?

I.9 Objetivos

Los objetivos del trabajo de investigación se obtienen como consecuencia directa dar respuesta a las interrogantes anteriores. De tal forma se tendrá un objetivo principal (el que da respuesta a la pregunta principal) y dos objetivos secundarios (los que dan respuesta a las preguntas secundarias de investigación).

I.9.1 Objetivo principal

Determinar si un cambio en la semaforización y en los tiempos de espera de los semáforos en la avenida Insurgentes repercute directamente en una mejora en los tiempos de traslado del Metrobús Línea 1.



I.9.2 Objetivos secundarios

Determinar si un cambio en la semaforización y en los tiempos de espera de los semáforos en la avenida Insurgentes repercute en alguna consecuencia negativa para todos los involucrados tanto en el Metrobús como los usuarios de la vía Insurgentes.



Capítulo II

II. Marco Teórico (Ingeniería de Tránsito)

Para la realización del presente trabajo, es necesario tomar como marco teórico a la Ingeniería de Tránsito, porque en esta rama del conocimiento se encuentran desarrolladas las investigaciones, teorías, expresiones y recomendaciones que servirán para dar solución al problema planteado en el capítulo anterior.

En este capítulo se abordarán los conceptos fundamentales, y las expresiones usadas para determinar los parámetros de comparación para determinar los niveles de servicio y las demoras en las intersecciones del tramo en estudio de la avenida Insurgentes. Cabe señalar que en este análisis de la vialidad, existen dos modos de transporte que guardan una estrecha relación: los vehículos particulares y el BRT (Metrobús), porque ambos circulan por la misma vialidad y comparten los derechos de paso en cada intersección. Aunque es objetivo de este trabajo mejorar la circulación del BRT, a través de una mejor propuesta de tiempos de espera y de modificaciones en la semaforización, las afectaciones que los cambios propuestos tengan sobre los vehículos particulares no deben ser graves y fueron también consideradas en la evaluación para hacer la propuesta final.

II.1 Ingeniería de Tránsito

La Ingeniería de Tránsito es una rama de la Ingeniería de Transporte, así la define Cal y Mayor (2007): “aquella fase de la Ingeniería de Transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de transporte”.

La Ingeniería de Tránsito, en vez de tratar con la construcción de una nueva infraestructura, tiene por objetivo encargarse del dimensionamiento y diseño de la infraestructura para lograr un flujo de tráfico eficiente, y evalúa los sistemas de tráfico para optimizar el uso de esa infraestructura vial existente. Dentro de los elementos de control de tráfico se encuentran los semáforos, que tienen la finalidad de lograr una operación segura y eficiente en la infraestructura vial.



II.2 Semáforos

Los semáforos son dispositivos electromagnéticos y electrónicos proyectados específicamente para facilitar el control del tránsito de vehículos y peatones, mediante indicaciones visuales de luces de colores universalmente aceptados.

Su finalidad principal es la de permitir el paso alternadamente a flujos de tránsito que se cruzan, permitiendo el uso ordenado y seguro del espacio disponible.

Actualmente no se puede suponer, en las grandes ciudades del mundo que el control del tránsito no se realice con los sistemas más avanzados de semáforos, incluyendo la coordinación computarizada y la incorporación de detectores automáticos de vehículos, que dependiendo de su variación hacen que cambie en forma dinámica y continua el tiempo asignado a cada acceso de las intersecciones. Esto ha permitido el establecimiento de estrategias para el control del tránsito a lo largo de las diferentes horas del día a través de programas específicos para períodos de máxima y mínima demanda.

En el proceso de semaforización (colocación o remoción de semáforos) existen criterios a seguir para que esto se pueda llevarse a cabo o no. Estos criterios se detallan a continuación.

II.2.1 Volúmenes vehiculares mínimos para interrumpir el tránsito

Para determinar si una intersección formada por una vialidad principal y otra menor requiere o justifica la colocación de un semáforo, se deben cumplir dos condiciones: que la vialidad principal cuente con un flujo o tasa de flujo tan considerablemente alto que impida o dificulte el poder cruzarla, y adicionalmente que, en la vialidad menor circule un flujo suficiente que justifique la interrupción de la circulación en la vialidad principal.

Cuando los volúmenes de tránsito en las calles principales y en los accesos de las calles secundarias de mayor volumen para cualquier periodo de ocho horas de un día promedio, son por lo menos iguales a los volúmenes especificados en la Tabla II.1. Un día “promedio” es (Garber 2005) un día de la semana cuyos volúmenes de tránsito se observan normales y en forma repetida en la localidad.



Para interrumpir el flujo vehicular en una vía principal, la vía secundaria debe satisfacer o alcanzar un flujo mínimo, mismo que se estipula en la Tabla II.1.

Número de carriles para el tránsito en movimiento en cada acceso		Vehículos por hora en la calle principal (Total para ambos accesos)	Vehículos por hora para el acceso de una calle secundaria de mayor volumen (solamente un sentido)
Calle principal	Calle secundaria		
1	1	750	75
2 ó más	1	900	75
2 ó más	2 ó más	900	100
1	2 ó más	750	100

Tabla II.1 Volúmenes vehiculares mínimos para la justificación de la interrupción del tránsito continuo.
Fuente: Elaboración propia con información del Manual on Uniform Traffic Control Devices, Departamento de Transporte de Estados Unidos, Washington, D.C., 2000

II.2.2 Volumen mínimo de peatones

Este criterio se satisface cuando el volumen de peatones que cruza la calle principal en un día promedio, es de por lo menos 100 en cuatro o más periodos cualesquiera de una hora a lo largo del día, o 190 durante cualquier hora y además se tienen menos de 60 espacios¹ entre el flujo vehicular durante una hora, que son aceptables para que los peatones crucen. Además, el semáforo más cercano a lo largo de la calle principal debe estar alejado cuando menos 300 pies (91 m) de la intersección.

II.2.3 Puntos a cuidar y buscar en la semaforización

Si la instalación y operación de los semáforos es correcta, éstos podrán dar diversas ventajas. En cambio, si uno o más semáforos son deficientes, servirán para entorpecer el tránsito, tanto el de vehículos como de peatones. Es muy importante que antes de seleccionar y poner a funcionar un semáforo, se efectúe un estudio como de las condiciones de la intersección y del tránsito y, se cumpla con los requisito que la

¹Por espacio se entiende un intervalo de tiempo suficiente para que un peatón pueda cruzar la vialidad cómodamente.



experiencia ha fijado o como lo indican los Manuales de Dispositivos para el Control del Tránsito. También es importante que después que el sistema de semáforos empiece a funcionar, se compruebe que éste responde a las necesidades del tránsito y, si fuera necesario, se hagan los ajustes pertinentes.

Un semáforo o un sistema de semáforos que opere correctamente, tendrá las siguientes ventajas:

- Ordena la circulación del tránsito y, en muchos casos, mediante asignación apropiada del derecho al uso de la intersección, optimiza capacidad de las calles.
- Reduce la frecuencia de cierto tipo de accidentes.
- Con espaciamientos favorables se pueden sincronizar para mantener una circulación continua, o casi continua, a una velocidad constante en una ruta determinada.
- Permiten interrumpir periódicamente los volúmenes de tránsito intensos de una arteria, para conceder el paso de vehículos y peatones de las vías transversales. Así, en zonas escolares, ayudan a los estudiantes a cruzar con mayor seguridad.
- En la mayoría de los casos representan un ahorro económico considerable por la habilidad en el control del tránsito con respecto a la utilización de otras formas de control, como por ejemplo señales o policías de tránsito.

Cuando el proyecto o la operación de un semáforo o sistema de semáforos es deficiente, ya sea por falta de elementos de juicio, o bien porque se ha abusado de los semáforos como una panacea para resolver todos los problemas, pueden presentarse una o varias de las siguientes desventajas:

- Se incurre en gastos no justificados para soluciones que podían haberse resuelto solamente con señales o en otra forma económica.
- Causan demoras injustificadas a cierto número de usuarios, especialmente tratándose de volúmenes de tránsito pequeños, al causar retardos molestos por excesiva duración de la luz roja o del tiempo total del ciclo.



- Producen reacción desfavorable en el público, con la consiguiente falta de respeto hacia ellos o hacia las autoridades.
- Incrementan el número de accidentes del tipo alcance, por cambios sorpresivos de color.
- Ocasionan pérdidas innecesarias de tiempo en las horas del día, cuando se presentan escasos volúmenes de tránsito que no requieren control de semáforos.
- Aumentan la frecuencia o gravedad de ciertos accidentes cuando la conservación es deficiente, especialmente en casos de focos fundidos o interrupciones en el servicio eléctrico.
- Cuando son operados por los agentes de tránsito, causan mayores demoras en los accesos y enojo en los automovilistas.

II.3 Términos utilizados para evaluar el nivel de servicio y la capacidad

Para elaborar los análisis de capacidad y de nivel de servicio de las intersecciones señalizadas es necesario definir algunos términos, como los que se listan a continuación.

- **El intervalo de cambio y de despeje** es la suma de los intervalos "amarillo" y "todo rojo" (dados en segundos) que se dan entre las fases para permitir que el tránsito de vehículos de peatones salga de la intersección antes de liberar los movimientos en conflicto.
- **Las condiciones geométricas** es un término que se usa para describir las características de las vías de acceso, incluyen el número y ancho de los carriles, las pendientes, y la ubicación de los carriles para diferentes usos, así como la designación de un carril de estacionamiento.
- **Las condiciones de señalización** es un término que se usa para describir los detalles de la operación del semáforo. Éstos incluyen el tipo de control del semáforo, la secuencia de fases, los tiempos de fases, y del avance de las señales en cada acceso.
- **Tasa de flujo o flujo (q)** es el número de vehículos que pasan durante un intervalo de tiempo específico. Por lo que se expresa en unidades de cantidad de vehículos sobre



tiempo, como por ejemplo: (veh / min) o (veh / seg). Y cuando se utiliza como unidad de tiempo la hora, es más común llamar a la tasa de flujo como: **VPH**.

- **Vehículos por hora (VPH)** es la cantidad de vehículos que cruzan por una sección transversal o por un punto de un carril o una calzada durante una hora.
- **La razón de flujo** (v/s) es el cociente de la tasa verdadera de flujo o la demanda proyectada v para un acceso o un grupo de carriles, entre la tasa s de flujo de saturación.
- **Indicación de señal.** Es el encendido de una de las luces del semáforo o una combinación de varias luces al mismo tiempo.
- **Ciclo o longitud de ciclo:** Tiempo necesario para que el disco indicador del semáforo efectúe una revolución completa. En otras palabras, es el tiempo requerido para una secuencia completa de todas las indicaciones de señal de semáforo.
- **Movimiento:** maniobra o conjunto de maniobras de un mismo acceso que tienen el derecho de paso simultáneamente y forman una misma fila.
- **Intervalo:** Cualquiera de las diversas divisiones del ciclo, durante la cual no cambian las indicaciones de señal del semáforo.
- **Fase:** Parte del ciclo asignada a cualquier combinación de uno o más movimientos que reciben simultáneamente el derecho de paso, durante uno o más intervalos. Es la selección y ordenamiento de movimientos simultáneos. Una fase puede significar un solo movimiento vehicular, un solo movimiento peatonal, o una combinación de movimientos vehiculares y peatonales. Una fase comienza con la pérdida del derecho de paso de los movimientos que entran en conflicto con los que lo ganan. Un Movimiento pierde el derecho de paso en el momento de aparecer la indicación amarilla.
- **Intervalo de despeje o todo rojo:** tiempo de exposición de una indicación roja para todo el tránsito que se prepara entrar a la intersección. Es utilizado en la fase que lo pierde, con el fin de dar un tiempo adicional que permita a los vehículos, que pierden el derecho de paso, despejar la intersección, antes de que los vehículos que la ganan reciban el verde. Se aplica sobre todo en aquellas intersecciones que sean excesivamente anchas. También se puede ser utilizado para crear una fase exclusiva para peatones.



- **Intervalo de cambio de fase:** intervalo que puede consistir de solamente un intervalo de cambio amarillo o que puede incluir un intervalo adicional de despeje todo rojo. También se conoce como entreverde o intermedio.

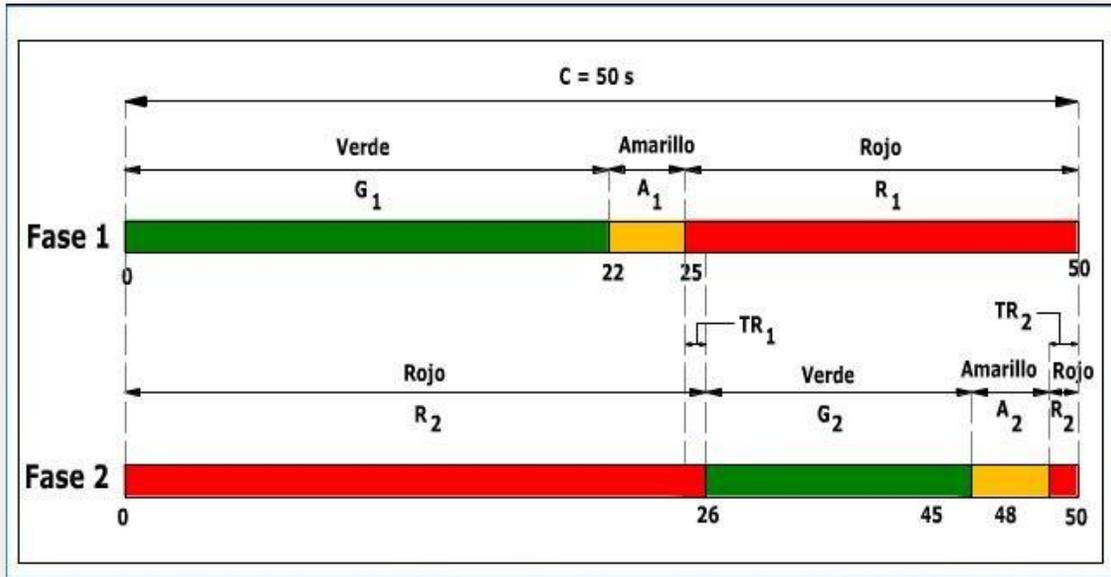


Figura II.1 Diagrama de dos fases para una intersección
Fuente: Cal y Mayor (2008)

- **Un grupo de carriles** consta de uno o más carriles que tienen una línea de alto en común, llevan un conjunto de flujos vehiculares, y cuya capacidad es compartida por todos los vehículos del grupo.
- **Flujo de saturación o tasa de flujo de saturación (s)** La tasa de flujo de saturación es la tasa máxima de flujo que puede atravesar la intersección. Se usa para determinar la capacidad de un grupo de carriles, bajo las condiciones prevalecientes de tránsito, es decir, cuando se dispone del 100 % del tiempo efectivo de luz verde. La tasa de flujo de saturación está dada en unidades de vehículos por hora (veh/h) y normalmente se toma como 1,900 vehículos/hora de periodo de tiempo de luz verde por carril.

II.4 Capacidad y nivel de servicio en las intersecciones con semáforo

El nivel de servicio de cualquier intersección en una vía tiene un efecto importante sobre su desempeño general operativo. Una mejora en el nivel de servicio de cada intersección



determinada, conlleva a mejores resultados en el desempeño operativo general de la vía. Un procedimiento de análisis que permita la determinación de la capacidad o del nivel de servicio en las intersecciones, es una herramienta importante para los diseñadores, el personal de operación y los responsables de las políticas. Los factores que afectan el nivel de servicio en las intersecciones, tienen en cuenta el flujo y la distribución del tránsito, las características geométricas y el sistema de señalización.

El semáforo que asigna tiempos entre los movimientos en conflicto del tránsito vehicular y de los peatones en la intersección, es también un factor importante para determinar el nivel de servicio en una intersección. Por ejemplo, la distribución del tiempo de luz verde de estos flujos conflictivos, afecta significativamente tanto la capacidad como la operación de intersección. Otros factores tales como el ancho de carril, la composición del tránsito, la pendiente, y la velocidad también repercuten de manera significativa.

II.4.1 Capacidad de las intersecciones señalizadas

La capacidad en una intersección señalizada, está dada por cada grupo de carriles y se define como la tasa máxima de flujo que puede cruzar la intersección, por cada grupo de carriles que se considera, de acuerdo con las condiciones prevaletientes de tránsito, de la vía y de la señalización. La capacidad se da en vehículos por hora (veh/h) y se basa en el flujo durante un período pico de 15 minutos. No se considera la capacidad de toda la intersección; en lugar de ello, se enfatiza en el suministro de las instalaciones adecuadas para los movimientos principales en las intersecciones. Por lo tanto, la capacidad se aplica solamente a los movimientos o accesos principales de la intersección.

La capacidad de un acceso o de un grupo de carriles está dada como:

$$c_i = s_i \left(\frac{g_i}{C} \right)$$

Donde:

c_i = capacidad del grupo i de carriles (vehículos/hora)

s_i = tasa de flujo de saturación para el grupo de carriles o el acceso i



$\left(\frac{g_i}{C}\right)$ = razón de luz verde para el grupo de carriles o el acceso i

g_i = luz verde efectiva para el grupo de carriles i o el acceso i

C = duración del ciclo

Generalmente se denomina a la relación de flujo a capacidad (v/c) como el *grado de saturación* y puede expresarse como:

$$(v/c)_i = X_i = \frac{v_i}{s_i \left(\frac{g_i}{C}\right)}$$

Donde:

X_i = razón (v/c) para el grupo de carriles o el acceso i

v_i = tasa verdadera de flujo o demanda proyectada para el grupo de carriles o el acceso i (vehículos/hora)

s_i = flujo de saturación para el grupo de carriles i o el acceso i

g_i = tiempo efectivo de luz verde para el grupo de carriles i o el acceso i (segundos)

Puede verse que cuando la tasa de flujo es igual a la capacidad, X_i es igual a 1.00; cuando la tasa de flujo es igual a cero, X_i es igual a cero.

Cuando toda la intersección es evaluada con respecto a su geometría y relación al tiempo total del ciclo, se usa el concepto de la razón crítica volumen a capacidad (X_c). La razón crítica (v/c) se obtiene para toda la intersección, pero considera solamente los accesos o los grupos de carriles críticos, que son aquellos que tienen la razón máxima de flujo (v/s), para cada fase. Por ejemplo, en una intersección señalizada de dos fases, si el acceso norte tiene una razón (v/s) más alta que el acceso sur, se requerirá más tiempo para los vehículos que atraviesan la intersección desde el acceso norte, durante la fase de luz verde para la dirección norte-sur, y la duración de la fase estará basada en el tiempo de la luz verde requerido para el acceso norte. Por tanto el acceso norte será el crítico para la



fase norte-sur. Como se muestra a continuación, la razón crítica (v/c) para toda la intersección está dada como:

$$X_c = \sum_i (v/s)_{ci} \frac{C}{C - L}$$

Donde:

X_c = razón crítica v/c para la intersección

$\sum_i (v/s)_{ci}$ = suma de las razones de los flujos actuales a flujo de saturación, para todos los carriles, grupos o accesos

C = duración del ciclo (segundos)

L = tiempo total perdido por ciclo, calculado como la suma del tiempo perdido (t_l), para cada fase crítica, $L = \sum_i t_l$

Si se desconoce el tiempo de la señal, y la razón crítica (v/c) específico para la intersección, la ecuación anterior puede ser usada para estimar el tiempo de la señal. En forma alterna, esta ecuación puede usarse para obtener un indicador general que permita determinar la razón crítica (v/c) mediante la sustitución de la duración del ciclo máximo permitido para la intersección. Cuando la razón crítica (v/c) es menor que 1.00, la duración del ciclo asignada es adecuada para todos los movimientos críticos que atraviesan la intersección, si el tiempo de luz verde está distribuido en forma proporcional entre las diferentes fases. Es decir, para la secuencia de fases establecida, se tendrán adecuados tiempos de luz verde para todos los movimientos en la intersección, si el tiempo total de luz verde se divide en forma proporcional entre todas las fases. Si el tiempo total de luz verde no está apropiadamente distribuido en las diferentes fases, es posible tener una relación crítica (v/c) menor que 1.00, pero con uno o más movimientos sobresaturados dentro del ciclo.



II.4.2 Concepto de nivel de servicio

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de nivel de servicio. Es una medida que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular, de acuerdo a la percepción de los motoristas y/o pasajeros. Estas condiciones se describen en factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamiento o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, tales como la anchura de los carriles, la distancia libre lateral, las pendientes, la anchura de los acotamientos, etc.

El Manual de Capacidad Vial Highway Capacity Manual 2000 ha establecido seis niveles de servicio denominados: A, B,C,D, E y F, que van del mejor al peor, los cuales se definen según las condiciones de operación, ya sean de circulación continua o discontinua.

Los criterios del nivel de servicio NDS se dan en términos de la demora promedio por vehículo, durante un periodo de análisis de 15 minutos. Se prescriben seis niveles de servicio. Los criterios para cada uno se describen a continuación.

- **El nivel de servicio A** describe el nivel de operación para el cual, la demora promedio porvehículo es de 10.0 segundos o menos. Para el nivel de servicio A, los vehículos llegan principalmente durante las fases de luz verde, lo que conduce a que solamente unos cuantosvehículos se detienen en la intersección. Las duraciones de ciclo cortas, pueden ayudar aobtener demoras bajas.
- **El nivel de servicio B** describe el nivel de operación para el cual, la demora por vehículo esmayor que 10 segundos pero no mayor a 20 segundos. Para el nivel de servicio B, el númerode vehículos que se detienen en la intersección es mayor que para el nivel de servicio A, pero el avance todavía es aceptable y la duración del ciclo también puede ser corta.



- **El nivel de servicio C** describe el nivel de operación para el cual, la demora por vehículo es mayor que 20 segundos y hasta 35 segundos. Para el nivel de servicio C, muchos vehículos cruzan la intersección sin detenerse, pero un número apreciable de ellos se detienen. Además, algunos vehículos en uno de los accesos no saldrán de la intersección durante el primer ciclo (falla del ciclo). La mayor duración de la demora, puede deberse al número apreciable de vehículos que llegan durante la fase de luz roja (falla en el avance), a las duraciones relativamente largas del ciclo o a ambos.
- **El nivel de servicio D** describe el nivel de operación para el cual, la demora por vehículo es mayor que 35 segundos pero no mayor a 55 segundos. Para el nivel de servicio D, se detienen más vehículos en la intersección, lo que conduce a una demora de mayor duración. Ahora ya se nota el número de ciclos individuales que fallan. El periodo más prolongado de este nivel de servicio, se debe a una combinación de dos o más factores, que incluyen las duraciones largas de los ciclos, las razones (v/c) altas, y un avance desfavorable.
- **El nivel de servicio E** describe el nivel de operación para el cual, la demora por vehículo es mayor que 55 segundos pero no mayor a 80 segundos. Para el nivel de servicio E, los ciclos individuales frecuentemente fallan. Esta demora prolongada, que normalmente muchas dependencias toman como el límite para una demora aceptable, en general indica razones (v/c) altas, duraciones largas de ciclo y un avance deficiente.
- **El nivel de servicio F** describe el nivel de operación para el cual, la demora por vehículo es mayor que 80 segundos. Esta demora prolongada generalmente es inaceptable para la mayoría de los conductores. Para el nivel de servicio F, con frecuencia se presenta la *sobre saturación*, es decir, las tasas de flujo de llegada son mayores que la capacidad de la intersección. También puede presentarse una demora prolongada como resultado de un avance deficiente y de duraciones prolongadas de ciclo. Observe que puede presentarse este nivel de servicio cuando los accesos tienen relaciones (v/c) elevadas, que sean menores que 1.00, pero también presentan muchas fallas de ciclos individuales.

Debe enfatizarse una vez más que, en contraste con otros sitios, el nivel de servicio en una intersección con semáforo no tiene una relación unívoca simple con la capacidad. Por



ejemplo, en los tramos de los caminos de acceso controlado, la relación (v/c) es de 1.00 en los límites superiores del nivel de servicio E. Sin embargo, en la intersección señalizada, es posible que la demora sea inaceptable para el nivel de servicio F, aunque la relación (v/c) sea menor que 1.00 o tan baja como 0.75. Cuando ocurren demoras prolongadas para estas relaciones (v/c), pueden deberse a la combinación de dos o más de las siguientes condiciones:

- Duraciones largas del ciclo.
- El lapso de la luz verde no está distribuido apropiadamente, lo que conduce a largos periodos de luz roja para uno o más grupos de carriles, es decir, hay uno o más grupos de carriles que están en desventaja.
- Avance deficiente de las fases del semáforo, lo cual implica que un alto porcentaje de vehículos llegan al acceso durante la fase de luz roja.

También es posible tener demoras cortas en un acceso cuando la razón (v/c) sea igual a 1.00 —es decir, un acceso saturado— que puede ocurrir si existen las siguientes condiciones:

- Duraciones cortas de ciclo.
- Avance favorable de las fases del semáforo, lo cual implica que un alto porcentaje de vehículos llegan durante la fase de luz verde.

Es evidente que el nivel de servicio F no necesariamente indica que la intersección, el acceso, o el grupo de carriles estén sobresaturados, ni puede suponerse automáticamente que el flujo de demanda esté por debajo de la capacidad para un rango de nivel de servicio de A hasta E. Por tanto es imperativo que al evaluar toda la intersección semaforizada, se desarrollen tanto análisis de capacidad como de nivel de servicio.

II.5 Nivel de servicio en las intersecciones señalizadas

Los procedimientos pueden usarse ya sea para una evaluación detallada u operativa de una intersección como para una estimación general de planificación del desempeño general de una intersección señalizada existente o planificada. Para el análisis a nivel de



diseño, se requieren más datos para una estimación directa del nivel de servicio que se quiere dar. Para este nivel de análisis también es posible determinar el efecto de modificar los tiempos de las fases del semáforo.

Los procedimientos presentados aquí para la evaluación operativa son los que se dan en la edición 2000 del Highway Capacity Manual. Estos procedimientos tienen que ver con el cálculo del nivel de servicio en los accesos de la intersección y del nivel de servicio de toda la intersección.

II.6 Demora en las intersecciones

La demora es un elemento de control, se usa para definir el nivel de servicio en las intersecciones señalizadas, ya que la demora no solamente indica la cantidad de tiempo de viaje perdido y el consumo de combustible, sino también es una medida de la frustración y de la incomodidad de los conductores. La demora por fase es parte de la demora total que se atribuye al dispositivo de control, se calcula para definir el nivel de servicio en la intersección señalizada. Esta incluye la demora debida a la desaceleración, el tiempo de avance de la fila, el tiempo de parada y al movimiento de aceleración. Sin embargo, la demora depende del tiempo de luz roja, el cual a su vez depende de la duración del ciclo. Por tanto pueden obtenerse niveles razonables de servicio para duraciones cortas de ciclo, aun cuando la razón (v/c) sea tan alta como 0.9. En la medida que la coordinación de los semáforos reduzca la demora, se podrá obtener diferentes niveles de servicio para la misma razón (v/c), cuando cambie la coordinación de los semáforos.

Uno de los principales objetivos de la instalación de un sistema de semáforos en una intersección, es reducir la demora promedio de los vehículos en la misma. Por tanto la demora es una medida importante de la efectividad, que se puede usar para la evaluación de una intersección con semáforo. La demora en una intersección con semáforo puede estimarse mediante el uso de una expresión desarrollada por Webster y que se da en la siguiente ecuación, en la cual se puede obtener la demora promedio experimentada por



vehículo, en el acceso j-ésimo durante la fase i-ésima, suponiendo una llegada uniforme de vehículos a la intersección.

$$d_j = \left(CA + \frac{B}{V_j} \right) \frac{100 - P}{100}$$

Donde:

d_j = Demora promedio por vehículo en el acceso j-ésimo durante la fase i-ésima

$$A = \frac{(1 - \lambda_i)^2}{2(1 - \lambda_i x_j)}$$

$$B = \frac{x_j^2}{2(1 - x_j)}$$

C = duración del ciclo (segundos)

V_j = volumen real en el acceso j-ésimo (vehículos/carril/segundo)

λ_i = proporción de la duración del ciclo que efectivamente corresponde a la luz verde (es decir, G_{ei}/C , donde G_{ei} es el tiempo efectivo de luz verde para la fase i)

x_j = grado de saturación para el acceso j-ésimo = $V_j/\lambda_i s$

s_j = flujo de saturación para el acceso j-ésimo (vehículos/carril/segundo)

P = porcentaje de corrección, que varía de 5 a 15 % para condiciones normales.

La demora horaria total para cualquier acceso, puede estimarse mediante la determinación d_j para cada carril en ese acceso, multiplicando cada d_j por los correspondientes volúmenes de carril y luego sumando estos valores. Entonces la demora horaria total de la intersección puede determinarse mediante la suma de la demora total para cada acceso.



II.7 Análisis de Operación

El proceso de análisis a nivel de operación puede ser usado para determinar la capacidad o el nivel de servicio en los accesos de una intersección señalizada existente o el nivel general de servicio en la misma. El procedimiento también puede usarse para el diseño detallado de una intersección dada. Al utilizar el procedimiento para analizar un semáforo existente, se conocen los datos operativos de la secuencia de las fases, el tiempo de las fases del semáforo y los detalles geométricos (ancho de carril, número de carriles, pendiente, etc.). El procedimiento se usa para determinar el nivel de servicio al cual se desempeña la intersección, en términos de la demora de la fase o del semáforo. Al usar el procedimiento para el diseño detallado, generalmente no se conocen los datos operativos y por tanto tienen que calcularse o suponerse. Entonces se determinan la demora y el nivel de servicio.

II.8 Procedimiento metodológico para el análisis de operación

En la Figura II.2 se presenta un diagrama de flujo con las tareas que intervienen en un análisis operativo. Las tareas se han dividido en cinco módulos: 1) parámetros de entrada; 2) definición de grupos de carriles y la tasa de flujo de demanda; 3) tasa de flujo de saturación; 4) análisis v/c de capacidad; y 5) módulo del nivel de servicio. Se discutirá cada uno de estos módulos en forma individual, incluyendo una descripción detallada de cada tarea involucrada.

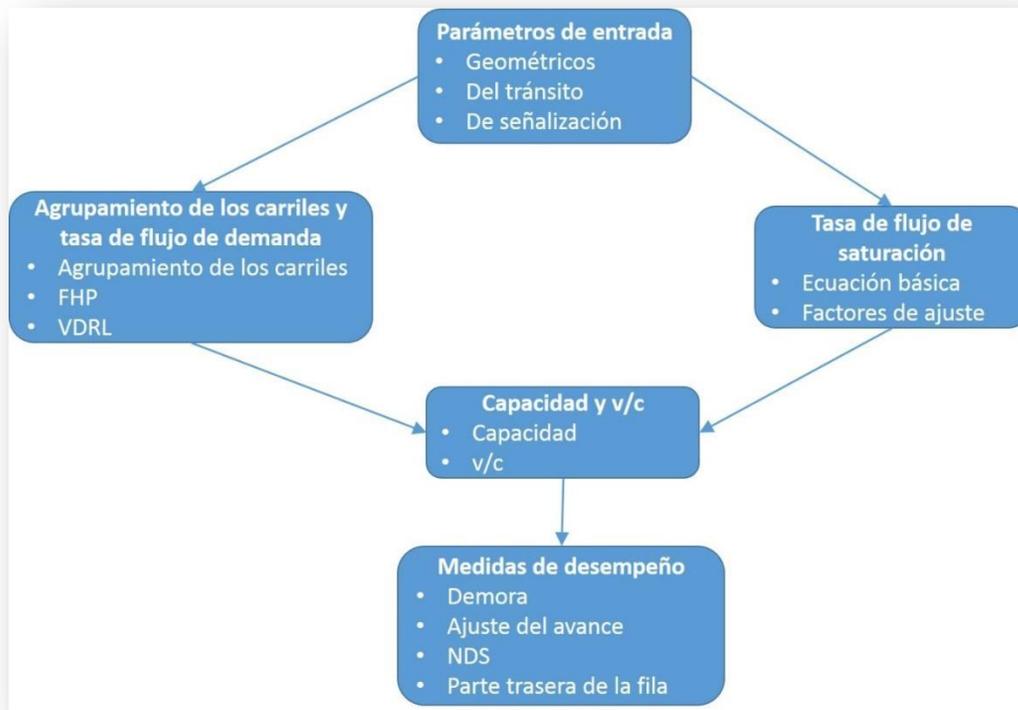


Figura II.2 Procedimiento metodológico para el análisis de operación

II.9 Determinación del flujo de saturación en campo

Una alternativa a la del uso de los factores de ajuste, es determinar el flujo de saturación directamente en campo. El flujo de saturación es el flujo de descarga máximo durante la fase de luz verde.

Generalmente este flujo se alcanza a 10 o 14 segundos después del inicio de la fase verde, que comúnmente es el instante en el cual el cuarto, el quinto o el sexto automóvil cruza la línea de alto. Por tanto, el flujo de saturación se calcula iniciando con el intervalo después del cuarto vehículo en la fila.

Se necesitan dos personas para desarrollar el procedimiento, siendo uno, el cronometrista equipado con un cronómetro, y el otro el registrador equipado con un registrador de fenómenos de botón pulsador o una computadora con el software apropiado. Se usa un formato especial para registrar los datos, en éste se detalles tales como: tipo de área, ancho y pendiente del carril que se esté evaluando. Se selecciona un punto de



observación en el crucero, de modo que se tenga una visión clara de las señales de tránsito y de la línea de alto. Se selecciona un punto de referencia para indicar cuando ha entrado un vehículo en la intersección. En general este punto de referencia es la línea de alto, tal que todos los vehículos que crucen esta línea se consideren dentro de la intersección. *Entonces se desarrollan los siguientes pasos para cada ciclo y para cada carril.*

Paso 1. El cronometrista pone en funcionamiento el cronómetro al inicio de la fase de luz verde y notifica al registrador.

Paso 2. El registrador observa inmediatamente el último vehículo inmóvil en la fila y lo señala al cronometrista, así como los vehículos pesados y los que dan vuelta a la derecha o a la izquierda.

Paso 3. Entonces el cronometrista cuenta en voz alta cada vehículo en la fila, cuando el eje trasero cruce el punto de referencia (es decir, "uno", "dos", "tres", etcétera). Cabe mencionar que los vehículos que dan vuelta a la derecha o a la izquierda, que están cediendo el paso ya sea a los peatones o a los vehículos que vienen en sentido contrario, no se cuentan hasta que hayan atravesado el flujo opuesto.

Paso 4. El cronometrista anuncia el momento en que el cuarto, el décimo y el último vehículo en la fila cruzan la línea de alto y el registrador los anota.

Paso 5. En caso de que existan vehículos en fila que todavía entran en la intersección al final de la fase verde, el cronometrista identifica y avisa al registrador el momento que el último vehículo pasa al final de la fase de luz verde.

Paso 6. Entonces se miden el ancho del carril y la pendiente del acceso y se registran junto con cualesquiera sucesos poco comunes que puedan haber afectado al flujo de saturación.

Paso 7. Ya que el flujo justo después del inicio de la fase de luz verde, es menor que el flujo de saturación, el tiempo que se considera para calcular el flujo de saturación, es aquel entre el instante en que el eje trasero del cuarto automóvil cruza el punto de



referencia (t_4) y el instante en que el eje trasero del último vehículo de la fila al inicio de la luz verde, cruza el mismo punto de referencia (t_n) Entonces el flujo de saturación se determina a partir de la ecuación siguiente:

$$\text{flujo de saturación} = \frac{3,600}{(t_4 - t_n)/(n - 4)}$$

II.10 Empleo de un Programa de cómputo

Debido a la complejidad del gran número de variables que intervienen en el fenómeno del flujo vehicular en redes viales urbanas, y a la dificultad, algunas veces, del entendimiento de cómo ellas caracterizan el tránsito, en muchas situaciones la toma de decisiones se basa en la experimentación, dando como resultado proyectos viales muy alejados de la realidad en la solución de un determinado problema. Lógicamente esto hace que no existan propuestas de alternativas de solución o que éstas sean reducidas. Por lo tanto, en la medida que los problemas de la circulación vehicular se enfoquen técnica y científicamente, mediante la elaboración de un método específico o mediante la utilización de ciertas metodologías, como por ejemplo la adaptación de modelos de optimización y simulación a las condiciones locales, se podrán generar diferentes alternativas de solución, las cuales se pueden poner a prueba a un bajo costo antes de su implantación y, ejecutar obviamente, la óptima desde el punto de vista técnico y económico.

A continuación se describen de manera muy general el programa de cómputo, actualmente de uso universal, que en gran parte tienen que ver con el análisis de la operación de las intersecciones con semáforos, y que será el que se empleará en el presente trabajo para determinar las vialidades que inciden negativamente sobre la avenida Insurgentes (tramo en estudio) y en la movilidad del Metrobús.

II.10.1 PROGRAMA SYNCHRO

Para los procesos de análisis, evaluación y optimización de redes viales actualmente se están utilizando programas de cómputo especializados, como el SYNCRO (SYNCHRONization: Sincronización), que aplica el método del HCM 2000. (Highway



Capacity Manual 2000). Podría decirse que hoy en día es el programa más comúnmente utilizado por organismos e instituciones internacionales, por las grandes ventajas que ofrece, como por ejemplo:

1. Optimización de longitudes de ciclo y repartos de tiempos de verde por fase, eliminando la necesidad de realizar múltiples ensayos de planes y de tiempos en búsqueda de la solución óptima.
2. Generación de planes de tiempo óptimos en menos tiempo que cualquier otro programa existente hoy en día.
3. Interacción, de tal manera, que cuando se efectúan cambios en los datos de entrada, los resultados se actualizan automáticamente, y los planes de operación son mostrados en diagramas de tiempo-espacio de fácil interpretación.
4. Aplicación en redes de hasta 300 intersecciones con bastante éxito, pudiéndose desagregar redes mayores para luego unir las.
5. Simulación y evaluación del comportamiento mezclado de intersecciones sin semáforo y con semáforos, ofreciendo el análisis y resultados de ambas en una misma plataforma de estudio y bajo el mismo formato.
6. Simulación de las condiciones de tráfico existentes en una red vial contando con una variedad de parámetros ligados a un reporte gráfico que permite valorar de manera directa qué tan aproximados son los resultados de los datos de campo. Para asegurar que las condiciones de campo están siendo representadas, existen dos parámetros que tienen que ser previamente inspeccionados, ellos son el grado de saturación y la longitud de cola. Estas dos medidas son fácilmente perceptibles en campo, definen el grado de exactitud de las corridas y forman parte elemental del proceso de calibración.
7. Importación de la cartografía a escala de la zona de estudio, que puede ser utilizada como mapa de fondo, de tal manera que la determinación de distancias y configuración de redes y subredes es totalmente amigable y fácil de construir.



Por todas las razones antes citadas, será éste el programa de cómputo a utilizar en el presente trabajo. Y será su objetivo determinar los tiempos óptimos de espera y circulación sobre la avenida Insurgentes para el Metrobús.



Capítulo III

III. Modelación en computadora de los cruceros con los aforos y tiempos de semáforo adquiridos.

III.1 Descripción del tramo en análisis

El tramo en estudio tiene una longitud total de 3,419.0 m y consta de 16 intersecciones semaforizadas, de las cuales, 14 corresponden a cruceros vehiculares y dos a peatonales. En la Tabla III.1 se muestran las distancias entre intersecciones, además del tipo de semáforo que les corresponde. Y en la Figura III.1 se muestra el tramo en estudio con los nombres de las calles que forman la intersección con la avenida Insurgentes.

	CRUCERO	TIPO DE SEMÁFORO	DISTANCIA [m]	DISTANCIA ACUMULADA. [m]
1	EJE 10 SUR COPILCO / RÍO MAGDALENA	VEHICULAR	0.0	0.0
2	LORETO / ALTAMIRANO	VEHICULAR	127.0	127.0
3	RENAULT	PEATONAL	210.0	337.0
4	RÍO CHICO / RÍO CUAUHTÉMOC	VEHICULAR	142.0	479.0
5	AVENIDA DE LA PAZ	VEHICULAR	552.0	1,031.0
6	MIGUEL ÁNGEL DE QUEVEDO / CRACOVIA	VEHICULAR	207.0	1,238.0
7	ALTAVISTA	VEHICULAR	145.0	1,383.0
8	VITO ALESSIO / RÍO SAN ÁNGEL	VEHICULAR	137.0	1,520.0
9	FERNANDO M. VILLAPANDO	VEHICULAR	96.0	1,616.0
10	OLIVO	PEATONAL	305.0	1,921.0
11	JUVENTINO ROSAS	VEHICULAR	119.0	2,040.0
12	JUAN PABLO SEGUNDO / FRANCIA	VEHICULAR	340.0	2,380.0
13	BARRANCA DEL MUERTO	VEHICULAR	418.0	2,798.0
14	HERMES / MERCADERES	VEHICULAR	210.0	3,008.0
15	PERPETUA / FEBO	VEHICULAR	172.0	3,180.0
16	AV. RÍO CHURUBUSCO	VEHICULAR	239.0	3,419.0
		TOTAL:	3,419.0	

Tabla III.1 Distancias entre intersecciones



Figura III.1 Intersecciones semaforizadas del tramo en estudio.



Dentro del tramo en estudio, el Metrobús realiza ocho paradas, que corresponden a las estaciones: Dr. Gálvez, La Bombilla, Altavista, Olivo, Francia, José María Velasco, Teatro de los Insurgentes y Río Churubusco. Esta información se presenta en Figura III.2.



Figura III.2 Paradas del Metrobús sobre el tramo en estudio.



Para realizar este recorrido, el Metrobús tarda aproximadamente en promedio (19:04 min) según información de Metrobús (2005).

Por supuesto que el tiempo de recorrido de cada autobús del sistema BRT, depende en gran medida de la cantidad de altos (luces rojas) en las que tenga que detenerse, y éstos últimos dependen del flujo de las calles y avenidas que cruzan Insurgentes. Y es en este punto donde los intervalos del ciclo del semáforo son determinantes para ampliar o reducir el tiempo total de traslado. Estos datos se muestran en la sección siguiente en la Tabla III.2 y en la Figura III.3

Dado que los tiempos de espera sobre el corredor, corresponden a los tiempos de luz verde sobre las calles y avenidas que atraviesan Insurgentes, es importante conocer la cantidad de vehículos que cruzan en las intersecciones con el objeto de poder determinar el tiempo máximo admisible de circulación del Metrobús, sin que cause afectaciones severas a los vehículos que pierden el derecho de paso.

Para lograr lo anterior se realizaron aforos vehiculares, para cada uno de los accesos de cada intersección a lo largo del tramo en estudio.

III.2 Etapa de Diagnóstico: Aforos vehiculares y recolección de los tiempos de semáforo sobre el corredor

Los tiempos de luz verde, luz amarilla y luz roja sobre Insurgentes se muestran en la tabla III.2; y en la figura III.2, los diagramas de tiempos correspondientes a cada intersección. Es importante señalar que estos tiempos son los mismos tanto para los vehículos BRT que viajan en sentido norte, así como para los que lo hacen en sentido sur.



INTERSECCIÓN	TIEMPO LUZ VERDE (SEG.)	TIEMPO LUZ AMARILLA (SEG.)	TIEMPO LUZ ROJA (SEG.)
EJE 10 SUR COPILCO / RÍO MAGDALENA	70	5	50
LORETO / ALTAMIRANO	75	4	39
RENAULT	95	2	20
RÍO CHICO / RÍO CUAUHTÉMOC	90	2	25
AVENIDA DE LA PAZ	56	4	43
MIGUEL ÁNGEL DE QUEVEDO / CRACOVIA	71	4	36
ALTAVISTA	66	4	41
VITO ALESSIO / RÍO SAN ÁNGEL	65	5	50
FERNANDO M. VILLAPANDO	75	5	40
OLIVO	75	4	38
JUVENTINO ROSAS	70	4	36
JUAN PABLO SEGUNDO / FRANCIA	73	3	32
BARRANCA DEL MUERTO	63	5	53
HERMES / MERCADERES	70	4	36
PERPETUA / FEBO	65	4	41
AV. RÍO CHURUBUSCO	65	5	40
TOTAL:	1,144	64	620

Tabla III.2 Tiempos de luces sobre el tramo en estudio

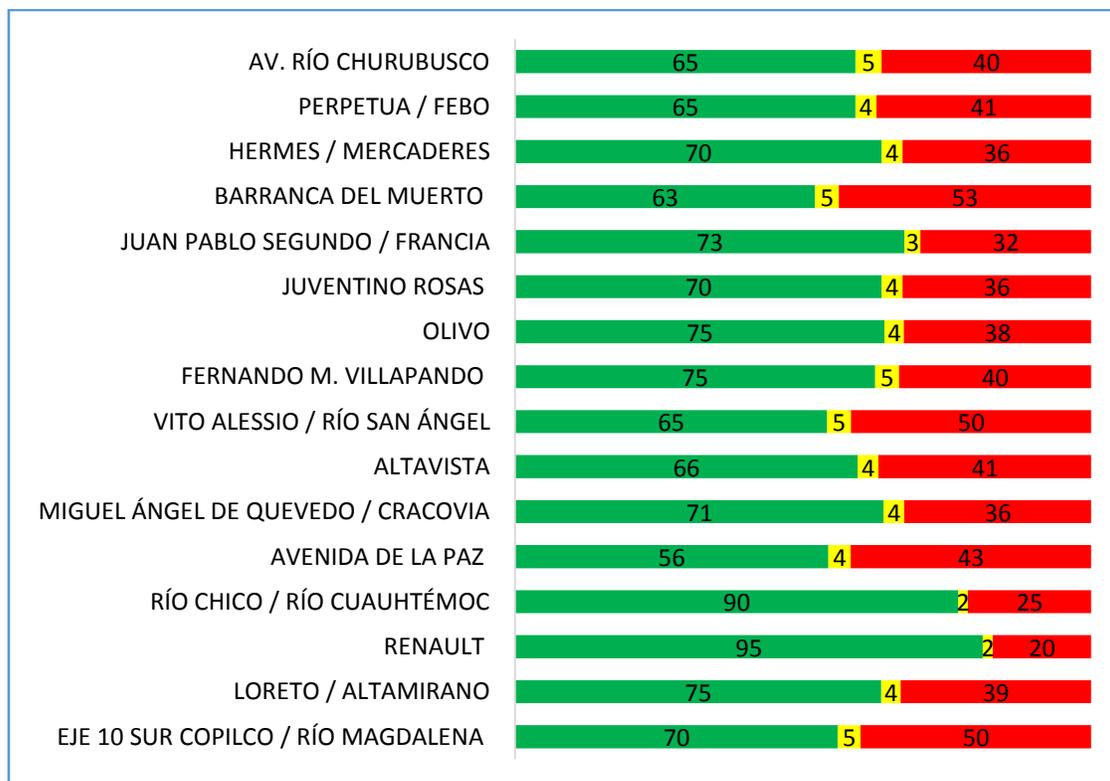


Figura III.3 Diagrama de tiempos para el tramo en estudio.



Los aforos vehiculares sobre cada una de las vialidades secundarias que cruzan Insurgentes se muestran en Tabla III.8. Con la intención de obtener una muestra representativa del comportamiento vehicular en el tramo en estudio, se realizaron conteos en tres horarios distintos del día: uno a las 8:00 de la mañana, otro a las 15:00hrs y el último, a las 20:00hrs. En cada uno de estos horarios se hicieron tres conteos vehiculares.

Estos aforos se hicieron para días “promedio”; es decir, un día de la semana cuyos volúmenes de tránsito se observan normales y en forma repetida en la intersección.

Para las vialidades de doble sentido que cruzan Insurgentes como: Altavista, Barranca del Muerto y Río Churubusco/Río Mixcoac, se indican los aforos para cada sentido de circulación.



		Mañana 8:00 hrs.			Tarde 15:00 hrs.			Noche 20:00hrs.		
Crucero	Sentido circulación	Número de Vehículos								
EJE 10 SUR RÍO COPILCO / RÍO MAGDALENA	Poniente	72	75	74	50	52	48	45	47	39
ALTAMIRANO / LORETO	Oriente	18	19	16	26	29	28	32	34	31
RÍO CUAUHTÉMOC / RÍO CHICO	Poniente	4	3	4	3	3	2	1	0	1
AVENIDA DE LA PAZ	Poniente	35	37	36	26	24	24	21	19	21
CRACOVIA / MIGUEL ÁNGEL DE QUEVEDO	Poniente	20	24	21	25	23	18	7	8	7
ALTAVISTA	Oriente	35	34	37	40	38	41	52	47	49
ALTAVISTA	Poniente	28	29	33	29	24	24	16	15	13
RÍO SAN ÁNGEL / VITO ALESSIO	Poniente	46	42	36	28	23	30	17	21	19
FERNANDO M. VILLAPANDO	Oriente	15	19	20	25	20	21	22	19	21
JUVENTINO ROSAS	Oriente	22	19	27	31	26	24	29	27	25
JUAN PABLO SEGUNDO / FRANCIA	Oriente	22	26	21	32	33	26	33	28	24
BARRANCA DEL MUERTO	Oriente	42	47	41	70	63	68	79	75	81
BARRANCA DEL MUERTO	Poniente	89	76	81	39	32	35	32	36	29
MERCADERES / HERMES	Oriente	31	29	29	32	28	31	16	14	17
MERCADERES / HERMES	Poniente	28	30	25	29	25	33	27	28	28
PERPETUA / FEBO	Oriente	21	17	19	19	24	21	17	20	19
RÍO MIXCOAC / RÍO CHURUBUSCO	Oriente	75	81	74	89	81	84	102	114	102
RÍO MIXCOAC / RÍO CHURUBUSCO	Poniente	56	57	57	47	41	52	44	41	43

Tabla III.3 Aforos vehiculares sobre las vialidades que cruzan Insurgentes.



Por otra parte, también se realizaron aforos sobre el tramo en estudio con la intención de observar los puntos y secciones de mayores incorporaciones y desalojos vehiculares. Puesto que existen vialidades secundarias que solamente se incorporan a Insurgentes, o que solamente funcionan como vías de desalojo, el comportamiento del corredor no es igual en su sentido norte que en el sur; porque puede tener más incorporaciones o desalojos en cualquiera de ellos. Por esta razón se realizó el aforo para ambos sentidos (Norte y sur). Para estos dos aforos también se hicieron tres conteos para cada uno de los tres horarios especificados. Ver Tabla III.4 y

Tabla III.5. Nota: en la Tabla III.5 la lectura se hace de abajo hacia arriba (según la numeración), porque el análisis en el sentido sur el tramo comienza en Río Churubusco y termina en Eje 10 Sur Copilco.



No.	Crucero	Mañana 8:00 hrs.			Tarde 15:00 hrs.			Noche 20:00hrs.		
		Número de Vehículos								
1	EJE 10 SUR COPILCO / RÍO MAGDALENA	86	90	85	67	70	71	62	56	59
2	ALTAMIRANO / LORETO	93	94	90	76	76	78	88	89	87
3	RENAULT	123	115	116	98	97	94	106	106	107
4	RÍO CUAUHTÉMOC / RÍO CHICO	108	117	110	87	94	92	108	107	102
5	AVENIDA DE LA PAZ	70	72	71	58	57	55	66	65	66
6	CRACOVIA / M. A. DE QUEVEDO	90	87	92	74	70	70	80	85	85
7	ALTAVISTA	80	85	82	64	64	69	76	73	74
8	RÍO SAN ÁNGEL / VITO ALESSIO	81	83	84	68	67	65	76	73	72
9	FERNANDO M. VILLAPANDO	93	90	92	78	74	73	85	85	89
10	OLIVO	97	94	97	76	73	74	85	90	83
11	JUVENTINO ROSAS	86	86	89	67	71	72	77	83	83
12	JUAN PABLO SEGUNDO / FRANCIA	92	88	91	76	70	73	83	85	86
13	BARRANCA DEL MUERTO	80	76	81	64	64	63	71	70	71
14	MERCADERES / HERMES	91	86	91	73	67	73	82	78	80
15	PERPETUA / FEBO	83	82	79	67	68	65	73	74	73
16	RÍO MIXCOAC / RÍO CHURUBUSCO	81	84	83	68	64	66	73	75	78

Tabla III.4 Aforos vehiculares sobre el tramo en estudio en sentido norte.



No.	Crucero	Mañana 8:00 hrs.			Tarde 15:00 hrs.			Noche 20:00hrs.		
		Número de Vehículos								
16	EJE 10 SUR RÍO COPILCO / RÍO MAGDALENA	59	61	59	73	73	68	83	82	82
15	ALTAMIRANO / LORETO	66	63	63	78	73	78	85	90	85
14	RENAULT	84	88	88	92	94	93	106	110	106
13	RÍO CUAUHTÉMOC / RÍO CHICO	76	81	77	93	88	91	104	104	107
12	AVENIDA DE LA PAZ	47	47	52	56	58	54	65	62	65
11	CRACOVIA / MIGUEL ÁNGEL DE QUEVEDO	59	61	64	73	73	73	79	82	85
10	DESIERTO DE LOS LEONES / ALTAVISTA	56	55	61	64	65	63	75	77	75
9	RÍO SAN ÁNGEL / VITO ALESSIO	58	54	59	68	66	63	73	77	74
8	FERNANDO M. VILLAPANDO	69	63	69	75	72	74	85	88	84
7	OLIVO	65	68	69	75	72	74	83	85	83
6	JUVENTINO ROSAS	62	59	65	73	71	72	84	80	77
5	JUAN PABLO SEGUNDO / FRANCIA	62	61	66	70	72	75	87	84	85
4	BARRANCA DEL MUERTO	55	58	56	64	65	64	74	70	70
3	MERCADERES / HERMES	62	65	59	71	70	69	81	78	80
2	PERPETUA / FEBO	56	57	58	66	66	62	72	78	78
1	RÍO MIXCOAC / RÍO CHURUBUSCO	54	57	58	62	66	68	77	78	77

Tabla III.5 Aforos vehiculares sobre el tramo en estudio en sentido sur



Con la información recabada en los aforos y con los tiempos de luces en los semáforos, se procedió a calcular la cantidad de vehículos por hora (**VPH**) que circulan en cada intersección. Para esto, se toma el promedio de vehículos que cruzaron para cada horario, y se divide entre el tiempo total del ciclo del semáforo (suma de luces verde, ámbar y roja). Y finalmente se multiplica por 3,600 para realizar la conversión de unidades (de segundos a horas).

En las vialidades que cruzan Insurgentes también se realiza el cálculo para determinar los **VPH**, el cual se muestra en la Tabla III.8. Para todas las intersecciones del tramo en estudio la semaforización se puede considerar que trabaja en dos fases: la que le asigna el derecho de paso al BRT, y la que se lo asigna a los vehículos que pretenden cruzar la vialidad principal (Insurgentes).



No.	Cruce	Mañana 8:00 hrs.			Tarde 15:00 hrs.			Noche 20:00hrs.			Mañana	Tarde	Noche
		Promedio vehículos	Tiempo circulación [seg]	Tiempo espera [seg]	Promedio vehículos	Tiempo circulación [seg]	Tiempo espera [seg]	Promedio vehículos	Tiempo circulación [seg]	Tiempo espera [seg]	VPH	VPH	VPH
1	EJE 10 SUR / RÍO MAGDALENA	87	70	55	69	70	55	59	70	55	2,505.60	1,996.80	1,699.20
2	ALTAMIRANO / LORETO	92	75	43	77	75	43	88	75	43	2,816.95	2,338.98	2,684.75
3	RENAULT	118	95	22	96	95	22	106	95	22	3,630.77	2,964.10	3,271.79
4	RÍO CUAUHTÉMOC / RÍO CHICO	112	90	27	91	90	27	106	90	27	3,435.90	2,800.00	3,251.28
5	AVENIDA DE LA PAZ	71	56	47	57	56	47	66	56	47	2,481.55	1,980.58	2,295.15
6	CRACOVIA / M. A. DE QUEVEDO	90	71	40	71	71	40	83	71	40	2,908.11	2,313.51	2,702.70
7	ALTAVISTA	82	66	45	66	66	45	74	66	45	2,670.27	2,129.73	2,410.81
8	RÍO SAN ÁNGEL / VITO ALESSIO	83	65	55	67	65	55	74	65	55	2,480.00	2,000.00	2,210.00
9	FERNANDO M. VILLAPANDO	92	75	45	75	75	45	86	75	45	2,750.00	2,250.00	2,590.00
10	OLIVO	96	75	42	74	75	42	86	75	42	2,953.85	2,287.18	2,646.15
11	JUVENTINO ROSAS	87	70	40	70	70	40	81	70	40	2,847.27	2,290.91	2,650.91
12	JUAN PABLO / FRANCIA	90	73	35	73	73	35	85	73	35	3,011.11	2,433.33	2,822.22
13	BARRANCA DEL MUERTO	79	63	58	64	63	58	71	63	58	2,350.41	1,894.21	2,102.48
14	MERCADERES / HERMES	89	70	40	71	70	40	80	70	40	2,923.64	2,323.64	2,618.18
15	PERPETUA / FEBO	81	65	45	67	65	45	73	65	45	2,661.82	2,181.82	2,400.00
16	MIXCOAC / CHURUBUSCO	83	65	45	66	65	45	75	65	45	2,705.45	2,160.00	2,465.45

Tabla III.6 VPH sobre el tramo en estudio en sentido norte



No.	Cruceiro	Mañana 8:00 hrs.			Tarde 15:00 hrs.			Noche 20:00hrs.			Mañana	Tarde	Noche
		Promedio vehículos	Tiempo circulación [seg]	Tiempo espera [seg]	Promedio vehículos	Tiempo circulación [seg]	Tiempo espera [seg]	Promedio vehículos	Tiempo circulación [seg]	Tiempo espera [seg]	VPH	VPH	VPH
16	EJE 10 SUR RÍO COPILCO / RÍO MAGDALENA	60	70	55	71	70	55	82	70	55	1,718.40	2,054.40	2,371.20
15	ALTAMIRANO / LORETO	64	75	43	76	75	43	87	75	43	1,952.54	2,328.81	2,644.07
14	RENAULT	87	95	22	93	95	22	107	95	22	2,666.67	2,861.54	3,302.56
13	RÍO CUAUHTÉMOC / RÍO CHICO	78	90	27	91	90	27	105	90	27	2,400.00	2,789.74	3,230.77
12	AVENIDA DE LA PAZ	49	56	47	56	56	47	64	56	47	1,700.97	1,957.28	2,236.89
11	CRACOVIA / MIGUEL ÁNGEL DE QUEVEDO	61	71	40	73	71	40	82	71	40	1,989.19	2,367.57	2,659.46
10	DESIERTO DE LOS LEONES / ALTAVISTA	57	66	45	64	66	45	76	66	45	1,859.46	2,075.68	2,454.05
9	RÍO SAN ÁNGEL / VITO ALESSIO	57	65	55	66	65	55	75	65	55	1,710.00	1,970.00	2,240.00
8	FERNANDO M. VILLAPANDO	67	75	45	74	75	45	86	75	45	2,010.00	2,210.00	2,570.00
7	OLIVO	67	75	42	74	75	42	84	75	42	2,071.79	2,266.67	2,574.36
6	JUVENTINO ROSAS	62	70	40	72	70	40	80	70	40	2,029.09	2,356.36	2,629.09
5	JUAN PABLO SEGUNDO / FRANCIA	63	73	35	72	73	35	85	73	35	2,100.00	2,411.11	2,844.44
4	BARRANCA DEL MUERTO	56	63	58	64	63	58	71	63	58	1,676.03	1,914.05	2,122.31
3	MERCADERES / HERMES	62	70	40	70	70	40	80	70	40	2,029.09	2,290.91	2,607.27
2	PERPETUA / FEBO	57	65	45	65	65	45	76	65	45	1,865.45	2,116.36	2,487.27
1	RÍO MIXCOAC / RÍO CHURUBUSCO	56	65	45	65	65	45	77	65	45	1,843.64	2,138.18	2,530.91

Tabla III.7 VPH sobre el tramo en estudio en sentido sur



No.	Crucero	Sentido	Mañana 8:00 hrs.			Tarde 15:00 hrs.			Noche 20:00hrs.			Mañana	Tarde	Noche
			Promedio veh	Tiempo circul[s eg]	Tiempo espera [seg]	Promedio veh	Tiempo circ [seg]	Tiempo espera [seg]	Promedio veh	Tiempo circ [seg]	Tiempo espera [seg]	VPH	VPH	VPH
	EJE 10 SUR RÍO COPILCO / RÍO MAGDALENA	Poniente	74	55	70	50	55	70	44	55	70	2,121.60	1,440.00	1,257.60
	ALTAMIRANO / LORETO	Oriente	18	35	75	28	35	75	32	35	75	578.18	905.45	1,058.18
	RÍO CUAUHTÉMOC / RÍO CHICO	Poniente	2	27	90	1	27	90	1	27	90	71.79	41.03	20.51
	AVENIDA DE LA PAZ	Poniente	36	35	56	25	35	56	20	35	56	1,424.18	975.82	804.40
	CRACOVIA / MIGUEL ÁNGEL DE QUEVEDO	Poniente	4	40	71	2	40	71	2	40	71	129.73	75.68	54.05
	DESIERTO DE LOS LEONES / ALTAVISTA	Oriente	35	50	72	40	50	72	49	50	72	1,042.62	1,170.49	1,455.74
	DESIERTO DE LOS LEONES / ALTAVISTA	Poniente	30	33	75	26	33	75	15	33	75	1,000.00	855.56	488.89
	RÍO SAN ÁNGEL / VITO ALESSIO	Poniente	41	45	65	27	45	65	19	45	65	1,352.73	883.64	621.82
	FERNANDO M. VILLALPANDO	Oriente	1	45	75	2	45	75	3	45	75	30.00	60.00	90.00
	JUVENTINO ROSAS	Oriente	23	42	73	27	42	73	27	42	73	709.57	845.22	845.22
	JUAN PABLO SEGUNDO / FRANCIA	Oriente	2	45	75	1	45	75	3	45	75	50.00	40.00	80.00
	BARRANCA DEL MUERTO	Oriente	43	35	76	67	35	76	78	35	76	1,405.41	2,172.97	2,540.54
	BARRANCA DEL MUERTO	Poniente	82	41	70	35	41	70	32	41	70	2,659.46	1,145.95	1,048.65
	MERCADERES / HERMES	Oriente	30	16	100	30	16	100	16	16	100	920.69	941.38	486.21
	MERCADERES / HERMES	Poniente	28	24	86	29	24	86	28	24	86	905.45	949.09	905.45
	PERPETUA / FEBO	Oriente	2	45	65	3	45	65	3	45	65	65.45	87.27	98.18
	RÍO MIXCOAC / RÍO CHURUBUSCO	Oriente	77	42	75	85	42	75	106	42	75	2,358.97	2,605.13	3,261.54
	RÍO MIXCOAC / RÍO CHURUBUSCO	Poniente	57	52	70	47	52	70	43	52	70	1,672.13	1,377.05	1,259.02

Tabla III.8 VPH sobre las vialidades secundarias que cruzan Insurgentes



Es importante señalar que los aforos presentados en Tabla III.8 corresponden sólo a los vehículos que cruzan Insurgentes, no así a los que dan vuelta para incorporarse a esta avenida. El aforo se realizó de esta forma, para determinar si realmente el flujo que desea cruzar justifica o no la interrupción en Insurgentes.

En la Tabla III.8 se resalta en negritas los valores importantes a analizarse en la siguiente sección.

III.3 Etapa de Análisis: Definición de Alternativas y Previsión de Impactos.

En esta etapa se seleccionan los semáforos que no cumplan con los criterios necesarios para evidenciar su permanencia con base en los criterios antes señalados. También se hacen propuestas viales para solucionar los impactos negativos que se manifiestan como resultado de retirar los semáforos, los cuales serán: hacer una propuesta adicional para el cruce vehicular y para el peatonal.

La información vaciada en la Tabla III.8, muestra que en algunas intersecciones la interrupción a la circulación del Metrobús no está justificada totalmente, porque algunas intersecciones no cumplen con los volúmenes mínimos que el Departamento del Transporte de EE.UU. recomienda para interrumpir el tránsito sobre una avenida principal (ver Tabla II.1).

En el caso de la intersección de Insurgentes con Río Chico/ Río Cuauhtémoc en ningún momento del día el aforo vehicular es igual o superior a los 75 VPH, por lo que no es justificable la existencia de un cruce semaforizado en este punto. Por lo anterior, se sugiere en definitiva retirar este semáforo para mejorar la velocidad de recorrido del Metrobús (ver Figura III.4). Los vehículos que pretendan cruzar Insurgentes lo pueden hacer sobre Avenida de la Paz, empleando el carril confinado de sólo vuelta a la izquierda después de haberse incorporado a Insurgentes. Los peatones podrán cruzar en el semáforo peatonal de la parada Dr. Gálvez a menos de 91 m de distancia, como lo señala la recomendación para la colocación de semáforos del Departamento del Transporte de EE.UU. (ver sección II.2.2).

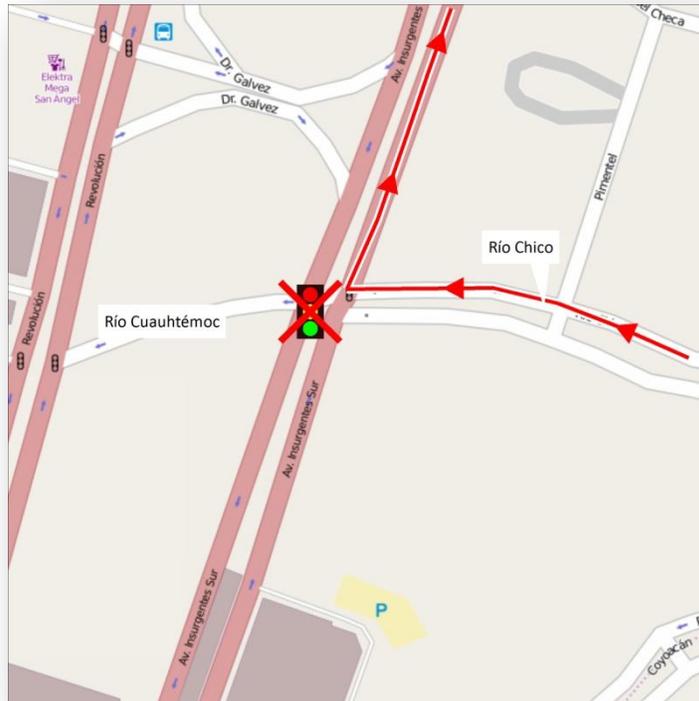


Figura III.4 Propuesta de retiro de semáforo en Río Cuauhtémoc / Río Chico.

Para el cruce de Juan Pablo II / Francia el flujo vehicular tampoco justifica de manera determinante la interrupción sobre Insurgentes; además, para esta vía el cruce sobre Insurgentes puede hacerse por Barranca del Muerto accediendo por Manuel M. Ponce, como se indica en la Figura III.5. De esta forma, se propone como alternativa que la calle Juan Pablo II sólo sirva para incorporar vehículos a Insurgentes y Francia sólo funja como vía de desalojo. Con esta modificación el Metrobús tendrá un corte menos en su circulación. Los peatones podrán cruzar sobre Juventino Rosas, apenas una cuadra hacia el sur.

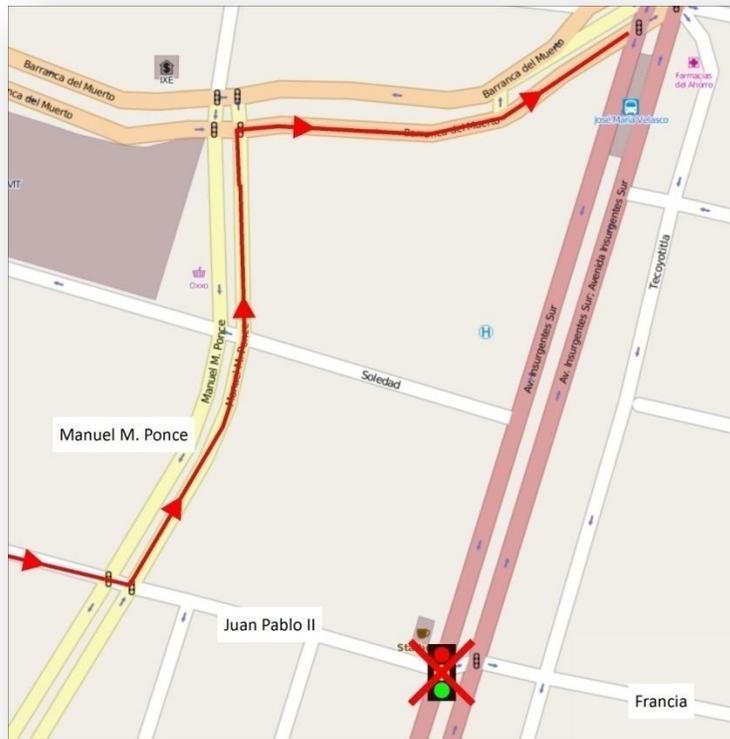


Figura III.5 Propuesta de retiro de semáforo y alternativa de circulación en Juan Pablo II / Francia.

En la intersección de Fernando M. Villalpando e Insurgentes la interrupción del flujo sólo se justifica durante la noche con un promedio de 90.0 VPH, esto se debe a que en la cercanía existen un centro comercial y dos centros de trabajo concurridos. Por esta razón se sugiere que el crucero se mantenga cerrado durante los horarios matutino y vespertino, y que sólo se abra para el cruce sobre Insurgentes a partir de las 19:00 horas, para facilitar la salida de los vehículos en esta zona.

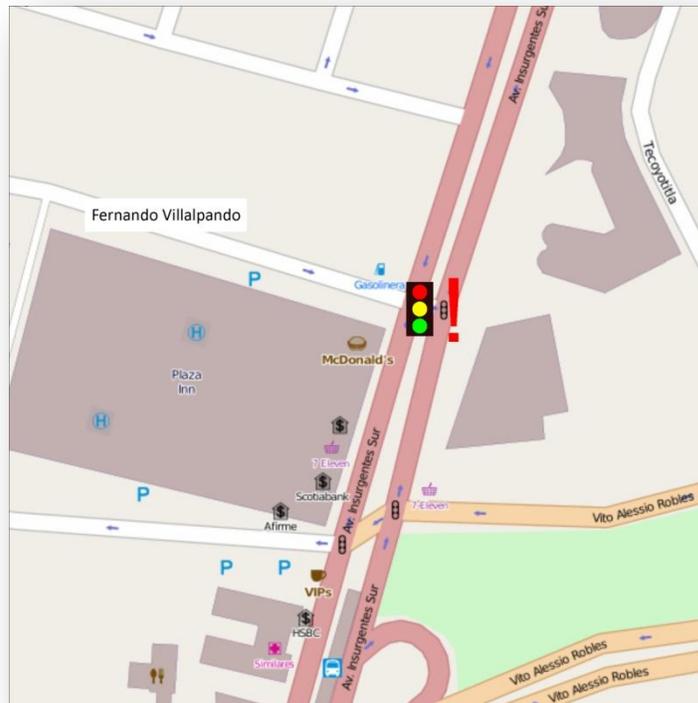


Figura III.6 Alternativa para el cruce en Fernando M. Villalpando.

Para la intersección Perpetua / Febo los aforos justifican la interrupción sólo durante la mañana, esto con un promedio de 65.45 VPH; aunque por la tarde y noche los promedios en el aforo vehicular asciendan a 87.27 y 98.1 VPH respectivamente, se propone para mejorar la circulación del Metrobús retirar el semáforo de la intersección y convertir la calle de Perpetua en vía de sólo incorporación a Insurgentes, y la de Febo como de desalojo. Para solucionar el impacto referente a los vehículos que requieran cruzar Insurgentes, se propone como vía de cruce alternativo a Río Churubusco, la que puede ser accedida por la calle Damas, como se muestra en la Figura III.7.

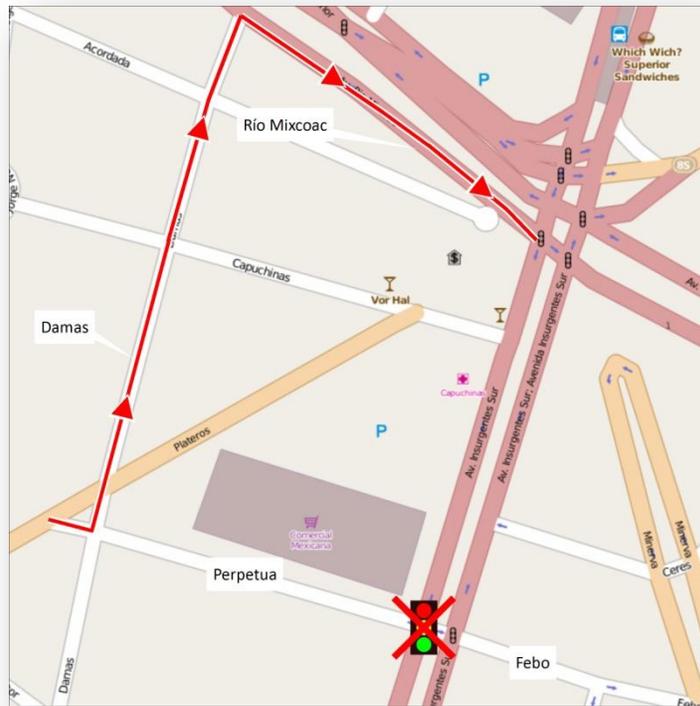


Figura III.7 Propuesta de cruce en Perpetua / Febo.

En el cruce con Miguel Ángel de Quevedo / Cracovia el aforo sólo justifica la interrupción en la mañana, al contar con un promedio de 129.73 VPH. A pesar de que este valor impediría la remoción del semáforo, se sugiere removerlo y proponer una nueva alternativa vial para los autos que circulan sobre Miguel Ángel de Quevedo y que desean cruzar Insurgentes. Esta alternativa consiste en dar vuelta a la izquierda una cuadra antes de llegar a Insurgentes, en Avenida de la Paz, y usarla para cruzar. Esto se muestra gráficamente en la Figura III.8.

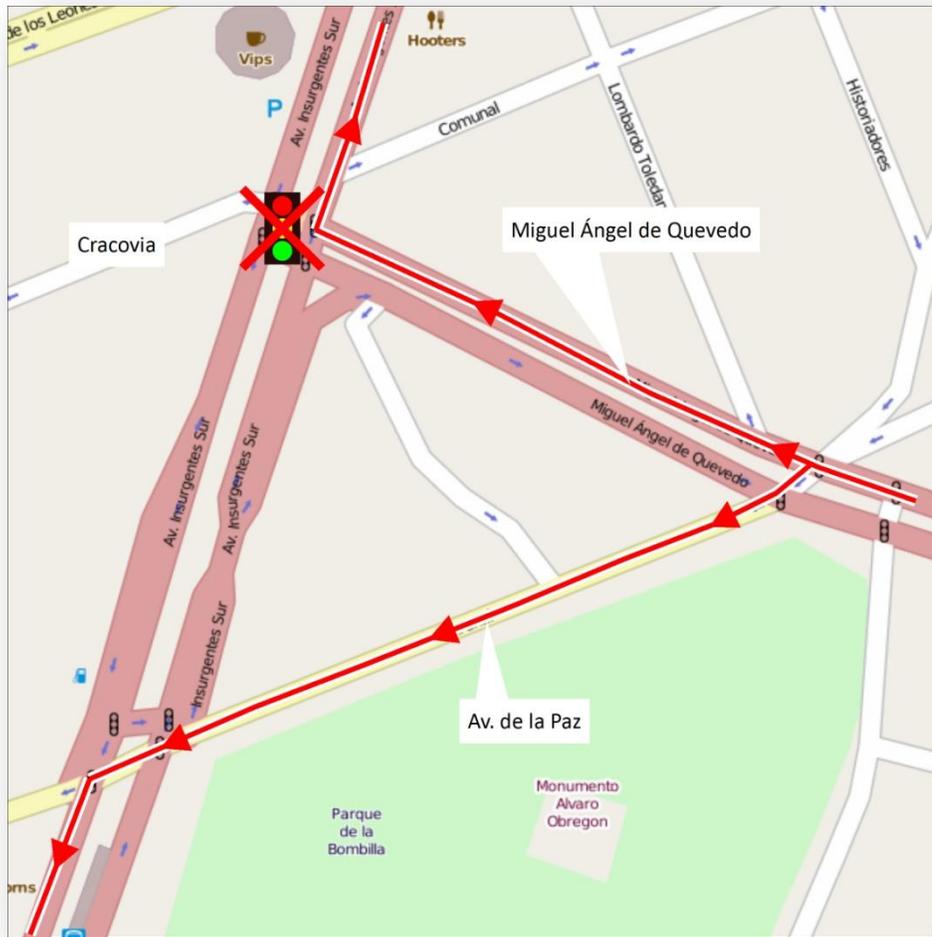


Figura III.8 Alternativa de cruce en Cracovia / Miguel Ángel de Quevedo.

Es notorio que los cruceros muestran un comportamiento similar a otros ejes viales de la Ciudad de México, como los ejes 5 y 6 sur, los cuales tienen un flujo muy alto en dos periodos distinguidos: durante la mañana hacia el poniente, y por las noches hacia el oriente. Esta situación promovió hacerlos reversibles para tener mayor capacidad vial durante los horarios de mayor demanda.

Por otro lado existe bibliografía reconocida que recomienda hacer reversibles los sentidos de circulación en las arterias principales durante los horas pico, así lo indica Fafieanie (2008) y Glickman (1973).



III.4 Simulación del escenario actual

Con el objeto de evaluar el nivel de servicio y las demoras en el corredor del Metrobús Línea 1 se requiere realizar una simulación en el programa de simulación elegido (Synchro) considerando las características geométricas, viales y de operación en un escenario actual. En este escenario se obtendrán parámetros de decisión como: el nivel de servicio, las demoras, el grado de saturación y la capacidad de la intersección, que evaluarán el nivel de desempeño del corredor antes de los cambios propuestos.

En una segunda simulación, en la que se vaciarán en (Synchro) las nuevas condiciones geométricas, viales y de operación que proponen una mejoría en el recorrido del Metrobús, se obtendrán nuevos parámetros de decisión, que servirán para construir un cuadro comparativo para evaluar la mejoría y los resultados.

Inicialmente, para construir el modelo de simulación dentro del ambiente Synchro, se utiliza una plantilla de Autocad con extensión de archivo .DXF y ésta se coloca como fondo de pantalla en el programa Synchro, esto con el objeto de tener una base o fondo sobre el cual se puedan trazar las vialidades y las intersecciones del tramo en estudio. La escala considerada para esta plantilla de Autocad fue de uno a uno.

Por su longitud, el tramo en estudio se muestra en tres partes como puede observarse en las Figura III.9, Figura III.10 y Figura III.11.



Figura III.9 Trazado del tramo en estudio en el programa Synchro parte 1.

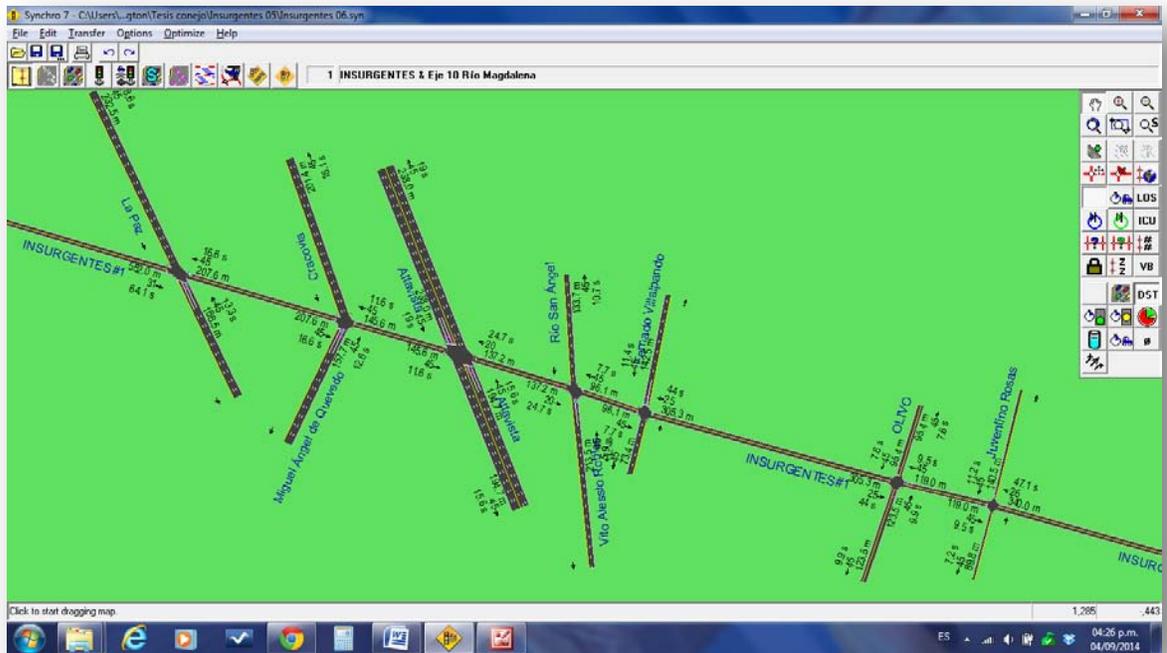


Figura III.10 Trazado del tramo en estudio en el programa Synchro parte 2.



Synchro 7 - C:\Users\...gton\Tesis conejo\Insurgentes 05\Insurgentes 06.syn

File Edit Transfer Options Optimize Help

1 INSURGENTES & Eje 10 Río Magdalena

LANE SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)		↑						↑↑↑				
Traffic Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	1440	0	0	0	0
Street Name	INSURGENTES			INSURGENTES#1			Eje 10 Copilco			Eje 10 Río Magdalena		
Link Distance (m)	—	96.6	—	—	127.0	—	—	120.1	—	—	138.9	—
Links Speed (km/h)	—	45	—	—	45	—	—	45	—	—	45	—
Set Arterial Name and Speed	— EB			— WB			— NB			— SB		
Travel Time (s)	—	7.7	—	—	7.0	—	—	9.6	—	—	11.1	—
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Grade (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Area Type CBD	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	<input type="checkbox"/>	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	—	0.0	—
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—	—	None
Curb Radius (m)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lane Utilization Factor	—	1.00	—	—	1.00	—	—	0.86	—	—	—	—
Right Turn Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	—	1.000	—	—	—	—

Figura III.12 Ventana de ingreso de datos en el programa Synchro.

Además se hicieron las siguientes consideraciones para los cálculos dentro del programa:

- Tiempo mínimo para una fase: 20 segundos.
- Tiempo mínimo para una fase de vuelta: 7 segundos.
- Porcentaje de vehículos pesados sobre las vías que cruzan: 2%
- Velocidad máxima dentro del carril confinado al Metrobús: 45km/h.

Es importante señalar que la velocidad máxima del Metrobús fue ajustada a valores menores de 45 km/h en las secciones donde se encuentran las paradas. Esto con la intención de simular la demora debido al tiempo de espera que el Metrobús realiza en cada estación. Esto se observa en la Figura III.13 en la cual la velocidad máxima para el Metrobús se ajusta a 20 km/h porque en esta sección se encuentra la estación Altavista.

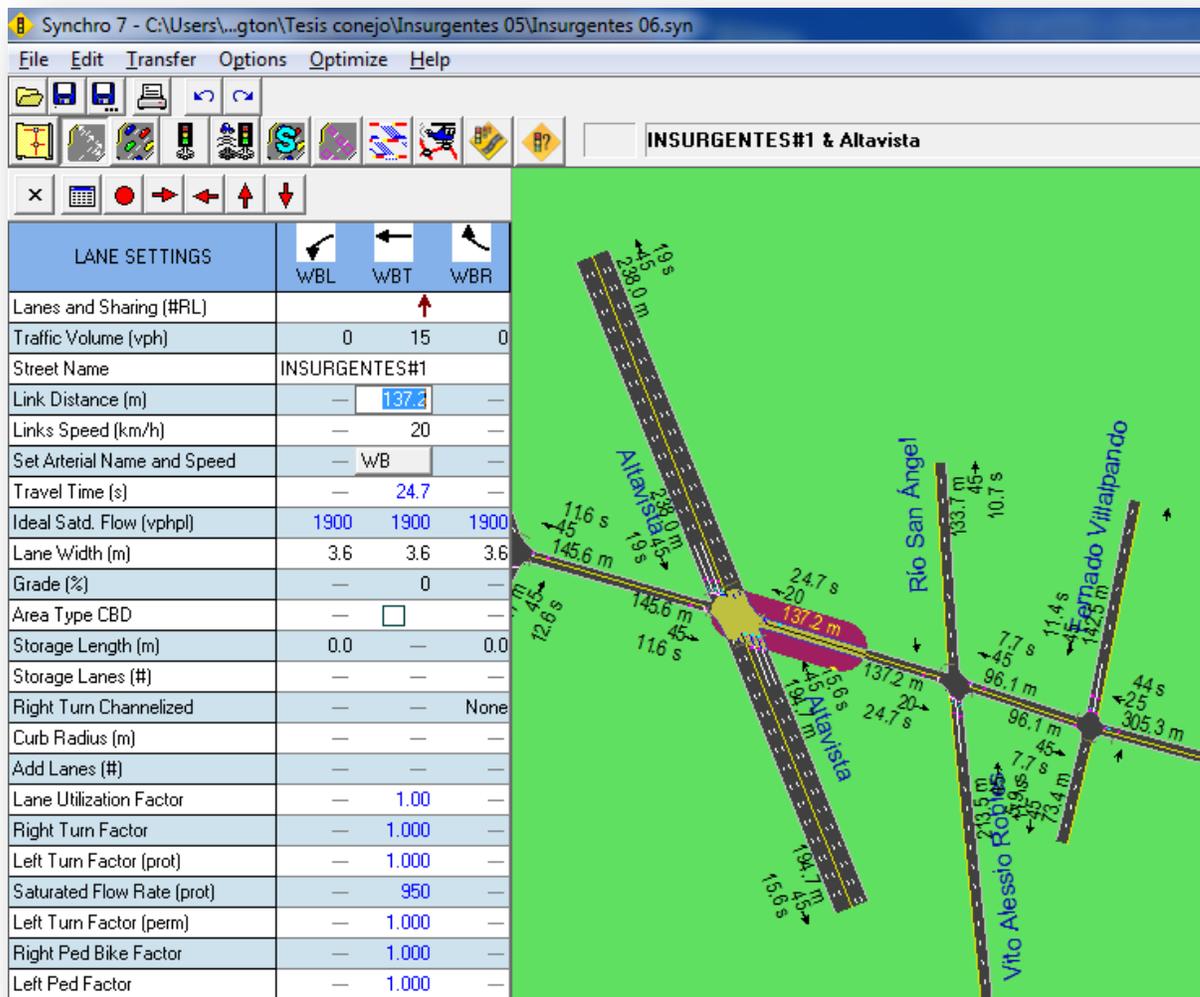


Figura III.13 Velocidad ajustada para la sección donde existe parada del Metrobús.

A continuación se procedió a cargar los tiempos de los semáforos recabados en campo para cada intersección. Esto se realiza en la ventana de ajuste de tiempos (Time Settings). Como se muestra en la Figura III.14.

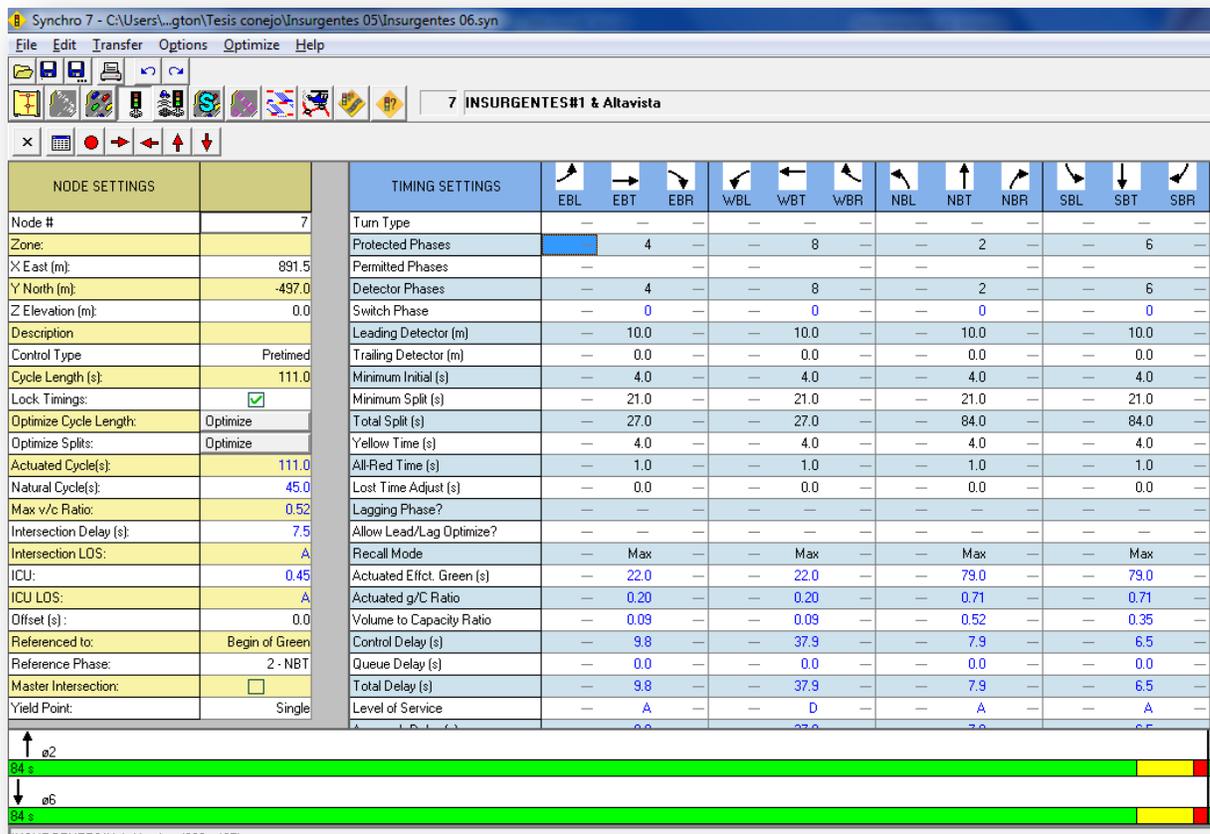


Figura III.14 Ventana para ajuste de los tiempos en los semáforos.

Una vez que se han cargado los datos en el programa Synchro se procedió a hacer la simulación del corredor, considerando un periodo de quince minutos y tomado como parámetros de análisis los mostrados en la tabla siguiente:

- ACT. EFFCT. GREEN – TIEMPO DE LUZ VERDE
- IDEAL FLOW (vph pl) – FLUJO IDEAL
- LANE GROUP – GRUPO DE CARRILES
- LANE GROUP FLOW – FLUJO POR GRUPO DE CARRILES
- LINK DISTANCE - DISTANCIA ENTRE INTERSECCIONES
- LINK SPEED – VELOCIDAD ENTRE INTERSECCIONES
- LEVEL OF SERVICE (LOS) – NIVEL DE SERVICIO
- QUEUE DELAY – DEMORA POR ESPERA EN LA FILA
- TOTAL DELAY – DEMORA TOTAL
- V/C RATIO – GRADO DE SATURACIÓN
- VOLUME (vph) - VOLUMEN



Los resultados se muestran en la Tabla III.9 y en la Tabla III.10, y sólo para los carriles confinados del Metrobús para sus dos sentidos: norte y sur. Los resultados para los demás accesos de cada intersección (los que cruzan Insurgentes) se muestran en el Anexo 1, al final de este trabajo.



	1: INSURGENTES & Eje 10 Río Magdalena	2: INSURGENTES #1 & Altamirano	3: INSURGENTES #1 & RENAULT	4: INSURGENTES #1 & Río Cauhtémoc	5: INSURGENTES #1 & La Paz	6: INSURGENTES #1 & Cracovia	7: INSURGENTES #1 & Altavista	8: INSURGENTES #1 & Río San Ángel
Volume (vph)	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Ideal Flow (vphpl)	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00
Link Speed (k/h)	45.00	45.00	21.00	45.00	31.00	45.00	45.00	20.00
Link Distance (m)	96.60	127.00	210.00	142.40	552.00	207.60	145.60	137.20
Lane Group Flow (vph)	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Act Effct Green (s)	24.00	38.00	91.00	85.00	24.00	25.00	22.00	22.00
Actuated g/C Ratio	0.19	0.32	0.78	0.73	0.23	0.23	0.20	0.18
v/c Ratio	0.09	0.05	0.02	0.02	0.07	0.07	0.09	0.09
Control Delay	43.20	28.40	3.10	4.40	32.10	35.20	9.80	42.50
Queue Delay	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Delay	43.20	28.40	3.10	4.40	32.10	35.20	9.80	42.50
LOS	D	C	A	A	C	D	A	D

Tabla III.9 Resultados del escenario actual



	9: INSURGENTES #1 & Fernando Villalpando	10: INSURGENTES #1 & OLIVO	11: INSURGENTES #1 & Juventino Rosas	12: INSURGENTES #1 & Juan Pablo II	13: INSURGENTES #1 &	14: INSURGENTES #1 & Mercaderes	15: INSURGENTES #1 & Perpetua	16: INSURGENTES #1 & Río Mixcoac
Volume (vph)	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Ideal Flow (vphpl)	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00
Link Speed (k/h)	45.00	25.00	45.00	26.00	28.00	45.00	20.00	45.00
Link Distance (m)	96.10	305.30	119.00	340.00	418.00	210.00	172.00	239.00
Lane Group Flow (vph)	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Act Effct Green (s)	45.00	68.00	22.00	22.00	22.00	20.00	26.00	18.00
Actuated g/C Ratio	0.38	0.58	0.20	0.20	0.18	0.18	0.24	0.16
v/c Ratio	0.04	0.03	0.08	0.08	0.09	0.09	0.07	0.10
Control Delay	18.20	10.70	37.30	36.30	42.90	39.20	0.60	62.00
Queue Delay	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Delay	18.20	10.70	37.30	36.30	42.90	39.20	0.60	62.00
LOS	B	B	D	D	D	D	A	E

Tabla III.9 Resultados del escenario actual (continuación)



	1: INSURGENTES & Eje 10 Río Magdalena	2: INSURGENTES #1 & Altamirano	3: INSURGENTES #1 & RENAULT	4: INSURGENTES #1 & Río Cuauhtémoc	5: INSURGENTES #1 & La Paz	6: INSURGENTES #1 & Cracovia	7: INSURGENTES #1 & Altavista	8: INSURGENTES #1 & Río San Ángel
Volume (vph)	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Ideal Flow (vphpl)	1,900.00	1,900.00	0.73	0.23	0.23	0.20	0.18	0.38
Link Speed (k/h)	45.00	21.00	0.02	0.07	0.07	0.09	0.09	0.04
Link Distance (m)	127.00	210.00	4.40	32.10	35.20	9.80	42.50	18.20
Lane Group Flow (vph)	16.00	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Act Effct Green (s)	25.00	38.00	4.40	32.10	35.20	9.80	42.50	18.20
Actuated g/C Ratio	0.20	0.32	A	C	D	A	D	B
v/c Ratio	0.08	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Control Delay	42.30	28.40	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Queue Delay	0.00	0.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00
Total Delay	42.30	28.40	31.00	45.00	45.00	20.00	45.00	25.00
LOS	D	C	C	A	C	A	A	D

Tabla III.10 Resultados del escenario actual sentido Sur



	9: INSURGENTES #1 & Fernado Villalpando	10: INSURGENTES #1 & OLIVO	11: INSURGENTES #1 & Juventino Rosas	12: INSURGENTES #1 & Juan Pablo II	13: INSURGENTES #1 &	14: INSURGENTES #1 & Mercaderes	15: INSURGENTES #1 & Perpetua	16: INSURGENTES #1 & Río Mixcoac
Volume (vph)	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Ideal Flow (vphpl)	0.58	0.20	0.20	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00
Link Speed (k/h)	0.03	0.08	0.08	28.00	45.00	20.00	45.00	45.00
Link Distance (m)	10.70	37.30	36.30	418.00	210.00	172.00	239.00	147.10
Lane Group Flow (vph)	0.00	0.00	0.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Act Effct Green (s)	10.70	37.30	36.30	22.00	22.00	20.00	26.00	18.00
Actuated g/C Ratio	B	D	D	0.20	0.18	0.18	0.24	0.16
v/c Ratio	0.00	0.00	0.00	0.08	0.09	0.09	0.07	0.10
Control Delay	15.00	15.00	15.00	36.30	42.90	54.60	4.10	41.20
Queue Delay	1,900.00	1,900.00	1,900.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Delay	45.00	26.00	28.00	36.30	42.90	54.60	4.10	41.20
LOS	B	B	D	D	D	D	A	E

Tabla III.10 Resultados del escenario (continuación)





III.5 Simulación del escenario futuro

Para la simulación del escenario futuro se consideraron los cambios viales y la remoción de semáforos propuestos en la sección III.3, con estas propuestas se procedió a realizar una segunda simulación en el programa Synchro y se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla III.11 y en la

	1: INSURGENTES & Eje 10 Río Magdalena	2: INSURGENTES#1 & Altamirano	3: INSURGENTES#1 & RENAULT	5: INSURGENTES#1 & La Paz	7: INSURGENTES#1 & Altavista	8: INSURGENTES#1 & Río San Ángel
Volume (vph)	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Ideal Flow (vphpl)	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00
Link Speed (k/h)	45.00	45.00	21.00	31.00	45.00	20.00
Link Distance (m)	96.60	127.00	210.00	552.00	353.20	137.20
Lane Group Flow (vph)	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Act Effct Green (s)	105.00	38.00	104.00	26.00	22.00	22.00
Actuated g/C Ratio	0.12	0.32	0.80	0.20	0.19	0.18
v/c Ratio	0.14	0.05	0.02	0.08	0.09	0.10
Control Delay	360.90	28.40	2.70	42.90	40.40	45.10
Queue Delay	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Delay	360.90	28.40	2.70	42.90	40.40	45.10
LOS	F	C	A	D	D	D

Tabla III.11 Resultados del escenario futuro sentido Norte



	10: INSURGENTES#1 & OLIVO	11: INSURGENTES#1 & Juventino Rosas	13: INSURGENTES#1 & Barranca del Muerto	14: INSURGENTES#1 & Mercaderes	16: INSURGENTES#1 & Río Mixcoac
Volume (vph)	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Ideal Flow (vphpl)	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00
Link Speed (k/h)	25.00	45.00	28.00	45.00	45.00
Link Distance (m)	401.30	200.00	730.00	210.00	390.00
Lane Group Flow (vph)	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Act Effct Green (s)	72.00	22.00	22.00	24.00	20.00
Actuated g/C Ratio	0.59	0.20	0.17	0.21	0.17
v/c Ratio	0.03	0.08	0.10	0.08	0.10
Control Delay	11.00	37.30	45.50	38.10	87.30
Queue Delay	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Delay	11.00	37.30	45.50	38.10	87.30
LOS	B	D	D	D	F

Tabla III.11 Resultados del escenario futuro sentido norte (continuación)

También se presentan los resultados para el tramo en estudio en su sentido sur:



	1: INSURGENTES & Eje 10 Río Magdalena	2: INSURGENTES#1 & Altamirano	3: INSURGENTES#1 & RENAULT	5: INSURGENTES#1 & La Paz	7: INSURGENTES#1 & Altavista	8: INSURGENTES#1 & Río San Ángel
Volume (vph)	15	15	15	15	15	15
Ideal Flow (vphpl)	1,900.00	1,900.00	1,900.00	0.19	0.18	0.59
Link Speed (k/h)	45	21	45	0.09	0.1	0.03
Link Distance (m)	127	210	695	40.4	45.1	11
Lane Group Flow (vph)	16	16	16	0	0	0
Act Effct Green (s)	106	38	104	40.4	45.1	11
Actuated g/C Ratio	0.12	0.32	0.8	D	D	B
v/c Ratio	0.14	0.05	0.02	EBT	EBT	EBT
Control Delay	360	28.4	2.7	15	15	15
Queue Delay	0	0	0	1,900.00	1,900.00	1,900.00
Total Delay	360	28.4	2.7	20	25	45
LOS	F	C	A	137.2	401.3	200

Tabla III.12 Resultados del escenario futuro sentido Sur



	10: INSURGENTES#1 & OLIVO	11: INSURGENTES#1 & Juventino Rosas	13: INSURGENTES#1 &	14: INSURGENTES#1 & Mercaderes	16: INSURGENTES#1 & Río Mixcoac
Volume (vph)	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Ideal Flow (vphpl)	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00	1,900.00
Link Speed (k/h)	45.00	26.00	45.00	20.00	45.00
Link Distance (m)	200.00	730.00	210.00	390.00	147.10
Lane Group Flow (vph)	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Act Effct Green (s)	72.00	22.00	22.00	24.00	20.00
Actuated g/C Ratio	0.59	0.20	0.17	0.21	0.17
v/c Ratio	0.03	0.08	0.10	0.08	0.10
Control Delay	11.00	37.30	45.50	40.40	41.80
Queue Delay	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total Delay	11.00	37.30	45.50	40.40	41.80
LOS	B	D	D	D	D

Tabla III.12 Resultados del escenario futuro sentido Sur (continuación)



Capítulo IV

IV. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

IV.1 Comparación de resultados de ambos escenarios

INTERSECCIÓN	NIVEL DE SERVICIO ACTUAL SENTIDO NORTE		
	NO. DE PARADAS POR LUZ ROJA	VELOCIDAD EN LA VÍA (km/h)	NIVEL DE SERVICIO
Loreto	1	10.7	F
Río Chico	1	25.3	C
Miguel Ángel de Quev	4	13.7	E
Altavista	6	20.1	D
Vito Alessio Robles	7	8.1	F
Francia	4	17.2	D
Barranca del Muerto	7	18.2	D
Hermes	6	12.9	E
Febo	3	25.7	C
Río Churubusco	4	10.2	F
Total	43	16.1	D



NIVEL DE SERVICIO FUTURO SENTIDO NORTE						
INTERSECCIÓN	NO. DE PARADAS POR LUZ ROJA	MEJORÍA EN PARADAS POR LUZ ROJA	VELOCIDAD EN LA VÍA (km/h)	MEJORÍA EN LA VELOCIDAD (%)	NIVEL DE SERVICIO	MEJORÍA EN EL NIVEL DE SERVICIO
Loreto	0	100.0%	10.7	0.0%	F	NO
Altavista	2	66.7%	24.5	21.9%	D	SI
Vito Alessio Robles	4	42.9%	9.4	16.0%	F	NO
Barranca del Muerto	7	0.0%	22.9	25.8%	C	SI
Hermes	5	16.7%	13.1	1.6%	E	NO
Río Churubusco	4	0.0%	12.8	25.5%	E	SI
Total	22	37.62	17	5.6%	C	SI



INTERSECCIÓN	NIVEL DE SERVICIO ACTUAL SENTIDO SUR		
	NO. DE PARADAS POR LUZ ROJA	VELOCIDAD EN LA VÍA (km/h)	NIVEL DE SERVICIO
Río Mixcoac	4	9.2	F
Perpetua	3	32.6	B
Mercaderes	7	7.9	F
Juan Pablo II	7	19.8	D
Juventino Rosas	4	17	D
Olivo	4	15.6	D
Fernado Villalpando	7	19.7	D
Río San Ángel	7	3.7	F
Altavista	2	8.7	F
Cracovia	3	20.6	D
La Paz	4	14.5	D
Río Cuauhtémoc	0	34.8	B
RENAULT	0	27	C
Altamirano	0	14.6	D
Eje 10 Río Magdalena	3	8.1	F
Total	55	14.8	D



NIVEL DE SERVICIO FUTURO SENTIDO SUR						
INTERSECCIÓN	NO. DE PARADAS POR LUZ ROJA	MEJORÍA EN PARADAS POR LUZ ROJA	VELOCIDAD EN LA VÍA (km/h)	MEJORÍA EN LA VELOCIDAD (%)	NIVEL DE SERVICIO	MEJORÍA EN EL NIVEL DE SERVICIO
Río Mixcoac	4	0.0%	9.2	0.0%	F	NO
Mercaderes	5	28.6%	18.1	129.1%	D	SI
Juventino Rosas	2	50.0%	24.6	44.7%	C	SI
OLIVO	3	25.0%	21.6	38.5%	C	SI
Río San Ángel	4	42.9%	9.5	156.8%	D	SI
Altavista	1	50.0%	9.4	8.0%	F	NO
La Paz	3	25.0%	17.3	19.3%	D	NO
RENAULT	0	0.0%	41.9	55.2%	A	SI
Altamirano	0	0.0%	14.6	0.0%	D	NO
Eje 10 Río Magdalena	2	33.3%	8.1	0.0%	F	NO
Total	24	25.4%	18.3	23.6%	C	SI



IV.2 Conclusiones

Como primera conclusión se puede establecer que la ayuda que el programa de cómputo Synchro brinda en el procesamiento de datos así como en la de formular escenarios es muy útil.

También se concluye que la recolección de los datos de campo, específicamente los aforos vehiculares durante los horarios específico, es una tarea difícil y que tuvo que ser realizada varias veces más en otros horarios para corroborar que esta información fuera representativa del funcionamiento o el comportamiento del tramo en estudio.

Específicamente para el tramo en estudio, se presenta que es posible mejorar significativamente los tiempos de traslado retirando los cinco semáforos señalados en las intersecciones que no cumplen con el aforo suficiente para justificar la interrupción de la circulación del Metrobús. Estas cinco intersecciones son: Río Cuauhtémoc/Río Chico, Cracovia/M.A. de Quevedo, Fernando Villalpando, Juan Pablo II/ Francia y Perpetua/Febo.

Cabe señalar que a pesar que la intersección de Insurgentes con Fernando Villalpando cumple con el aforo necesario para justificar la colocación de un semáforo, esta condición sólo se cumple durante la noche, y posiblemente, en fines de semana cuando el aforo al centro comercial aledaño sea cuantioso.

Por estas razones, para esta intersección se propone suprimir el cruce durante los horarios matutino y vespertino, y sólo que funcione durante la noche.

Adicionalmente se concluye que los cruces: Mercaderes, Juventino Rosas, Olivo y Río San Ángel mejoran en su nivel de servicio. Además, el retiro de los semáforos provoca que el número de paradas que realiza el Metrobús a lo largo del tramo en estudio disminuya considerablemente, porque pasa de 55 a 24.

La velocidad promedio en el recorrido mejora ligeramente al pasar de 16.0 km/h a 18.3 km/h, lo que representa una mejoría del 14.4%.



Finalmente se concluye que los cambios propuestos generan una reducción en los tiempos de traslado del Metrobús, pero estos cambios implicaron una nueva problemática: el conflicto con los vehículos particulares que desean cruzar el corredor. Y que para subsanar esta nueva problemática fue necesario proponer vías alternas para los cruceros.



V. ANEXOS

DATOS DE LA CORRIDA DEL ESCENARIO ACTUAL

Lanes, Volumes, Timings

1: INSURGENTES & Eje 10 Río Magdalena

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	4	0	0	0	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	1440	0	0	0	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	6408	0	0	0	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	6408	0	0	0	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	1565	0	0	0	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8			2				
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	30	0	0	30	0	0	95	0	0	0	0
Total Lost Time (s)	4	6	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4
Act Effct Green (s)		24			25			90				
Actuated g/C Ratio		0.19			0.2			0.72				
v/c Ratio		0.09			0.08			0.34				
Control Delay		43.2			42.3			6.7				
Queue Delay		0			0			0				
Total Delay		43.2			42.3			6.7				
LOS		D			D			A				
Approach Delay		43.2			42.3			6.7				
Approach LOS		D			D			A				
Queue Length 50th (m)		5.2			5.1			58.3				
Queue Length 95th (m)		15.3			15.2			66.1				
Internal Link Dist (m)		72.6			103			96.1		114.9		
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		182			190			4614				
Starvation Cap Reductn		0			0			0				
Spillback Cap Reductn		0			0			0				
Storage Cap Reductn		0			0			0				
Reduced v/c Ratio		0.09			0.08			0.34				

Intersection Summary Intersection LOS: A
 Cycle Length: 125 ICU Level of Service A
 Actuated Cycle Length: 125
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBT, Start of Green



Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.34
 Intersection Signal Delay: 7.4
 Intersection Capacity Utilization 33.4%
 Analysis Period (min) 15

Lanes, Volumes, Timings
 2: INSURGENTES#1 & Altamirano

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	0	0	0	905	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	0	0	0	3539	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	0	0	0	3539	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	0	0	0	984	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8						6	
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	43	0	0	43	0	0	0	0	0	75	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	5	4
Act Effct Green (s)		38			38						70	
Actuated g/C Ratio		0.32			0.32						0.59	
v/c Ratio		0.05			0.05						0.47	
Control Delay		28.4			28.4						14.4	
Queue Delay		0			0						0	
Total Delay		28.4			28.4						14.4	
LOS		C			C						B	
Approach Delay		28.4			28.4						14.4	
Approach LOS		C			C						B	
Queue Length 50th (m)		4			4						100.4	
Queue Length 95th (m)		12.2			12.2						124.3	
Internal Link Dist (m)		103			186			96.3			97.4	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		306			306						2099	
Starvation Cap Reductn		0			0						0	
Spillback Cap Reductn		0			0						0	
Storage Cap Reductn		0			0						0	
Reduced v/c Ratio		0.05			0.05						0.47	

Intersection Summary

Intersection LOS: B



Cycle Length: 118 ICU Level of Service A
 Actuated Cycle Length: 118
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 4:EBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.47
 Intersection Signal Delay: 14.9
 Intersection Capacity Utilization 36.7%
 Analysis Period (min) 15

Lanes, Volumes, Timings
 3: INSURGENTES#1 & RENAULT

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	1647	0	0	1647	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	1647	0	0	1647	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8			2			6	
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	96	0	0	96	0	0	21	0	0	21	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4
Act Effct Green (s)		91			91							
Actuated g/C Ratio		0.78			0.78							
v/c Ratio		0.02			0.02							
Control Delay		3.1			3.1							
Queue Delay		0			0							
Total Delay		3.1			3.1							
LOS		A			A							
Approach Delay		3.1			3.1							
Approach LOS		A			A							
Queue Length 50th (m)		1.1			1.1							
Queue Length 95th (m)		3.3			3.3							
Internal Link Dist (m)		186			118.4			63.2			58.6	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		739			739							
Starvation Cap Reductn		0			0							
Spillback Cap Reductn		0			0							
Storage Cap Reductn		0			0							



Reduced v/c Ratio 0.02 0.02

Intersection Summary Intersection LOS: A
 Cycle Length: 117 ICU Level of Service A
 Actuated Cycle Length: 117
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBT and 6:SBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.02
 Intersection Signal Delay: 3.1
 Intersection Capacity Utilization 25.0%
 Analysis Period (min) 15

Lanes, Volumes, Timings
 4: INSURGENTES#1 & Río Cuauhtémoc

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	82	0	0	0	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	1900	0	0	0	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	1900	0	0	0	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	89	0	0	0	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8			2				
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	90	0	0	90	0	0	27	0	0	0	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4
Act Effct Green (s)		85			85			22				
Actuated g/C Ratio		0.73			0.73			0.19				
v/c Ratio		0.02			0.02			0.25				
Control Delay		4.4			4.6			42.7				
Queue Delay		0			0			0				
Total Delay		4.4			4.6			42.7				
LOS		A			A			D				
Approach Delay		4.4			4.6			42.7				
Approach LOS		A			A			D				
Queue Length 50th (m)		1.4			1.4			27.7				
Queue Length 95th (m)		4.1			4.3			51.2				
Internal Link Dist (m)		118.4			528			120.1		89.1		
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		690			690			357				



Starvation Cap Reductn	0	0	0
Spillback Cap Reductn	0	0	0
Storage Cap Reductn	0	0	0
Reduced v/c Ratio	0.02	0.02	0.25

Intersection Summary Intersection LOS: C
 Cycle Length: 117 ICU Level of Service A
 Actuated Cycle Length: 117
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.25
 Intersection Signal Delay: 32.6
 Intersection Capacity Utilization 16.0%
 Analysis Period (min) 15

Lanes, Volumes, Timings
5: INSURGENTES#1 & La Paz

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	1327	0	0	0	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	5085	0	0	0	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	5085	0	0	0	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	1442	0	0	0	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8			2				
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	29	0	0	29	0	0	74	0	0	0	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4
Act Effct Green (s)		24			24			69				
Actuated g/C Ratio		0.23			0.23			0.67				
v/c Ratio		0.07			0.07			0.42				
Control Delay		32.1			32.1			8.3				
Queue Delay		0			0			0				
Total Delay		32.1			32.1			8.3				
LOS		C			C			A				
Approach Delay		32.1			32.1			8.3				
Approach LOS		C			C			A				
Queue Length 50th (m)		4			4			68.7				
Queue Length 95th (m)		12.8			12.8			82				



Internal Link Dist (m)	528	183.6	142.5	208.5
Turn Bay Length (m)				
Base Capacity (vph)	221	221	3406	
Starvation Cap Reductn	0	0	0	
Spillback Cap Reductn	0	0	0	
Storage Cap Reductn	0	0	0	
Reduced v/c Ratio	0.07	0.07	0.42	

Intersection Summary Intersection LOS: A
 Cycle Length: 103 ICU Level of Service A
 Actuated Cycle Length: 103
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.42
 Intersection Signal Delay: 8.8
 Intersection Capacity Utilization 37.3%
 Analysis Period (min) 15

Lanes, Volumes, Timings
 6: INSURGENTES#1 & Cracovia

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	1250	0	0	0	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	5085	0	0	0	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	5085	0	0	0	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	1359	0	0	0	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8			2				
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	30	0	0	30	0	0	81	0	0	0	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4
Act Effct Green (s)		25			25			76				
Actuated g/C Ratio		0.23			0.23			0.68				
v/c Ratio		0.07			0.07			0.39				
Control Delay		35.2			9.1			7.9				
Queue Delay		0			0			0				
Total Delay		35.2			9.1			7.9				
LOS		D			A			A				
Approach Delay		35.2			9.1			7.9				



Approach LOS	D	A	A	
Queue Length 50th (m)	4.4	0.6	65.6	
Queue Length 95th (m)	13.5	1.9	77.8	
Internal Link Dist (m)	183.6	121.6	133.7	177.4
Turn Bay Length (m)				
Base Capacity (vph)	214	214	3482	
Starvation Cap Reductn	0	0	0	
Spillback Cap Reductn	0	0	0	
Storage Cap Reductn	0	0	0	
Reduced v/c Ratio	0.07	0.07	0.39	

Intersection Summary Intersection LOS: A
 Cycle Length: 111 ICU Level of Service A
 Actuated Cycle Length: 111
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.39
 Intersection Signal Delay: 8.2
 Intersection Capacity Utilization 35.8%
 Analysis Period (min) 15

Lanes, Volumes, Timings
7: INSURGENTES#1 & Altavista

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	3	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	1728	0	0	1170	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	5085	0	0	5085	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	5085	0	0	5085	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	1878	0	0	1272	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8			2			6	
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	27	0	0	27	0	0	84	0	0	84	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4
Act Effct Green (s)		22			22			79			79	
Actuated g/C Ratio		0.2			0.2			0.71			0.71	
v/c Ratio		0.09			0.09			0.52			0.35	
Control Delay		9.8			37.9			7.9			6.5	
Queue Delay		0			0			0			0	



Total Delay	9.8	37.9	7.9	6.5
LOS	A	D	A	A
Approach Delay	9.8	37.9	7.9	6.5
Approach LOS	A	D	A	A
Queue Length 50th (m)	0.7	4.5	94.5	53.8
Queue Length 95th (m)	1.9	14	109.8	64.1
Internal Link Dist (m)	121.6	113.2	170.7	214
Turn Bay Length (m)				
Base Capacity (vph)	188	188	3619	3619
Starvation Cap Reductn	0	0	0	0
Spillback Cap Reductn	0	0	0	0
Storage Cap Reductn	0	0	0	0
Reduced v/c Ratio	0.09	0.09	0.52	0.35

Intersection Summary Intersection LOS: A
 Cycle Length: 111 ICU Level of Service A
 Actuated Cycle Length: 111
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.52
 Intersection Signal Delay: 7.5
 Intersection Capacity Utilization 45.1%
 Analysis Period (min) 15

Lanes, Volumes, Timings

8: INSURGENTES#1 & Río San Ángel

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	2>	0	0	0	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	1112	0	0	0	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	3539	0	0	0	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	3539	0	0	0	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	1209	0	0	0	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8			2				
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	27	0	0	27	0	0	93	0	0	0	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4
Act Effct Green (s)		22			22			88				
Actuated g/C Ratio		0.18			0.18			0.73				



v/c Ratio	0.09	0.09	0.47	
Control Delay	42.5	79.2	7.2	
Queue Delay	0	0	0	
Total Delay	42.5	79.2	7.2	
LOS	D	E	A	
Approach Delay	42.5	79.2	7.2	
Approach LOS	D	E	A	
Queue Length 50th (m)	5	6.5	83.8	
Queue Length 95th (m)	15.2	18.7	102.2	
Internal Link Dist (m)	113.2	72.1	189.5	109.7
Turn Bay Length (m)				
Base Capacity (vph)	174	174	2595	
Starvation Cap Reductn	0	0	0	
Spillback Cap Reductn	0	0	0	
Storage Cap Reductn	0	0	0	
Reduced v/c Ratio	0.09	0.09	0.47	

Intersection Summary Intersection LOS: A
 Cycle Length: 120 ICU Level of Service A
 Actuated Cycle Length: 120
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.47
 Intersection Signal Delay: 8.6
 Intersection Capacity Utilization 42.4%
 Analysis Period (min) 15

Lanes, Volumes, Timings
9: INSURGENTES#1 & Fernando Villalpando

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	0	0	0	258	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	0	0	0	3539	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	0	0	0	3539	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	0	0	0	280	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8						6	
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	50	0	0	50	0	0	0	0	0	70	0



Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	5	4
Act Effct Green (s)		45			45						65	
Actuated g/C Ratio		0.38			0.38						0.54	
v/c Ratio		0.04			0.04						0.15	
Control Delay		18.2			24.5						13.9	
Queue Delay		0			0						0	
Total Delay		18.2			24.5						13.9	
LOS		B			C						B	
Approach Delay		18.2			24.5						13.9	
Approach LOS		B			C						B	
Queue Length 50th (m)		6.2			3.8						26.1	
Queue Length 95th (m)		18.2			11.4						37.4	
Internal Link Dist (m)		72.1			281.3			49.4			118.5	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		356			356						1917	
Starvation Cap Reductn		0			0						0	
Spillback Cap Reductn		0			0						0	
Storage Cap Reductn		0			0						0	
Reduced v/c Ratio		0.04			0.04						0.15	

Intersection Summary Intersection LOS: B
 Cycle Length: 120 ICU Level of Service A
 Actuated Cycle Length: 120
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 4:EBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.15
 Intersection Signal Delay: 14.7
 Intersection Capacity Utilization 18.8%
 Analysis Period (min) 15

Lanes, Volumes, Timings

10: INSURGENTES#1 & OLIVO

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	1	0	0	1	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	950	0	0	1863	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	950	0	0	1863	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	1	0	0	1	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8			2			6	



Permitted Phases

Total Split (s)	0	73	0	0	73	0	0	44	0	0	44	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4
Act Effct Green (s)		68			68			39			39	
Actuated g/C Ratio		0.58			0.58			0.33			0.33	
v/c Ratio		0.03			0.03			0			0	
Control Delay		10.7			10.7			26			26	
Queue Delay		0			0			0			0	
Total Delay		10.7			10.7			26			26	
LOS		B			B			C			C	
Approach Delay		10.7			10.7			26			26	
Approach LOS		B			B			C			C	
Queue Length 50th (m)		2.4			2.4			0.3			0.3	
Queue Length 95th (m)		7.1			7.1			2.2			2.2	
Internal Link Dist (m)		281.3			95			99.5			71.4	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		552			552			317			621	
Starvation Cap Reductn		0			0			0			0	
Spillback Cap Reductn		0			0			0			0	
Storage Cap Reductn		0			0			0			0	
Reduced v/c Ratio		0.03			0.03			0			0	

Intersection Summary

Intersection LOS: B

Cycle Length: 117

ICU Level of Service A

Actuated Cycle Length: 117

Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBT and 6:SBT, Start of Green

Control Type: Pretimed

Maximum v/c Ratio: 0.03

Intersection Signal Delay: 11.6

Intersection Capacity Utilization 25.0%

Analysis Period (min) 15

Lanes, Volumes, Timings

11: INSURGENTES#1 & Juventino Rosas

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	0	0	0	845	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	0	0	0	1863	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	0	0	0	1863	0
Satd. Flow (RTOR)												



Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	0	0	0	918	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8						6	
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	27	0	0	27	0	0	0	0	0	83	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	5	4
Act Effct Green (s)		22			22						78	
Actuated g/C Ratio		0.2			0.2						0.71	
v/c Ratio		0.08			0.08						0.69	
Control Delay		37.3			37.3						12.7	
Queue Delay		0			0						0	
Total Delay		37.3			37.3						12.7	
LOS		D			D						B	
Approach Delay		37.3			37.3						12.7	
Approach LOS		D			D						B	
Queue Length 50th (m)		4.5			4.5						157.1	
Queue Length 95th (m)		14.1			14.1						224.4	
Internal Link Dist (m)		95			316			65.8			116.5	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		190			190						1321	
Starvation Cap Reductn		0			0						0	
Spillback Cap Reductn		0			0						0	
Storage Cap Reductn		0			0						0	
Reduced v/c Ratio		0.08			0.08						0.69	

Intersection Summary Intersection LOS: B
 Cycle Length: 110 ICU Level of Service B
 Actuated Cycle Length: 110
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 6:SBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.69
 Intersection Signal Delay: 13.5
 Intersection Capacity Utilization 56.1%
 Analysis Period (min) 15

Lanes, Volumes, Timings
12: INSURGENTES#1 & Juan Pablo II

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1>	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	0	0	0	910	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	0	0	0	3539	0
Flt Permitted												



Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	0	0	0	3539	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	0	0	0	989	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8						6	
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	27	0	0	27	0	0	0	0	0	81	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	5	4
Act Effct Green (s)		22			22						76	
Actuated g/C Ratio		0.2			0.2						0.7	
v/c Ratio		0.08			0.08						0.4	
Control Delay		36.3			36.3						7.1	
Queue Delay		0			0						0	
Total Delay		36.3			36.3						7.1	
LOS		D			D						A	
Approach Delay		36.3			36.3						7.1	
Approach LOS		D			D						A	
Queue Length 50th (m)		4.4			4.4						62.7	
Queue Length 95th (m)		13.8			13.8						78.5	
Internal Link Dist (m)		316			394			177.2			141.9	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		194			194						2490	
Starvation Cap Reductn		0			0						0	
Spillback Cap Reductn		0			0						0	
Storage Cap Reductn		0			0						0	
Reduced v/c Ratio		0.08			0.08						0.4	

Intersection Summary Intersection LOS: A
 Cycle Length: 108 ICU Level of Service A
 Actuated Cycle Length: 108
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 4:EBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.40
 Intersection Signal Delay: 8.1
 Intersection Capacity Utilization 36.8%
 Analysis Period (min) 15

Lanes, Volumes, Timings
 13: INSURGENTES#1 & BARRANCA DEL MUERTO

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	4	0	0	4	0



Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	2172	0	0	1145	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	6408	0	0	6408	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	6408	0	0	6408	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	2361	0	0	1245	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8			6			2	
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	27	0	0	27	0	0	94	0	0	94	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4
Act Effct Green (s)		22			22			89			89	
Actuated g/C Ratio		0.18			0.18			0.74			0.74	
v/c Ratio		0.09			0.09			0.5			0.26	
Control Delay		42.9			42.9			7.1			5.4	
Queue Delay		0			0			0			0	
Total Delay		42.9			42.9			7.1			5.4	
LOS		D			D			A			A	
Approach Delay		42.9			42.9			7.1			5.4	
Approach LOS		D			D			A			A	
Queue Length 50th (m)		5.1			5.1			94.1			39	
Queue Length 95th (m)		15.3			15.3			104.7			45.4	
Internal Link Dist (m)		394			186			168			194.3	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		173			173			4713			4713	
Starvation Cap Reductn		0			0			0			0	
Spillback Cap Reductn		0			0			0			0	
Storage Cap Reductn		0			0			0			0	
Reduced v/c Ratio		0.09			0.09			0.5			0.26	

Intersection Summary
 Cycle Length: 121
 Actuated Cycle Length: 121
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NWT and 6:SET, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.50
 Intersection Signal Delay: 6.9
 Intersection Capacity Utilization 43.1%
 Analysis Period (min) 15

Intersection LOS: A
 ICU Level of Service A

Lanes, Volumes, Timings
 14: INSURGENTES#1 & Mercaderes



Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	993	0	0	0	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	3539	0	0	0	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	3539	0	0	0	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	1079	0	0	0	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8			2				
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	25	0	0	25	0	0	85	0	0	0	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4
Act Effct Green (s)		20			20			80				
Actuated g/C Ratio		0.18			0.18			0.73				
v/c Ratio		0.09			0.09			0.42				
Control Delay		39.2			54.6			6.5				
Queue Delay		0			0			0				
Total Delay		39.2			54.6			6.5				
LOS		D			D			A				
Approach Delay		39.2			54.6			6.5				
Approach LOS		D			D			A				
Queue Length 50th (m)		4.6			5.8			65.4				
Queue Length 95th (m)		14.5			18.1			81.4				
Internal Link Dist (m)		186			148			105.7			196.9	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		173			173			2574				
Starvation Cap Reductn		0			0			0				
Spillback Cap Reductn		0			0			0				
Storage Cap Reductn		0			0			0				
Reduced v/c Ratio		0.09			0.09			0.42				

Intersection Summary Intersection LOS: A
 Cycle Length: 110 ICU Level of Service A
 Actuated Cycle Length: 110
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.42
 Intersection Signal Delay: 7.6
 Intersection Capacity Utilization 39.1%
 Analysis Period (min) 15



Lanes, Volumes, Timings
15: INSURGENTES#1 & Perpetua

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	0	0	0	621	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	0	0	0	3539	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	0	0	0	3539	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	0	0	0	675	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8						6	
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	31	0	0	31	0	0	0	0	0	79	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	5	4
Act Effct Green (s)		26			26						74	
Actuated g/C Ratio		0.24			0.24						0.67	
v/c Ratio		0.07			0.07						0.28	
Control Delay		0.6			4.1						7.7	
Queue Delay		0			0						0	
Total Delay		0.6			4.1						7.7	
LOS		A			A						A	
Approach Delay		0.6			4.1						7.7	
Approach LOS		A			A						A	
Queue Length 50th (m)		0			0						43.8	
Queue Length 95th (m)		0			0						56.8	
Internal Link Dist (m)		148			215			45.3			121.3	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		225			225						2381	
Starvation Cap Reductn		0			0						0	
Spillback Cap Reductn		0			0						0	
Storage Cap Reductn		0			0						0	
Reduced v/c Ratio		0.07			0.07						0.28	

Intersection Summary Intersection LOS: A
 Cycle Length: 110 ICU Level of Service A
 Actuated Cycle Length: 110
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 4:EBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.28
 Intersection Signal Delay: 7.4
 Intersection Capacity Utilization 28.8%



Analysis Period (min) 15

Lanes, Volumes, Timings

16: INSURGENTES#1 & Río Mixcoac

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	4	0	0	4	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	1377	0	0	2605	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	6408	0	0	6408	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	6408	0	0	6408	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	1497	0	0	2832	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8			2			6	
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	23	0	0	23	0	0	87	0	0	87	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4
Act Effct Green (s)		18			18			82			82	
Actuated g/C Ratio		0.16			0.16			0.75			0.75	
v/c Ratio		0.1			0.1			0.31			0.59	
Control Delay		62			41.2			4.8			7	
Queue Delay		0			0			0			0	
Total Delay		62			41.2			4.8			7	
LOS	E			D				A			A	
Approach Delay		62			41.2			4.8			7	
Approach LOS	E			D				A			A	
Queue Length 50th (m)		5.7			4.7			41.7			108.2	
Queue Length 95th (m)		18.1			14.8			48.4			120.4	
Internal Link Dist (m)		215			123.1			224.4			122.7	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		155			155			4777			4777	
Starvation Cap Reductn		0			0			0			0	
Spillback Cap Reductn		0			0			0			0	
Storage Cap Reductn		0			0			0			0	
Reduced v/c Ratio		0.1			0.1			0.31			0.59	

Intersection Summary

Intersection LOS: A

Cycle Length: 110

ICU Level of Service A

Actuated Cycle Length: 110

Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NET and 6:SWT, Start of Green

Control Type: Pretimed



Maximum v/c Ratio: 0.59

Intersection Signal Delay: 6.6

Intersection Capacity Utilization 49.4%

Analysis Period (min) 15



DATOS DE LA CORRIDA DEL ESCENARIO FUTURO

Lanes, Volumes, Timings

1: INSURGENTES & Eje 10 Río Magdalena

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	4	0	0	0	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	1440	0	0	0	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	6408	0	0	0	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	6408	0	0	0	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	1565	0	0	0	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8			2				
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	111	0	0	111	0	0	789	0	0	0	0
Total Lost Time (s)	4	6	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4
Act Effct Green (s)		105			106			784				
Actuated g/C Ratio		0.12			0.12			0.87				
v/c Ratio		0.14			0.14			0.28				
Control Delay		360.9			360			10				
Queue Delay		0			0			0				
Total Delay		360.9			360			10				
LOS		F			F			B				
Approach Delay		360.9			360			10				
Approach LOS		F			F			B				
Queue Length 50th (m)		42.8			42.8			220.7				
Queue Length 95th (m)		70.3			70.2			213.6				
Internal Link Dist (m)		72.6			103			96.1			114.9	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		111			112			5582				
Starvation Cap Reductn		0			0			0				
Spillback Cap Reductn		0			0			0				
Storage Cap Reductn		0			0			0				
Reduced v/c Ratio		0.14			0.14			0.28				

Intersection Summary Intersection LOS: B
 Cycle Length: 900 ICU Level of Service A
 Actuated Cycle Length: 900
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed



Maximum v/c Ratio: 0.28
 Intersection Signal Delay: 17.0
 Intersection Capacity Utilization 33.4%
 Analysis Period (min) 15

Lanes, Volumes, Timings
 2: INSURGENTES#1 & Altamirano

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	0	0	0	905	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	0	0	0	3539	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	0	0	0	3539	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	0	0	0	984	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8						6	
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	43	0	0	43	0	0	0	0	0	75	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	5	4
Act Effct Green (s)		38			38						70	
Actuated g/C Ratio		0.32			0.32						0.59	
v/c Ratio		0.05			0.05						0.47	
Control Delay		28.4			28.4						14.4	
Queue Delay		0			0						0	
Total Delay		28.4			28.4						14.4	
LOS		C			C						B	
Approach Delay		28.4			28.4						14.4	
Approach LOS		C			C						B	
Queue Length 50th (m)		4			4						100.4	
Queue Length 95th (m)		12.2			12.2						124.3	
Internal Link Dist (m)		103			186			96.3			97.4	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		306			306						2099	
Starvation Cap Reductn		0			0						0	
Spillback Cap Reductn		0			0						0	
Storage Cap Reductn		0			0						0	
Reduced v/c Ratio		0.05			0.05						0.47	

Intersection Summary Intersection LOS: B
 Cycle Length: 118 ICU Level of Service A



Actuated Cycle Length: 118
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 4:EBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.47
 Intersection Signal Delay: 14.9
 Intersection Capacity Utilization 36.7%
 Analysis Period (min) 15

Lanes, Volumes, Timings

3: INSURGENTES#1 & RENAULT

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	1647	0	0	1647	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	1647	0	0	1647	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8			2			6	
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	109	0	0	109	0	0	21	0	0	21	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4
Act Effct Green (s)		104			104							
Actuated g/C Ratio		0.8			0.8							
v/c Ratio		0.02			0.02							
Control Delay		2.7			2.7							
Queue Delay		0			0							
Total Delay		2.7			2.7							
LOS		A			A							
Approach Delay		2.7			2.7							
Approach LOS		A			A							
Queue Length 50th (m)		1.1			1.1							
Queue Length 95th (m)		3.2			3.2							
Internal Link Dist (m)		186			671			63.2			58.6	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		760			760							
Starvation Cap Reductn		0			0							
Spillback Cap Reductn		0			0							
Storage Cap Reductn		0			0							
Reduced v/c Ratio		0.02			0.02							



Intersection Summary
 Cycle Length: 130
 Actuated Cycle Length: 130
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBT and 6:SBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.02
 Intersection Signal Delay: 2.7
 Intersection Capacity Utilization 25.0%
 Analysis Period (min) 15

Intersection LOS: A
 ICU Level of Service A

Lanes, Volumes, Timings
 5: INSURGENTES#1 & La Paz

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	1327	0	0	0	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	5085	0	0	0	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	5085	0	0	0	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	1442	0	0	0	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8			2				
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	31	0	0	31	0	0	97	0	0	0	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4
Act Effct Green (s)		26			26			92				
Actuated g/C Ratio		0.2			0.2			0.72				
v/c Ratio		0.08			0.08			0.39				
Control Delay		42.9			42.9			7.4				
Queue Delay		0			0			0				
Total Delay		42.9			42.9			7.4				
LOS		D			D			A				
Approach Delay		42.9			42.9			7.4				
Approach LOS		D			D			A				
Queue Length 50th (m)		5.2			5.2			73.6				
Queue Length 95th (m)		15.5			15.5			85.2				
Internal Link Dist (m)		528			329.2			142.5			208.5	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		193			193			3655				



Starvation Cap Reductn	0	0	0
Spillback Cap Reductn	0	0	0
Storage Cap Reductn	0	0	0
Reduced v/c Ratio	0.08	0.08	0.39

Intersection Summary Intersection LOS: A
 Cycle Length: 128 ICU Level of Service A
 Actuated Cycle Length: 128
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.39
 Intersection Signal Delay: 8.2
 Intersection Capacity Utilization 37.3%
 Analysis Period (min) 15

Lanes, Volumes, Timings
 7: INSURGENTES#1 & Altavista

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	3	0	0	3	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	1728	0	0	1170	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	5085	0	0	5085	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	5085	0	0	5085	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	1878	0	0	1272	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8			2			6	
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	27	0	0	27	0	0	89	0	0	89	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4
Act Effct Green (s)		22			22			84			84	
Actuated g/C Ratio		0.19			0.19			0.72			0.72	
v/c Ratio		0.09			0.09			0.51			0.35	
Control Delay		40.4			40.4			7.6			6.2	
Queue Delay		0			0			0			0	
Total Delay		40.4			40.4			7.6			6.2	
LOS		D			D			A			A	
Approach Delay		40.4			40.4			7.6			6.2	
Approach LOS		D			D			A			A	
Queue Length 50th (m)		4.8			4.8			94.5			53.8	
Queue Length 95th (m)		14.8			14.8			108.9			63.6	



Internal Link Dist (m)	329.2	113.2	170.7	214
Turn Bay Length (m)				
Base Capacity (vph)	180	180	3682	3682
Starvation Cap Reductn	0	0	0	0
Spillback Cap Reductn	0	0	0	0
Storage Cap Reductn	0	0	0	0
Reduced v/c Ratio	0.09	0.09	0.51	0.35

Intersection Summary Intersection LOS: A
 Cycle Length: 116 ICU Level of Service A
 Actuated Cycle Length: 116
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.51
 Intersection Signal Delay: 7.4
 Intersection Capacity Utilization 45.1%
 Analysis Period (min) 15

Lanes, Volumes, Timings
 8: INSURGENTES#1 & Río San Ángel

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	2>	0	0	0	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	1112	0	0	0	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	3539	0	0	0	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	3539	0	0	0	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	1209	0	0	0	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8			2				
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	27	0	0	27	0	0	98	0	0	0	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4
Act Effct Green (s)		22			22			93				
Actuated g/C Ratio		0.18			0.18			0.74				
v/c Ratio		0.1			0.1			0.46				
Control Delay		45.1			45.1			6.9				
Queue Delay		0			0			0				
Total Delay		45.1			45.1			6.9				
LOS		D			D			A				
Approach Delay		45.1			45.1			6.9				



Approach LOS	D	D	A	
Queue Length 50th (m)	5.3	5.3	83.8	
Queue Length 95th (m)	15.7	15.7	101.3	
Internal Link Dist (m)	113.2	377.3	189.5	109.7
Turn Bay Length (m)				
Base Capacity (vph)	167	167	2633	
Starvation Cap Reductn	0	0	0	
Spillback Cap Reductn	0	0	0	
Storage Cap Reductn	0	0	0	
Reduced v/c Ratio	0.1	0.1	0.46	

Intersection Summary Intersection LOS: A
 Cycle Length: 125 ICU Level of Service A
 Actuated Cycle Length: 125
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.46
 Intersection Signal Delay: 7.9
 Intersection Capacity Utilization 42.4%
 Analysis Period (min) 15

Lanes, Volumes, Timings
10: INSURGENTES#1 & OLIVO

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	1	0	0	1	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	950	0	0	1863	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	950	0	0	1863	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	1	0	0	1	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8			2			6	
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	77	0	0	77	0	0	46	0	0	46	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4
Act Effct Green (s)		72			72			41			41	
Actuated g/C Ratio		0.59			0.59			0.33			0.33	
v/c Ratio		0.03			0.03			0			0	
Control Delay		11			11			27			27	
Queue Delay		0			0			0			0	



Total Delay	11	11	27	27
LOS	B	B	C	C
Approach Delay	11	11	27	27
Approach LOS	B	B	C	C
Queue Length 50th (m)	2.5	2.5	0.3	0.3
Queue Length 95th (m)	7.4	7.4	2.3	2.3
Internal Link Dist (m)	377.3	176	99.8	71.4
Turn Bay Length (m)				
Base Capacity (vph)	556	556	317	621
Starvation Cap Reductn	0	0	0	0
Spillback Cap Reductn	0	0	0	0
Storage Cap Reductn	0	0	0	0
Reduced v/c Ratio	0.03	0.03	0	0

Intersection Summary
 Cycle Length: 123
 Actuated Cycle Length: 123
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBT and 6:SBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.03
 Intersection Signal Delay: 11.9
 Intersection Capacity Utilization 25.0%
 Analysis Period (min) 15

Intersection LOS: B
 ICU Level of Service A

Lanes, Volumes, Timings

11: INSURGENTES#1 & Juventino Rosas

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	0	0	0	845	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	0	0	0	1863	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	0	0	0	1863	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	0	0	0	918	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8						6	
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	27	0	0	27	0	0	0	0	0	83	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	4	4	4	5	4
Act Effct Green (s)		22			22						78	
Actuated g/C Ratio		0.2			0.2						0.71	



v/c Ratio	0.08	0.08		0.69
Control Delay	37.3	37.3		12.7
Queue Delay	0	0		0
Total Delay	37.3	37.3		12.7
LOS	D	D		B
Approach Delay	37.3	37.3		12.7
Approach LOS	D	D		B
Queue Length 50th (m)	4.5	4.5		157.1
Queue Length 95th (m)	14.1	14.1		224.4
Internal Link Dist (m)	176	706	65.8	116.5
Turn Bay Length (m)				
Base Capacity (vph)	190	190		1321
Starvation Cap Reductn	0	0		0
Spillback Cap Reductn	0	0		0
Storage Cap Reductn	0	0		0
Reduced v/c Ratio	0.08	0.08		0.69

Intersection Summary Intersection LOS: B
 Cycle Length: 110 ICU Level of Service B
 Actuated Cycle Length: 110
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 6:SBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.69
 Intersection Signal Delay: 13.5
 Intersection Capacity Utilization 56.1%
 Analysis Period (min) 15

Lanes, Volumes, Timings

13: INSURGENTES#1 & BARRANCA DEL MUERTO

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	SEL	SET	SER	NWL	NWT	NWR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	4	0	0	4	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	2172	0	0	1145	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	6408	0	0	6408	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	6408	0	0	6408	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	2361	0	0	1245	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8			6			2	
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	27	0	0	27	0	0	99	0	0	99	0



Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4
Act Effct Green (s)		22			22			94			94	
Actuated g/C Ratio		0.17			0.17			0.75			0.75	
v/c Ratio		0.1			0.1			0.49			0.26	
Control Delay		45.5			45.5			6.9			5.2	
Queue Delay		0			0			0			0	
Total Delay		45.5			45.5			6.9			5.2	
LOS		D			D			A			A	
Approach Delay		45.5			45.5			6.9			5.2	
Approach LOS		D			D			A			A	
Queue Length 50th (m)		5.3			5.3			94.1			39	
Queue Length 95th (m)		15.8			15.8			103.9			45.2	
Internal Link Dist (m)		706			186			168			194.3	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		166			166			4781			4781	
Starvation Cap Reductn		0			0			0			0	
Spillback Cap Reductn		0			0			0			0	
Storage Cap Reductn		0			0			0			0	
Reduced v/c Ratio		0.1			0.1			0.49			0.26	

Intersection Summary
 Cycle Length: 126
 Actuated Cycle Length: 126
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NWT and 6:SET, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.49
 Intersection Signal Delay: 6.6
 Intersection Capacity Utilization 43.1%
 Analysis Period (min) 15

Intersection LOS: A
 ICU Level of Service A

Lanes, Volumes, Timings

14: INSURGENTES#1 & Mercaderes

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	993	0	0	0	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	3539	0	0	0	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	3539	0	0	0	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	1079	0	0	0	0
Turn Type												
Protected Phases		4			8			2				



Permitted Phases

Total Split (s)	0	29	0	0	29	0	0	86	0	0	0	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	4	4
Act Effct Green (s)		24			24			81				
Actuated g/C Ratio		0.21			0.21			0.7				
v/c Ratio		0.08			0.08			0.43				
Control Delay		38.1			40.4			7.9				
Queue Delay		0			0			0				
Total Delay		38.1			40.4			7.9				
LOS		D			D			A				
Approach Delay		38.1			40.4			7.9				
Approach LOS		D			D			A				
Queue Length 50th (m)		4.6			6			76.3				
Queue Length 95th (m)		14.4			18.3			94.3				
Internal Link Dist (m)		186			366			105.7			196.9	
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)		198			198			2493				
Starvation Cap Reductn		0			0			0				
Spillback Cap Reductn		0			0			0				
Storage Cap Reductn		0			0			0				
Reduced v/c Ratio		0.08			0.08			0.43				

Intersection Summary Intersection LOS: A
 Cycle Length: 115 ICU Level of Service A
 Actuated Cycle Length: 115
 Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NBT, Start of Green
 Control Type: Pretimed
 Maximum v/c Ratio: 0.43
 Intersection Signal Delay: 8.8
 Intersection Capacity Utilization 39.1%
 Analysis Period (min) 15

Lanes, Volumes, Timings
 16: INSURGENTES#1 & Río Mixcoac

Lane Group	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NEL	NET	NER	SWL	SWT	SWR
Lane Configurations	0	1	0	0	1	0	0	4	0	0	4	0
Volume (vph)	0	15	0	0	15	0	0	1377	0	0	2605	0
Satd. Flow (prot)	0	950	0	0	950	0	0	6408	0	0	6408	0
Flt Permitted												
Satd. Flow (perm)	0	950	0	0	950	0	0	6408	0	0	6408	0
Satd. Flow (RTOR)												
Lane Group Flow (vph)	0	16	0	0	16	0	0	1497	0	0	2832	0



Turn Type

Protected Phases	4		8		2		6					
Permitted Phases												
Total Split (s)	0	25	0	0	25	0	0	90	0	0	90	0
Total Lost Time (s)	4	5	4	4	5	4	4	5	4	4	5	4
Act Effct Green (s)	20				20				85			
Actuated g/C Ratio	0.17				0.17				0.74			
v/c Ratio	0.1				0.1				0.32			
Control Delay	87.3				41.8				5.3			
Queue Delay	0				0				0			
Total Delay	87.3				41.8				5.3			
LOS	F				D				A			
Approach Delay	87.3				41.8				5.3			
Approach LOS	F				D				A			
Queue Length 50th (m)	6				4.8				45.4			
Queue Length 95th (m)	18.3				15				52.4			
Internal Link Dist (m)	366				123.1				224.4			
Turn Bay Length (m)												
Base Capacity (vph)	165				165				4736			
Starvation Cap Reductn	0				0				0			
Spillback Cap Reductn	0				0				0			
Storage Cap Reductn	0				0				0			
Reduced v/c Ratio	0.1				0.1				0.32			

Intersection Summary

Intersection LOS: A

Cycle Length: 115

ICU Level of Service A

Actuated Cycle Length: 115

Offset: 0 (0%), Referenced to phase 2:NET and 6:SWT, Start of Green

Control Type: Pretimed

Maximum v/c Ratio: 0.60

Intersection Signal Delay: 7.3

Intersection Capacity Utilization 49.4%

Analysis Period (min) 15



Bibliografía

- Cal y Mayor, Rafael. (2007). *Ingeniería de Tránsito* (7ª ed.). México, D.F.: Alfaomega.
- Cal y Mayor, Rafael. (2010). *Sistema Pumas Congreso Nacional Para La Modernización del Transporte Urbano y la Movilidad en las Principales Ciudades del País*, Cal Y Mayor y Asociados, México.
- De Rus Ginés, (2010). *Economía del Transporte*, Editorial Antoni Bosch, Barcelona.
- EULE, (2004). *Gestión ambiental de tránsito: cómo la ingeniería de transporte puede contribuir a la mejoría del ambiente urbano*, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET), UNAM, México.
- Fafieanie Mike and Sambell Erick (2008). *Assessment of Dynamic Tidal Flow Lane on Provincial Roads in the Netherlands*, University of Twente, Holland.
- Garber Nicholas J. (2005). *Ingeniería de Tránsito y Carreteras* (3ª ed.). México, D.F.: Thomson.
- Glickman Theodore, (1973). *Decision policies for the control of reversible traffic links*, *Transportation Science*, EE.UU.
- Molinero Molinero, Ángel R. (2003). *Transporte público: planeación, diseño, operación y administración* (4ª ed.). México, D.F.: Quinta del Agua.
- Ortúzar, Juan de Dios. (2008). *Modelos de Transporte* (3ª ed.). Santander, España. Universidad de Cantabria.
- Radelat, Guido. (2003). *Principios de Ingeniería de Tránsito*. Washington D.C.,
- Sánchez, B. (2010). *Referencia personal*, Posgrado Ingeniería UNAM, México.
- Sussman, J. (2000). *Introduction to Transportation Systems*, Artech House Inc., Ma, EE.UU.
- Sussman, Joseph. (2000). *Introduction to Transportation Systems* [Introducción a los Sistemas de Transporte]. Boston, MA: Artech House.



-
- Trafficware, Synchro Studio 7 (2006). Traffic Signal Software- User Guide.



Sitios web consultados

- *Highway Capacity Manual*. (2010). Obtenido de: <http://hcm.trb.org/>
- Metrobús. (s.f.). *Metrobús L4*. Recuperado el 8 de noviembre de 2011, de Programa Integral de Transporte y Vialidad 2007 - 2012:
http://www.metrobus.df.gob.mx/docs/documentos_L4/Anexos/Anexo_Quince.pdf
- Portal de Transparencia DF. (s.f.). *Linea 4 de Metrobús*. Recuperado el 4 de septiembre de 2012, de:
<http://www.transparenciametrobus.df.gob.mx/linea4/presentacion.html>
- Metrobús. (s.f.). *Metrobús L4*. Recuperado el 8 de mayo de 2013, de Programa Integral de Transporte y Vialidad 2007 - 2012:
http://www.metrobus.df.gob.mx/docs/documentos_L4/Anexos/Anexo_Quince.pdf