

UACM

Universidad Autónoma
de la Ciudad de México

Nada humano me es ajeno

COLEGIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN SISTEMAS
DE TRASNPORTE URBANO

**Análisis de capacidad y nivel de servicio del
tramo carretera federal México-Puebla en la
zona de transferencia modal en cercanías del
CETRAM Santa Martha**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**LICENCIADO EN INGENIERÍA EN
SISTEMAS DE TRASNPORTE URBANO**

P R E S E N T A :

AARÓN SANTOS JAIMES CRUZ

D I R E C T O R A

M. EN ING. GLORIA ELENA LONDOÑO MEJÍA

Ciudad de México, octubre de 2018

SISTEMA BIBLIOTECARIO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO COORDINACIÓN ACADÉMICA

RESTRICCIONES DE USO PARA LAS TESIS DIGITALES

DERECHOS RESERVADOS ©

La presente obra y cada uno de sus elementos está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor; por la Ley de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, así como lo dispuesto por el Estatuto General Orgánico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México; del mismo modo por lo establecido en el Acuerdo por el cual se aprueba la Norma mediante la que se Modifican, Adicionan y Derogan Diversas Disposiciones del Estatuto Orgánico de la Universidad de la Ciudad de México, aprobado por el Consejo de Gobierno el 29 de enero de 2002, con el objeto de definir las atribuciones de las diferentes unidades que forman la estructura de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México como organismo público autónomo y lo establecido en el Reglamento de Titulación de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México.

Por lo que el uso de su contenido, así como cada una de las partes que lo integran y que están bajo la tutela de la Ley Federal de Derecho de Autor, obliga a quien haga uso de la presente obra a considerar que solo lo realizará si es para fines educativos, académicos, de investigación o informativos y se compromete a citar esta fuente, así como a su autor ó autores. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial y cualquier uso diferente a los ya mencionados, los cuales serán reclamados por el titular de los derechos y sancionados conforme a la legislación aplicable.

Dedicatoria

A Dios, por mi familia, mis alegrías, mis penas. Por todo lo que me hace más fuerte hoy. Gracias padre.

A mis padres Agustina Cruz Miguel y Miguel Jaimes Martínez, que en todo momento, me han brindado incondicionalmente su amor, confianza, compañerismo, apoyo, educación y enseñanzas. Ustedes son parte del motor principal de mi vida, y les estoy profundamente agradecido. Los amo.

También, a mis hermanos, sobrinos y a mi cuñada, por traer alegría, motivación, entusiasmo, consejos y mucho calor familiar a mi vida.

Finalmente, a mi novia Julieta Zarahí Aguirre López y a su familia, por creer en mí, y porque a pesar de los momentos difíciles, me han brindado su confianza, comprensión, cariño y amor. Gracias por ser parte de mi vida.

Aarón Santos Jaimes Cruz

Agradecimientos

Agradesco primeramente a mi directora de tesis, la profesora Gloria Elena Londoño Mejía, por ser una guía en mi vida personal y académica, hasta el final.

También, quiero agradecer a los profesores Jose Alfredo del Oso Acevedo, Raúl Soto Peredo, Juan Gilberto Salas Marquez y Rubén Tellez Sánchez, por sus aportes durante el desarrollo de este proyecto, y por sus enseñanzas a lo largo de mi carrera profesional.

Así mismo, agradezco al profesor José Alberto Valdez Palacios por sus sabidurías académicas y personales, por enseñarme que la vida es un camino lleno de obstáculos a los que hay que hacerles frente.

Igualmente, le agradezco a los profesores, Viviana Marcelo Lozada y José Darío Mejía del Ángel, por la confianza, cariño y lealtad. Así como a los amigos que me acompañaron durante mi travesía académica.

Finalmente, agradezco a mi casa de estudios la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM), por abrirme sus puertas y fortalecer los cimientos de mi desarrollo profesional. Así como su apoyo económico durante mi estancia y al final de este proyecto, principalmente por el apoyo otorgado para la impresión y empastado de la presente tesis. Muchas gracias. Orgullosamente UACM.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	I
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
PRESENTACIÓN	1
Introducción.....	1
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos	3
Justificación	3
Hipótesis	5
Antecedentes.....	5
Aspectos Generales.....	9
Iztapalapa.....	9
La Paz	12
CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	15
1.1 Sistema Vial.....	15
1.2 Sistema de Transporte	19
1.3 Uso de Suelo.....	24
1.4 Operación del Sistema	27
1.5 Distribuidor Vial La Concordia.....	44
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA DEL HCM-2010, PARA EL ANÁLISIS DE ARTERIAS URBANAS	50
2.1 Concepto y Componentes de una Infraestructura Vial Urbana	50
2.2 Modos de Viaje.....	51
2.3 Periodo de Estudio y Periodo de Análisis	54
2.4 Datos de entrada por Modo de Viaje “Modos de Viaje no Automóviles”	55

2.5 Metodología del HCM-2010, para el análisis y determinación de NS de Infraestructuras de arterias urbanas desde la perspectiva del viajero en transporte público	57
CAPÍTULO III. DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD Y NS DEL TRAMO EN ESTUDIO DESDE LA PERSPECTIVA DEL VIAJERO EN TRANSPORTE PÚBLICO	62
3.1 Componentes y definición de Infraestructura Vial.....	63
3.2 Datos de entrada y análisis de la información	64
3.3 Descripción general del software HCS-2010	67
3.4 Ingreso de datos al software HCS-2010	69
3.5 Resultados de capacidad, demoras y NS de las intersecciones	76
3.6 Medida de NS de los segmentos viales y aceras	81
3.7 NS de la infraestructura vial urbana conformada por el tramo de la Carretera Federal México-Puebla.....	82
3.7.1 Viajero peatonal.....	82
3.7.2 Viajero en transporte público	83
3.8 Resumen de escenarios de operatividad actuales	86
CAPÍTULO IV. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN	90
4.1 Propuesta 1: Reubicación de rutas de transporte público y de comercio ambulante en predio particular, así como implementación de carril Sólo Bús, en el tramo de la Carretera Federal México-Puebla.....	90
4.2 Propuesta 2: Reubicación de rutas de transporte público y de puestos ambulantes en CETRAM Santa Martha, e implementación de carril de uso mixto sobre el tramo de la Carretera Federal México-Puebla.....	100
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
Fuentes de consulta Bibliográfica	115
Apéndice	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Periodo de estudio.....	20
Tabla 2: Periodo de análisis.....	20
Tabla 3: Rutas de transporte público por Bahía en el CETRAM.....	33
Tabla 4: Rutas de transporte público localizadas en la zona.....	39
Tabla 5: Rutas de transporte público que pasan por el distribuidor vial "La Concordia"....	48
Tabla 6: Requerimientos de datos de entrada para los Modos de Viaje no Automóviles; HCM 2010, pág. 16-12.....	56
Tabla 7: Tabla de intervalos de demora para la determinación de Nivel de Servicio (NS).....	61
Tabla 8: Requerimientos de entrada del modo de viaje en transporte público.....	66
Tabla 9: Resultados de capacidad y NS de las intersecciones que integran la infraestructura en estudio; Elaboración con HCS-2010.....	77
Tabla 10: Resultados de capacidad y NS de la intersección 4, que integra la infraestructura en estudio; Elaboración con HCS-2000.....	79
Tabla 11: Tiempos y velocidad de viaje por segmento de los viajeros en automóvil.....	81
Tabla 12: Tiempo de viaje invertido por los viajeros en transporte público.....	84
Tabla 13: Resultados de capacidad y NS de las intersecciones por el software HCS-2010 y HCS-2000: Elaboración con HCS-2010.....	86
Tabla 14: Tiempo de viaje invertido por los viajeros en transporte público.....	87
Tabla 15: Resultados de capacidad y NS de las intersecciones por el software HCS-2010 y HCS-2000: Elaboración con HCS-2010 y HCS-2000.....	87
Tabla 16: Tiempo de viaje invertido por los viajeros en transporte público.....	88

Tabla 17: Resultados de capacidad y NS de las intersecciones por el software HCS-2010 y HCS-2000: Elaboración con HCS-2010 y HCS-2000.....	88
Tabla 18: Tiempo de viaje invertido por los viajeros en transporte público.....	89
Tabla 19: Resultados de capacidad y NS de las intersecciones por el software HCS-2010 y HCS-2000: Elaboración con HCS-2010 y HCS-2000.....	97
Tabla 20: Resultados de capacidad y NS de las intersecciones en condiciones operativas vs propuestas de mejora: Elaboración con HCS-2010 y HCS-2000.....	98
Tabla 21: Resultados de velocidad y tiempo de viaje: Elaboración con software HCS 2010.....	99
Tabla 22: Resultados de capacidad y NS de las intersecciones por el software HCS-2010 y HCS-2000: Elaboración con HCS-2010 y HCS-2000.....	105
Tabla 23: Resultados de capacidad y NS de las intersecciones en condiciones operativas vs propuestas de mejora: Elaboración con HCS-2010 y HCS-2000.....	106
Tabla 24: Resultados de velocidad y tiempo de viaje: Elaboración con software HCS 2010.....	107
Tabla 25: Resultados de capacidad, demoras y NS del tramo de la carretera en estudio: Elaboración con software HCS 2000 y HCS-2010.....	109
Tabla 26: Resultados de velocidad, tiempo de viaje y NS del tramo vial en estudio: Elaboración con software HCS 2000 y HCS-2010.....	110

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Descripción del tramo en estudio.....	18
Ilustración 2: Tipos de vehículos que circulan en la zona	19
Ilustración 3: Volúmenes vehiculares por movimiento.....	21
Ilustración 4: Intersecciones de estudio.....	22
Ilustración 5: Plano de CETRAM Santa Martha.....	32
Ilustración 6: Localización de las Rutas de Transporte Público.....	36
Ilustración 7: Puntos de entrecruzamiento de bases de transporte público.....	38
Ilustración 8: Localización de comercio ambulante dentro de la zona de estudio; Elaboración con ayuda de INEGI.....	43
Ilustración 9: Descripción de los componentes de la infraestructura vial urbana.....	51
Ilustración 10: Marco Integrado de Evaluación Multimodal; HCM 2010, pág.16-4.....	53
Ilustración 11: Diferenciación entre Periodo de Estudio y Periodo de Análisis.....	54
Ilustración 12: Pasos para determinar el NS de una infraestructura vial urbana.....	58
Ilustración 13: Definición de la Infraestructura vial urbana.....	64
Ilustración 14: Descripción general de los campos que conforman el HCS 2010.....	68
Ilustración 15: Segmento 1 e intersecciones 1 y 2 de la infraestructura del tramo de la Carretera Federal México-Puebla.....	69
Ilustración 16: Primer apartado para ingreso de datos; Elaboración con software HCS 2010.....	71
Ilustración 17: Volúmenes vehiculares por movimiento.....	72
Ilustración 18: Segundo apartado para ingreso de datos; Elaboración con software HCS 2010.....	73

Ilustración 19: Tercer apartado para ingreso de datos; Elaboración con software HCS 2010.....	75
Ilustración 20: Comparativo de adaptación de condiciones reales a software HCS en sus diferentes versiones.....	78
Ilustración 21: Punto de bifurcación y congestión, por paradas de ascenso y descenso de parejeros.....	80
Ilustración 22: Resultados por segmento y acera de NS desde la perspectiva del viajero peatonal y en transporte público: Elaboración con HCS-2010.....	81
Ilustración 23: Resultados de velocidad y medida de NS de los viajeros peatonales y en transporte público; Elaboración con HCS-2010.....	82
Ilustración 24: Comercio ambulante sobre la acera peatonal.....	83
Ilustración 25: Resultados arrojados por el software HCS-2010, desde la perspectiva del automovilista: Elaboración con HCS-2010.....	85
Ilustración 26: Resultados de NS desde la perspectiva peatonal y en transporte público: Elaboración con HCS-2010.....	87
Ilustración 27: Resultados de NS desde la perspectiva peatonal y en transporte público: Elaboración con HCS-2010.....	88
Ilustración 28: Resultados de NS desde la perspectiva peatonal y en transporte público: Elaboración con HCS-2010.....	89
Ilustración 29: Numeración de movimientos de una intersección.....	94
Ilustración 30: Operación del tramo en estudio con carril exclusivo.....	96
Ilustración 31: NS de la infraestructura vial urbana desde la perspectiva peatonal y de los viajeros en transporte público: Elaboración con software HCS 2010.....	98
Ilustración 32: propuesta de Bahía en carril derecho sobre tramo en estudio.....	101
Ilustración 33: Operación del tramo en estudio con carril mixto.....	104

Ilustración 34: NS de la infraestructura vial urbana desde la perspectiva peatonal y de los viajeros en transporte público: Elaboración con software HCS 2010.....	106
--	-----

Mapas

Mapa 1: Localización de la Delegación Iztapalapa y sus colindancias.....	11
Mapa 2: Localización del Municipio de La Paz y sus colindancias.....	14
Mapa 3: Colonias y delimitación del tramo en estudio.....	16
Mapa 4: Vialidades que confluyen con el área de transferencia modal.....	17
Mapa 5: Usos de suelo predominantes a los alrededores del tramo de estudio.....	25
Mapa 6: Áreas comerciales con entrada y salida de vehículos de carga.....	26
Mapa 7: Equipamientos por colonia, alrededor del tramo de estudio.....	28
Mapa 8: CETRAM´s de la CDMX.....	30
Mapa 9: Derroteros que salen del CETRAM.....	34
Mapa 10: Ubicación de Rutas de transporte público en el área de estudio.....	40
Mapa 11: Derroteros externos al CETRAM.....	41
Mapa 12: Total de rutas de transporte público que circulan sobre el área de transferencia modal.....	42
Mapa 13: Vialidades que conectan con el distribuidor vial la Concordia.....	45
Mapa 14: Distribuidor vial La Concordia.....	46
Mapa 15: Derroteros de las bases de rutas de transporte público que pasan por el distribuidor vial.....	47

Gráficos

Gráfico 1: Volúmenes vehicular por cuarto de hora.....	31
Gráfico 2: Composición vehicular del tramo en estudio.....	32

Gráfico 3: Composición vehicular de la intersección 1.....	33
Gráfico 4: Composición vehicular de la intersección 2.....	34
Gráfico 5: Composición vehicular de la intersección 3.....	34
Gráfico 6: Composición vehicular de la intersección 4.....	35

Ecuación

Ecuación 1: Velocidad de Viaje del Modo de Transporte Público de la Infraestructura; HCM 2010, pág. 532.....	70
--	----

Ecuación 2: Puntuación del Nivel de Servicio del Transporte Público para la Infraestructura; HCM 2010, pág. 532.....	71
--	----

Diagrama, esquema y plano

Esquema 1: Red vial de la CDMX.....	21
Plano 1.....	103
Diagrama 1: Propuesta de intersecciones que componen la infraestructura en estudio.....	106

PRESENTACIÓN

Introducción

Uno de los problemas del transporte público en las localidades marginadas de la Ciudad de México (CDMX) es su deficiente planeación e insuficiencia en las zonas de mayor concentración demográfica, afectando los aspectos cualitativos de los viajeros, como la accesibilidad, seguridad, comodidad, etc. Esto impulsa el incremento del transporte privado, dado que en dichas zonas, al no existir una conexión directa con los sistemas de transporte público masivos o al ser estos insuficientes, obligan al usuario al intercambio variado modos de transporte.

Por otro lado, factores como el crecimiento demográfico y la migración, generan el aumento de la demanda por transporte, debido a que éste al ser un servicio necesario para resolver los desplazamientos cotidianos de las personas, principalmente aquellos de uso particular, produce problemas como la congestión, causando ineficiencia en la operatividad del mismo y por ende contaminación, aspecto que deteriora el entorno urbano, social y ecológico.

El presente trabajo se enfoca en la zona frontera oriental entre la CDMX y el Estado de México, en las cercanías del Centro de Transferencia Modal (CETRAM) Santa Martha, ya que presenta problemas complejos para las administraciones de ambas entidades. Específicamente se estudian los problemas de integración modal de 62 rutas de transporte colectivo que conforman una amplia zona de transferencia de pasajeros. El análisis se realiza en el tramo ubicado en la carretera México-Puebla, municipio de La Paz en el Edo. de México y la Delegación Iztapalapa en la Ciudad de México. En este tramo, se presencian un conjunto de problemáticas generadas principalmente por la congestión, hecho que implica el incremento de los tiempos de viaje y de transferencia, afectando directamente a los usuarios cautivos que transitan a diario a través de los diferentes modos de transporte.

El desarrollo del trabajo se estructura de la siguiente manera:

Se inicia con la presentación de los objetivos generales y específicos, así como la justificación, hipótesis y antecedentes, finalizando con la descripción general de las entidades territoriales involucradas en la zona de estudio.

Así mismo, en el **capítulo I**, mediante la metodología del enfoque de sistemas, se exponen los factores que aportan a las diferentes problemáticas en el área de estudio y se describen los elementos internos y externos que interactúan con él, así como las relaciones que justifican el funcionamiento actual del mismo.

En el **capítulo II**, se exponen y describen los requerimientos básicos de la metodología del Manual de Capacidad de Carreteras 2010 (HCM 2010) para el análisis y determinación de Nivel de Servicio (NS) de arterias urbanas desde la perspectiva del viajero en transporte público.

En el **capítulo III**, a través de los datos recabados en campo y con la ayuda del software HCS 2010 y HCS-2000, se determina la capacidad y NS del segmento vial urbano conformado por la Carretera Federal México–Puebla en cercanías al CETRAM Santa Martha, desde la perspectiva del viajero en transporte público.

En el **capítulo IV**, a partir del diagnóstico de operatividad realizado en el capítulo posterior, se describen 2 propuestas de mejora y los resultados producto de la simulación elaborada en el software HCS 2010 y HCS-2000, de cada una de ellas.

Finalmente en el **capítulo V**, se presenta la elección de la propuesta ideal a implementar, así como las conclusiones y recomendaciones.

Objetivo General

Determinar la capacidad y nivel de servicio del segmento vial urbano conformado por el tramo de la Carretera Federal México – Puebla dirección este – oeste, desde la perspectiva del viajero en transporte público, mediante la metodología del TBR del Manual de Capacidad de Carreteras (Headway Capacity Manual - 2010) HCM – 2010, para mejorar las condiciones de circulación del tramo en estudio mediante propuestas de solución.

Objetivos Específicos

- Realizar un inventario de las diferentes rutas de transporte público que actualmente operan en el CETRAM Santa Martha y sus alrededores.
- Cuantificar e ilustrar los diferentes recorridos por ruta de transporte público, que confluyen en la zona, como estación terminal o de paso.
- Identificar los factores que generan el congestionamiento vial y el aumento de los tiempos de viaje y de transferencia.
- Adaptar la metodología de infraestructura vial urbana semaforizada del HCM (2010 y 2000), a las condiciones de circulación del tramo vial Carretera Federal México-Puebla aledaña al CETRAM Santa Martha.
- Elaboración de propuestas de mejora en el NS y capacidad del tramo de la Carretera Federal México-Puebla en sentido este-oeste.

Justificación

El problema de la deficiencia en la movilidad de los viajeros y transeúntes que circulan a través del área de transferencia modal integrada por el tramo de la Carretera Federal México-Puebla y el CETRAM Santa Martha, ha sido desde hace años, la falta de coordinación de acuerdos conjuntos entre las autoridades del Edo. de México y la CDMX, ya que los distintos reglamentos que conforma cada entidad en el ámbito de la movilidad, no están diseñados de manera homologa para atender las necesidades del trato preferencial del transporte.

Ambas entidades, coinciden en contribuir en el mejoramiento de las diferentes infraestructuras peatonales, viales y multimodales, a fin de incentivar el uso de transporte público y mejorar las condiciones de circulación.

Por ejemplo, la ley de movilidad del Edo. de México, establece atender las necesidades de los viajeros discapacitados, transeúntes y cautivos del transporte público, de forma accesible, segura, ordenada y adaptable, de manera que éstos opten desplazarse por medios de transporte público eficientes, económicos y que generen un menor impacto contaminante y mayor interacción social. Así mismo, propone mediante la realización de estudios de

tránsito, mejorar la calidad de las infraestructuras viales y peatonales, así como de los dispositivos de control vehicular-peatonal, espaciales y temporales¹.

Por otro lado, la ley de movilidad de la CDMX, establece diseñar, implementar y observar las políticas y acciones públicas en materia de movilidad, a fin de garantizar ofrecer a los diferentes grupos de usuarios opciones de servicios y modos de transporte integrados, que proporcionen disponibilidad, agilidad, seguridad, calidad y accesibilidad para reducir la dependencia del uso del automóvil particular. Esto mediante el fomento, ordenación y regulación de los servicios públicos de transporte de pasajeros, a fin de mejorar la movilidad de los viajeros².

Igualmente, el plan integral de movilidad de la CDMX establece como estrategia para garantizar la intermodalidad, seguridad y accesibilidad de peatones, personas con discapacidad y ciclistas, ampliar y rediseñar los CETRAM y su entorno³.

Sin embargo, ninguna de las leyes de movilidad anteriormente expuestas, menciona el trabajo bilateral entre entidades colindantes, lo que genera la exclusión de aquellos problemas que nacen en las periferias de cada entidad, provocando a los viajeros no solo padecer los efectos producidos por el ruido y la polución, también, los obliga a invertir mayores tiempos de viaje y/o esfuerzos adicionales para realizar sus subsiguientes transferencias, situación que afecta la calidad de circulación, el deterioro vial y ecológico.

De igual manera, problemas como la deficiente planeación y diseño de infraestructuras exclusivas para el transporte público, han contribuido en el aumento del desorden y la congestión vial.

Por ejemplo, Días Rosales (2013) aborda el problema de la saturación en el CETRAM Santa Martha y las afectaciones a usuarios del transporte público y privado.

Sin embargo, antes Ramírez R. (2003) ya mencionaba la existencia de las problemáticas que causan la congestión en dicha vía. Se explica más adelante.

¹ Ley de Movilidad del Estado de México (4/08/2017). Gobierno del Estado de México. Disponible en:

² Ley de Movilidad de la Ciudad de México (4/08/2017). Gaceta Oficial del Distrito Federal. Disponible en: <http://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/uploads/public/5a6/78d/fd9/5a678dfd96d28237463389.pdf>

³ Plan Integral de Movilidad (4/08/2017). Gaceta Oficial de la Ciudad de México. Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Distrito%20Federal/wo99436.pdf>

Por lo expuesto con anterioridad, es evidente que el estudio de ésta problemática hasta ahora ha sido ignorado por las autoridades competentes, y es que, aun que la problemática ha sido abordada desde otros enfoques, hasta ahora, no se han realizado estudios técnicos de tráfico que muestren las condiciones de circulación operativa de las infraestructuras viales y de los modos de viaje motorizados y no motorizados.

Por ello, es necesario evaluar las condiciones operativas actuales del área de transferencia modal que integra a la estación Santa Martha y el tramo de la Carretera Federal México-Puebla, a través de la determinación de capacidad y NS desde la perspectiva del viajero en transporte público, para con ello, proponer soluciones que mejoren su calidad de circulación.

Hipótesis

El desempeño operativo del tramo de la Carretera Federal México – Puebla es deficiente, debido a la utilización inapropiada de la infraestructura vial pública, lo que implica un sobrecosto para los viajeros que arriban y salen por la Carretera Federal México – Puebla.

Antecedentes

Una de las problemáticas del Modelo de Sustitución de Importaciones (1929-1975), fue el crecimiento de la CDMX hacia su periferia, ya que marginó al sector mayoritariamente agrario y aumentó la migración hacia las zonas urbanas, factor que generó un hacinamiento en la zona céntrica de la CDMX, provocando el aumento en la demanda de la vivienda. Dicho problema, ocasionó que cada vez aumentaran los costos de la vivienda popular, sobre todo para aquellas personas con ingresos medios y bajos, lo que generó la migración de gran parte de la población de la CDMX al Edo. de México, ya que las facilidades de adquisición de vivienda propia eran mejores en costo; tanto de arrendamiento como de compra, así como del auge industrial en las localidades conurbadas.

Pero no solamente esta etapa fue un declive en el proceso de la conurbación en la zona metropolitana, actualmente cuestiones como la inseguridad y la pobreza, han formado parte de este proceso, ya que muchas personas, huyen de la realidad que viven en sus localidades

y migran hacia las zonas periféricas de la metrópoli, propiciando el aumento demográfico y la ocupación urbana en áreas naturales⁴.

Lo anterior, no solamente tiene complicaciones en la ocupación o adquisición de viviendas, también, la movilidad se convirtió en un problema importante a considerar, dado que en las franjas territoriales (como la limítrofe entre la CDMX y el Estado de México) no existe la conexión directa con los sistemas de transporte masivo, por lo que proliferó el aumento de unidades de transporte público de baja capacidad induciendo el incremento del parque vehicular privado en las zonas periféricas, y propiciando la aglomeración de todos los modos de viaje en aquellos nodos focales que fungen como puntos de paso hacia otras localidades territoriales.

Esta problemática, es el resultado de una planeación urbana deficiente en la zona metropolitana, especialmente en las zonas conurbadas. Y es que desde hace años, la estructura urbana de la Metrópolis, ha ido creciendo conforme a sus orígenes desde la Época de la antigua Tenochtitlan en lo que ahora conocemos como el Centro Histórico de la CDMX, dado que hasta nuestros días, la mayor parte de los equipamientos, y centros comerciales, así como culturales, se encuentran ubicados en la zona céntrica de la ciudad.

Esto, ocasiona el desplazamiento de la población situada en las zonas periféricas hacia la zona céntrica, problema que implica el aumento de los viajes a mayores distancias y el aumento de saturación de aquellas vías que permiten la interconexión entre los diferentes entes territoriales.

Por ejemplo, un caso particular de lo anterior, es el tramo de la Carretera Federal México-Puebla, mismo que se ubica entre los límites de CDMX y el Edo. de México. El tramo forma parte de un área de transferencia modal, debido a su cercanía con el CETRAM Santa Martha, y es un troncal arterial que conecta con la red vial de la CDMX y el Edo de México.

⁴ Olamendi L. M. (4/08/2017). Modelo de Sustitución de Importaciones en México. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/modelo-de-sustitucion-de-importaciones-en-mexico/>

En el tramo, desde hace años han existido problemáticas vinculadas con la congestión y la prolongación de los tiempos de viaje, hecho que ha afectado principalmente la movilidad de los dependientes del transporte público, peatones y viajeros en automóvil.

Es por ello que dicha zona, ha sido objeto de investigaciones, principalmente de urbanistas, los cuales, buscan mitigar la problemática de la movilidad mediante estructuras inmobiliarias que resguarden, ordenen y distribuyan las diferentes unidades de transporte público situadas en la zona y sus alrededores.

Por ejemplo, Ramírez Trejo elabora en el año 2003 un documento de tesis en el que menciona las diversas problemáticas que se presencian en la zona de estudio, entre ellas la nula coordinación y ordenamiento entre las distintas rutas de transporte público, así como las diferencias político-administrativas de las autoridades del Edo. de México y la CDMX.

El autor, propone la construcción de un puente vehicular que conecte el tramo de la Carretera Federal México-Puebla con la Calz. Ermita Iztapalapa en ambos sentidos, así mismo, plantea la construcción de dos paraderos para transporte público y un corredor subterráneo comercial.⁵

Por otro lado, autores como Camacho Castillo, plantea en su trabajo recepcional “Franjas Territoriales de Integración Metropolitana, el caso de Santa Martha Acatitla-Los Reyes La Paz y su problemática de los espacios de cultura”, un análisis enfocado a el aislamiento de las zonas limítrofes existentes entre la delegación Iztapalapa y el Edo. de México.

Menciona que en ambas partes territoriales existe una carencia en cuanto a los atractores públicos como lo son: espacios deportivos, bibliotecas, zonas culturales, etc., mismos que pueden participar en la disminución de viajes generados hacia la zona céntrica de la CDMX y que por consecuencia, frecuentan el paso en la zona limítrofe.

El autor, propone la construcción de un Centro Cultural y Deportivo que elimine el aislamiento que se presenta en las zonas de mayor población pero que están olvidadas,

⁵Ramírez Trejo Rafael Guillermo, (2003). “Centro de Transporte Multimodal Santa Martha Acatitla Iztapalapa”. Trabajo de Grado, Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

como la colonia Lomas de Zaragoza en la delegación Iztapalapa y el municipio de la Paz en el Edo. de México.

Finalmente, en el documento de tesis que lleva por nombre “Diagnóstico y Mejoramiento de la Movilidad en la Calzada Ermita Iztapalapa”, elaborado por Díaz Rosales, se ilustra un análisis de movilidad en el tramo del metro UAM a metro Santa Martha. En el proyecto, la autora establece como puntos de importancia por la afluencia de usuarios de transporte público a los CETRAMs Constitución de 1917 y Santa Martha.

En particular, la autora menciona que en el CETRAM Santa Martha, no solamente llegan unidades de la CDMX sino también del Edo. de México, adicionalmente, menciona que en dicho CETRAM, predomina el desorden de los servicios de transporte público, inseguridad, contaminación, así como el comercio ambulante.

Para la autora, el problema de desorden de rutas de transporte público fuera del CETRAM Santa Martha radica en que los CETRAMS actualmente se encuentran saturados, ya que en su diseño no se previó el incremento de la demanda de transporte público, por lo que se presenta insuficiencia de espacios para usuarios y prestadores del servicio.⁶

Así mismo dice que la zona conurbada creció tanto, que se tuvo la necesidad de crear nuevas rutas que ya no cabían en los andenes y que por tal motivo se establecieron las diferentes rutas en las calles aledañas”.⁷

⁶ Díaz Rosales Claudia Elizabeth, (2013). Diagnóstico y Mejoramiento de la Movilidad en la Calzada Ermita Iztapalapa. Trabajo de Grado, Ingeniería en Sistemas de Transporte Urbano, Universidad Autónoma de la Ciudad de México, Ciudad de México, Pág. 27.

⁷ Díaz Rosales Claudia Elizabeth, (2013). Diagnóstico y Mejoramiento de la Movilidad en la Calzada Ermita Iztapalapa. Trabajo de Grado, Ingeniería en Sistemas de Transporte Urbano, Universidad Autónoma de la Ciudad de México, Ciudad de México, Pág. 45.

Aspectos Generales

Iztapalapa

Es la Delegación con mayor cantidad de habitantes de las 16 delegaciones que componen a la CDMX. Iztapalapa se ubica al Nororiente de la CDMX y el Municipio de Nezahualcóyotl en el Edo. de México. Al este se ubica el Municipio de La Paz y Chalco Solidaridad en el Edo. de México. Al sur se encuentran las Delegaciones Xochimilco y Tláhuac. Al poniente limita con la Delegación Coyoacán y al norponiente con la Delegación Benito Juárez⁸ (Ver mapa 1). Tiene una extensión territorial de 117 km², misma que alberga a 1'827,868 habitantes, en sus 495,665 viviendas,⁹ las cuales a su vez, están asentadas en un total de 199 colonias.¹⁰ Iztapalapa, tiene una densidad poblacional de 15,622 Hab/km², misma que supera en un 62% al de la Ciudad de México, la cual, es de tan solo 5,966 Hab/km².

“Iztapalapa ha sido la principal reserva territorial para el crecimiento urbano de la CDMX, ya que ha cumplido una importante función en la redistribución de la población, alojando una proporción significativa de la construcción de nueva vivienda”¹¹

Así mismo, la problemática de las inundaciones que afectan a la delegación, tienen sus raíces, ya que Iztapalapa antiguamente fue parte del Lago de Texcoco, por lo que las problemáticas de drenaje e inundaciones son comunes en la delegación.

Iztapalapa, se compone principalmente de un 89% de áreas urbanas, un 8% de áreas verdes (pastizal y bosque) y solamente de un 3% de agricultura. Las zonas con porcentaje de vegetación, son aquellas que se ubican en la Sierra de Santa Catarina y parte del Cerro de la Estrella. Así mismo, el uso de suelo es predominantemente habitacional, ya que en toda la delegación “el 61% es habitacional, el 15 % mixto, 9% en equipamientos, espacios urbanos

⁸ Trejo Velásquez M. A. (4/08/2017). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México: Ciudad de México. Disponible en: <http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM09DF/delegaciones/09007a.html>

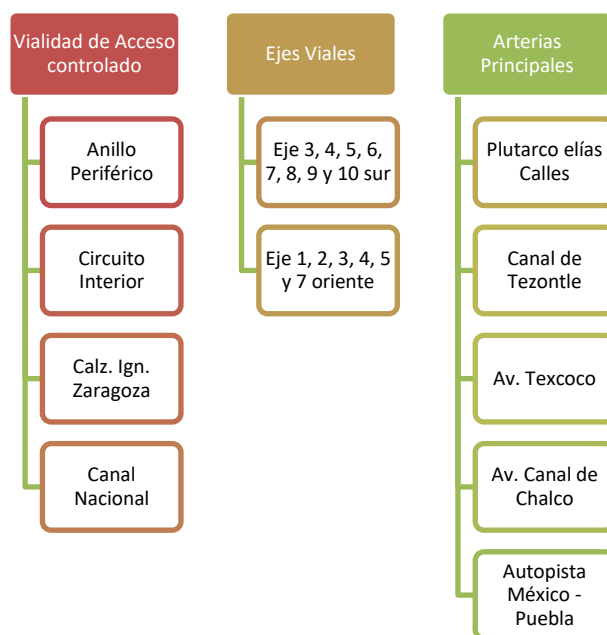
⁹ INEGI. (4/08/2017). Encuesta Intercensal 2015: Ciudad de México. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/>

¹⁰ Colonias df. (4/08/2017). Colonias de Iztapalapa. Ciudad de México. Disponible en: <http://eldefe.com/mapa-colonias-delegacion-iztapalapa/>

¹¹ J.U.D. (4/08/2017). Demografía. Ciudad de México. Disponible en: <http://www.iztapalapa.cdmx.gob.mx/delegacion/demografia/index.html>

y deportivos 6%, centros urbanos y subcentros urbanos el 2% y el 7% restante es área de conservación”.¹²

Finalmente, la delegación cuenta con una extensa red vial, misma que se clasifica en el esquema 1.¹³ Para el caso del transporte público, en el capítulo 2 se detalla el sistema de transporte que opera en el área de estudio.

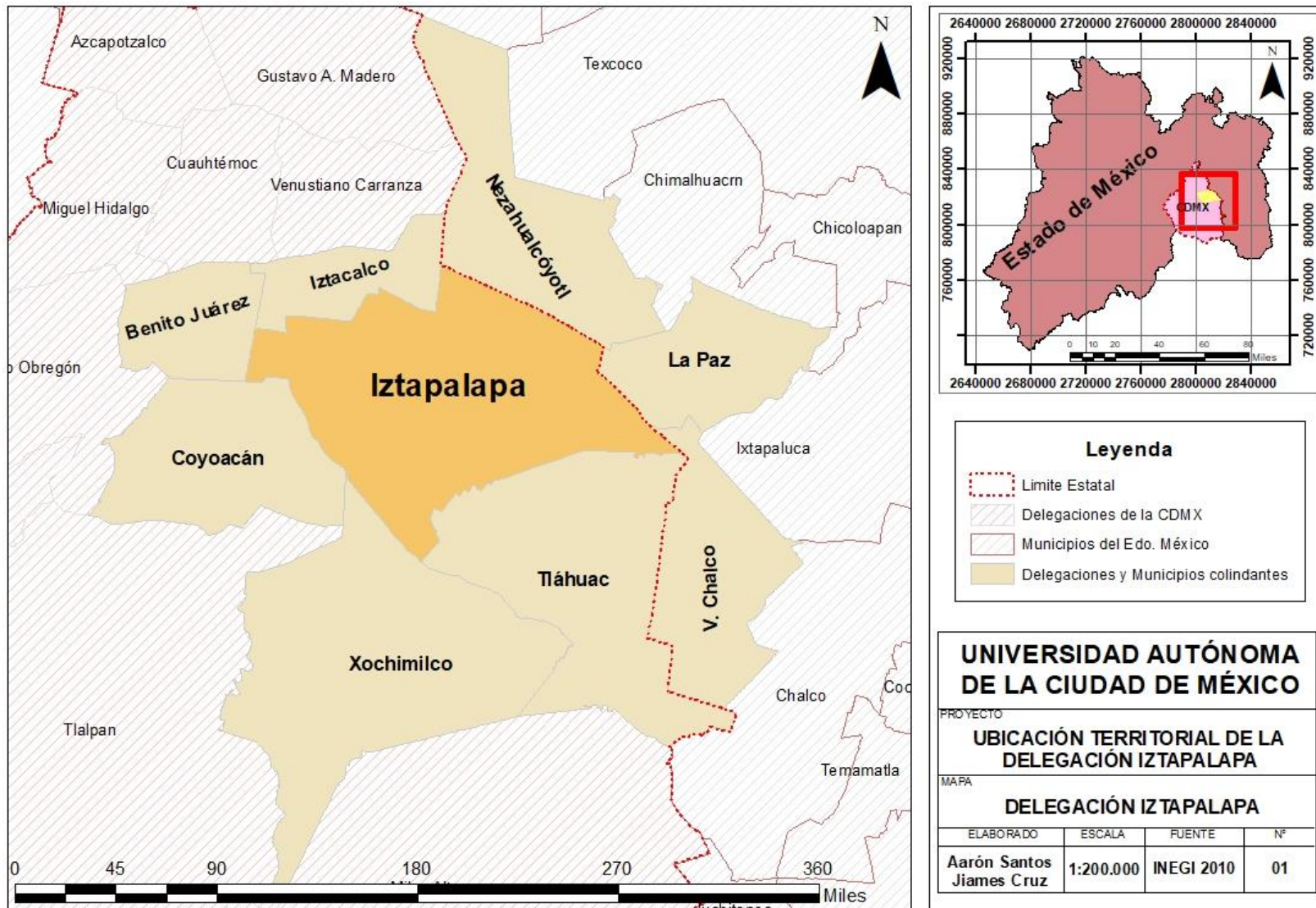


Esquema 1: Red vial de la CDMX; Elaboración propia

Las vialidades de acceso controlado, son aquellas vías primarias que cuentan con carriles centrales y laterales, siendo estos últimos los que facilitan la incorporación y desincorporación acelerada y desacelerada en puntos específicos a otras vialidades. Mientras que los ejes viales, son vialidades con circulación interrumpida por semáforos que conectan a toda la ciudad. Cuentan con carriles exclusivos directos y en contra flujo para el transporte público. Finalmente las arterias principales son vías que por sus características y su capacidad para mover grandes volúmenes de tránsito enlazan y articulan gran cantidad de viajes.

¹²Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de Iztapalapa. (9/08/2017). Ciudad de México. Disponible en: [http://www.sideso.cdmx.gob.mx/documentos/progdelegacionales/iztapala\[1\].pdf](http://www.sideso.cdmx.gob.mx/documentos/progdelegacionales/iztapala[1].pdf)

¹³Secretaría de Transporte y Vialidad. SETRAVI, (9/08/2017). Ciudad de México. Disponible en: <http://www.semovi.cdmx.gob.mx/>



Mapa 1: Localización de la Delegación Iztapalapa y sus colindancias; Elaboración Propia

La Paz

Conformado por 76 colonias,¹⁴ en las que se asientan 74, 863 viviendas, con una extensión territorial de 37 km², en la que habitan 293,725 habitantes¹⁵. El Municipio de La Paz, forma parte de los 125 Municipios que integran al Estado de México. “Colinda al Norte con los Municipios de Nezahualcóyotl, Chimalhuacán y Chicoloapan; al Sur con la Ciudad de México y los Municipios de Valle de Chalco Solidaridad e Ixtapaluca; al Oriente con el Municipio de Ixtapaluca y al Poniente con el Municipio de Nezahualcóyotl y CDDMX¹⁶ (ver Mapa 2). Tiene una densidad poblacional de 7, 939 Hab/km², la cual, es un 25% mayor que la de la CDMX.

El Municipio, no cuenta con cuerpos de agua, su flora y fauna es muy escasa, debido al creciente proceso de urbanización; y es que el 45% del uso de suelo del Municipio es habitacional y comercial, el 12% es de uso industrial, el 8% de baldíos urbanos, 25% es forestal y pastizal, 3% de equipamientos y 3% agropecuario.

En la década de los 60-70's, la descentralización de la CDMX hacia el Edo. de México y la prohibición de los Fraccionamientos en la CDMX, provoca el aumento de la mancha urbana en los municipios del Edo. de México, lo que implicó grandes inversiones, como las construcciones de las carreteras y autopistas (Carretera México - Puebla, México - Pirámides, México – Texcoco). De igual manera, la accesibilidad y cercanía a la CDMX, fue uno de los elementos que indujeron de manera acelerada la expansión urbana en el Municipio de La Paz, en donde se aprecia que la ocupación del suelo fue mayoritariamente ejidal, por lo que aceleró el proceso de la urbanización. Así mismo, la ocupación de áreas con altas pendientes, como en el caso del volcán La Caldera, el Pino y Chimalhuache (las Palomas), fueron un actor que propició problemas de regulación en cuanto a la tenencia de la tierra, ya que dichos asentamientos se dan a partir de invasiones organizadas (hormiga).¹⁷

¹⁴ Heraldo. (9/08/2017). Colonias del Municipio de La Paz. Estado de México. Disponible en: <http://www.heraldo.com.mx/estado-de-mexico/la-paz/>

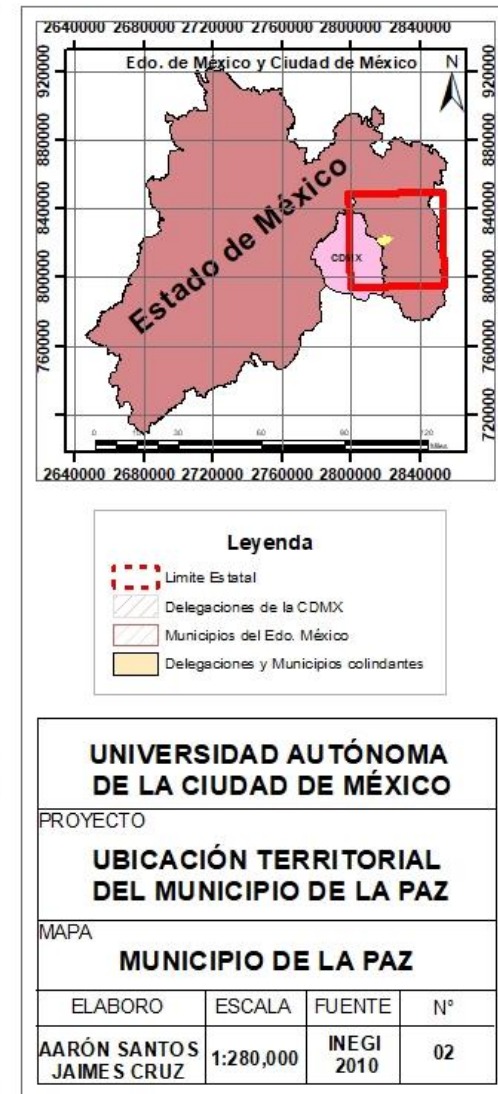
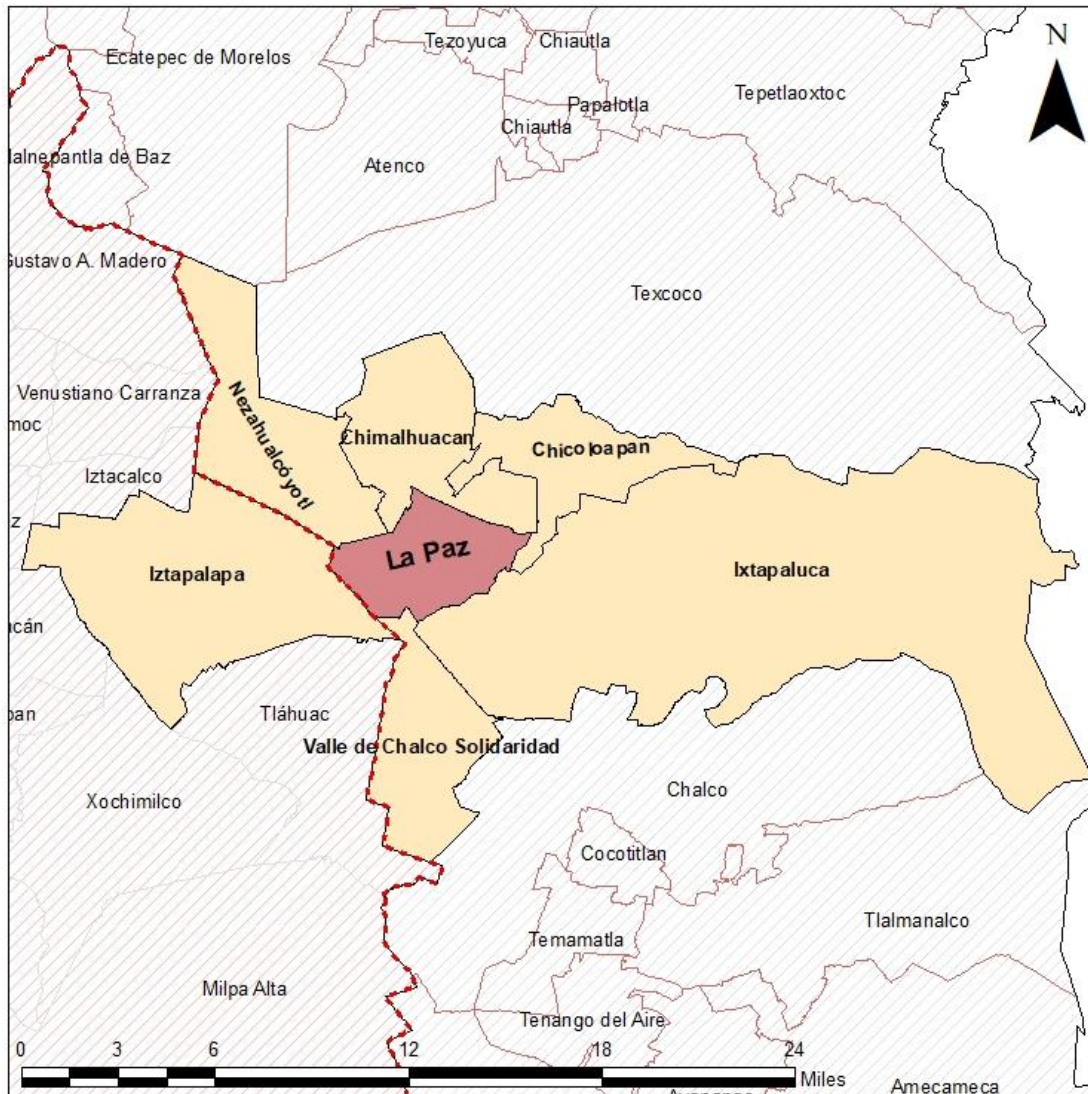
¹⁵ INEGI. (09/08/2017). Encuesta Intercensal 2015. Estado de México. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/?init=2>

¹⁶ Bando Municipal 2016 (09/08/2017) La Paz. Estado de México. Disponible en: <http://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/bdo/bdo052.pdf>

¹⁷ PMDU (09/08/2017) La Paz. Estado de México. Disponible en: http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/paz_la/PMDU%20la%20paz.pdf

Con la finalidad de regularizar los problemas de la tenencia de la tierra en el Edo. de México (principalmente en los ejidos), se crea la Comisión de Regularización de la Tenencia de la Tierra, la cual en conjunto con la Ley Orgánica Municipal, establecen normas de regulación y constitución de reservas territoriales para el desarrollo urbano, así como de los asentamientos irregulares.

El siguiente capítulo, presenta un análisis pormenorizado de la región de estudio mediante la metodología del enfoque de sistemas, para determinar los factores internos y externos que hacen parte de la entropía del sistema.



Mapa 2: Localización del Municipio de La Paz y sus colindancias; Elaboración Propia

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Mediante la metodología del enfoque de sistemas, el presente capítulo describe los componentes internos y externos que integran el área de estudio y sus interrelaciones. Iniciando con la descripción del sistema vial y de transporte, así como de la composición vehicular y de la operación del sistema en estudio.

Luego se identifican los elementos que hacen parte de la oferta y la demanda, así como los factores operativos del sistema. Finalmente se describen las problemáticas influyentes en el funcionamiento del sistema de manera cualitativa.

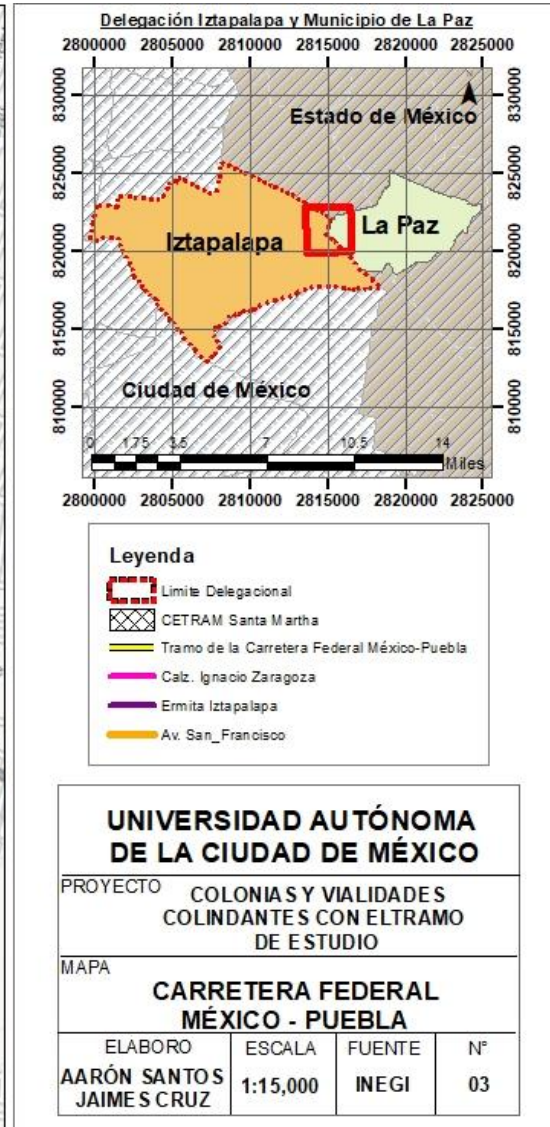
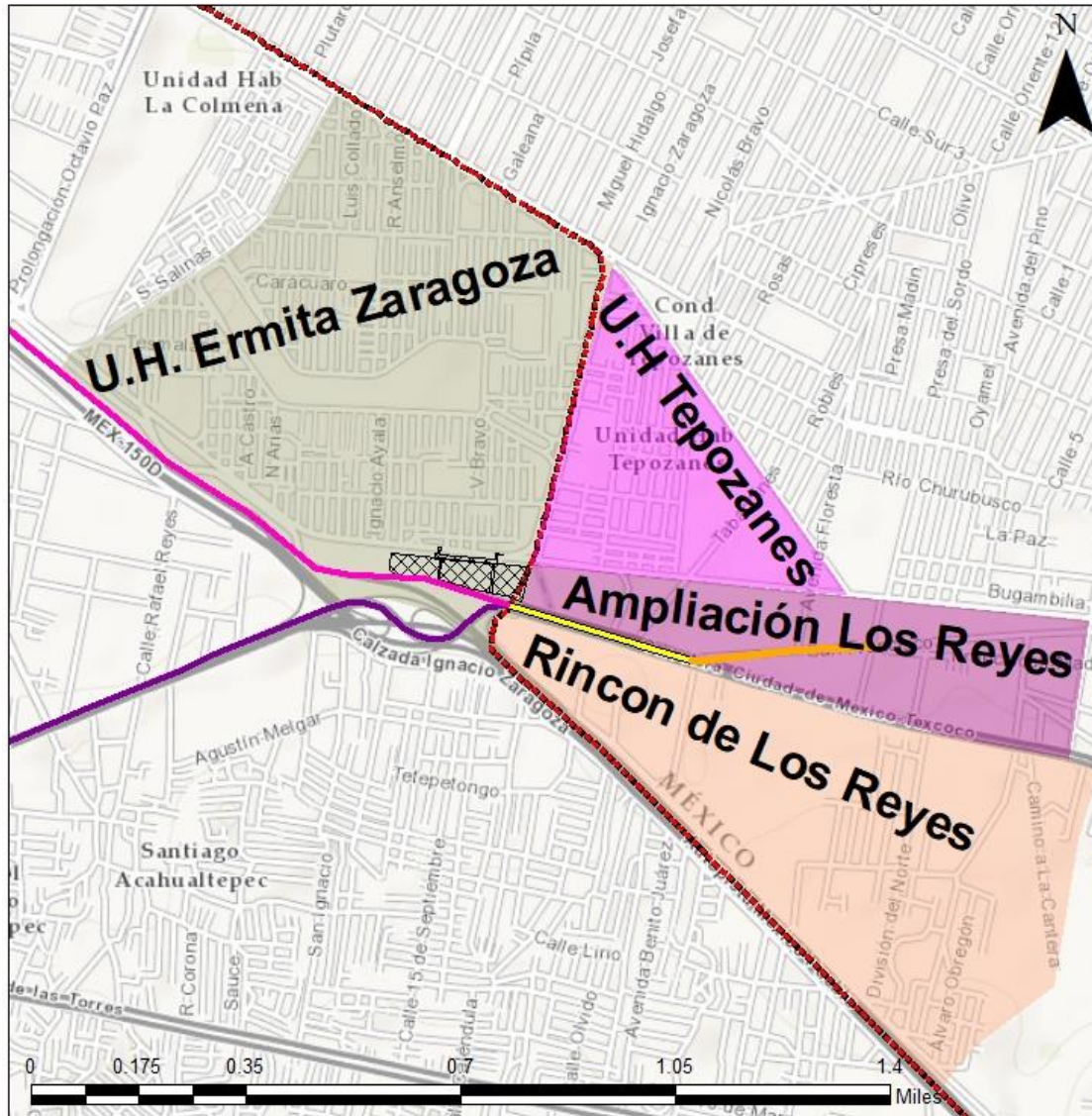
1.1 Sistema Vial

Con una longitud de 520 metros, el tramo en estudio es parte de la Carretera Federal México–Puebla, y se delimitó entre la Av. San Francisco y el entronque con las Calzadas Ignacio Zaragoza y el Eje 8 Ermita Iztapalapa, debido a que entre esas limitaciones se suscitan las diferentes problemáticas que conllevan a la congestión.

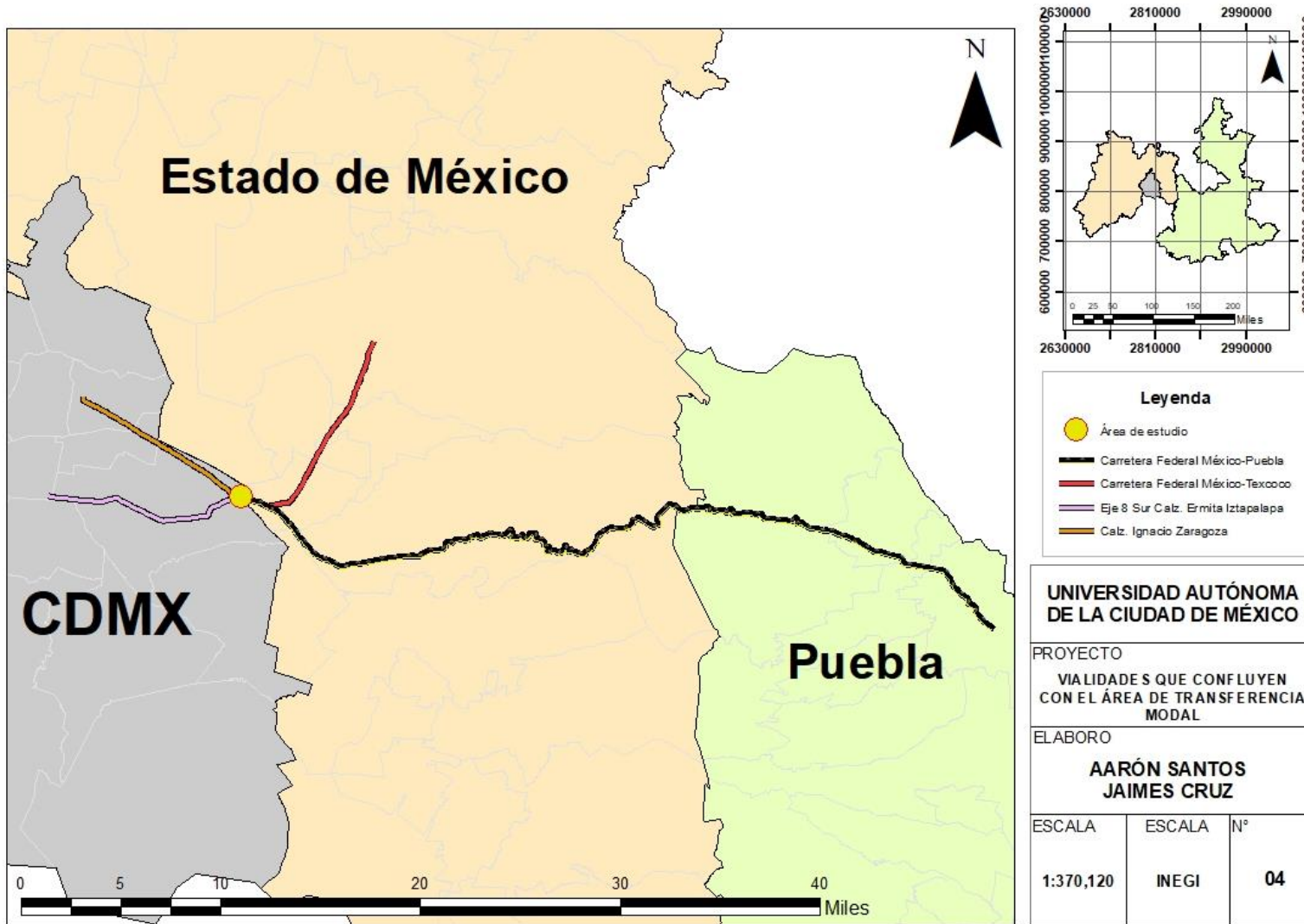
El tramo, corresponde a un ramal de autopista que conecta el tránsito regional con el sistema arterial de la CDMX, éste, se ubica en la zona frontera entre el Estado de México y la Ciudad de México entre las colonias Rincón de Los Reyes y Ampliación de Los Reyes en el Municipio de La Paz en el Estado de México; y la colonia U.H Ermita Zaragoza de la delegación Iztapalapa en la CDMX. (Ver Mapa 3)

Conecta a los usuarios que acceden a la región Oriente del Edo, de México a través de la Carretera Federal México-Puebla; y aquellos que viajan hacia la CDMX para circular en la Calzada Ignacio Zaragoza y/o el Eje 8 Ermita Iztapalapa. (Ver mapa 4)

Por sus características representa una zona de transferencia modal por la confluencia de los diferentes medios de transporte público, lo que genera una afluencia de viajeros y transeúntes que circulan a diario en la misma, debido al enlace con el CETRAM Santa Martha, la estación del Sistema de Transporte Colectivo (STC) Santa Martha y los diferentes centros comerciales y equipamientos aledaños.



Mapa 3: Colonias y delimitación del tramo en estudio; Elaboración Propia



Mapa 4: Vialidades que confluyen con el área de transferencia modal; Elaboración Propia

El ramal de autopista opera como una vía arterial local. Se bifurca en un viaducto y en una vía lateral. El primero corresponde al puente vehicular México – Texcoco. El segundo es la vía a nivel, la cual conecta con retornos hacia la lateral de la Carretera Federal México-Puebla en dirección oeste este, los cuales sirven de acceso a los diferentes servicios y/o equipamientos de los usos del suelo de la zona. (Ver ilustración1)

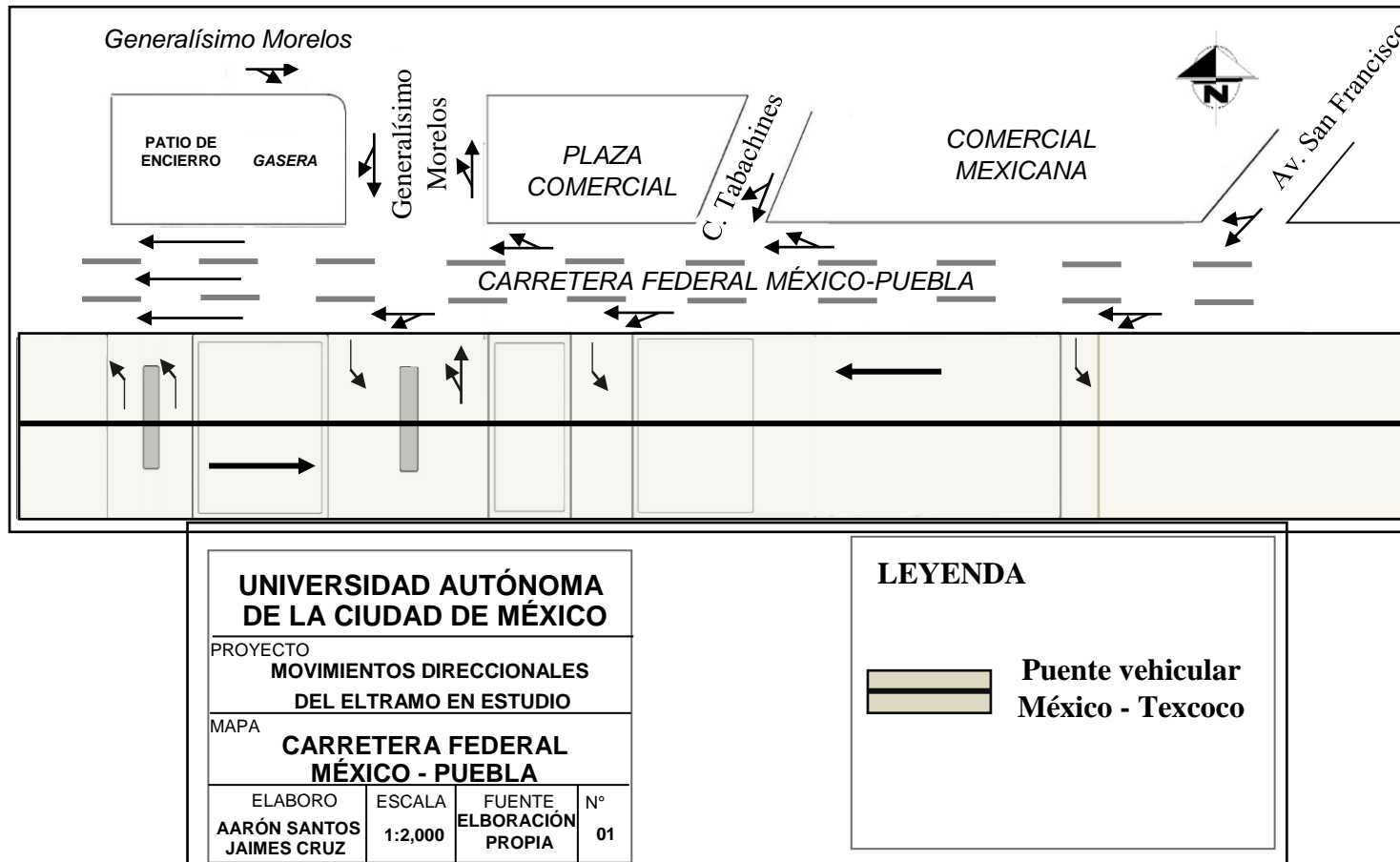


Ilustración 1: Descripción del tramo en estudio; Elaboración Propia

1.2 Sistema de Transporte

En la vía lateral y el puente vehicular, se observa la circulación de toda clase de vehículos y nomenclatura (NOM-012-SCT-2-2014)¹⁸.

El servicio de transporte público presenta una afluencia importante de Microbuses, vagonetas y autobuses, tal como el operado por la empresa GMT (Grupo Metropolitano del Transporte) y Movilidad 1 (M1) (antes conocida como Red de Transporte de Pasajeros (RTP). Así mismo, se detecta la presencia de taxis, vehículos de mudanzas y particulares. (Ver ilustración 2)



Ilustración 2: Tipos de vehículos que circulan en la zona; Elaboración Propia

Por otro lado, se realizó un aforo vehicular en la zona de estudio, con la finalidad de reunir información referente a la composición vehicular que circula en cada punto y segmento que integra la infraestructura vial en estudio.

El aforo se realizó el día 29 de noviembre de 2017, y tuvo una duración de 4 horas (13:10 – 16:10). Para su ejecución, se requirió de 12 aforadores, mismos que fueron situados en los diferentes puntos de acceso, retornos y segmentos viales.

¹⁸ Secretaría de Comunicaciones y Transportes 2014. (09/08/2017) Norma Oficial Mexicana. Disponible en: http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Normas_Oficiales_Mexicanas/NOM-012-SCT-2-2014_sct_14nov14.pdf

De acuerdo al estudio realizado al aforo vehicular, se determinó que la hora de máxima demanda fue de 1:55 a 2:55 pm, con un volumen promedio por cada cuarto de hora de 544 veh/15 min (Ver tabla 1).

Periodo de Estudio		
Volumen Horario (1:55-2:55 pm) Q	2174	veh/h
Volumen/15 min	544	veh/15min

Tabla 1: Periodo de estudio: Elaboración propia

Sin embargo, si la tasa de flujo fuera constante hasta completar la hora, el periodo de análisis correspondería al último cuarto de hora (2:40 a 2:55) (ver tabla 2), ya que la tasa de llegada en ese periodo fue mayor que la frecuencia con la que pasaron en toda la hora efectiva (estudio), habiendo mayores concentraciones vehiculares en intervalos de tiempo cortos, implicando que en periodos de máxima demanda se generaran problemas de congestión. Por tal motivo el último cuarto de hora más cargado será el periodo de análisis de la presente investigación (Ver gráfico 1).

Periodo	V. 15 min	Tasa de Flujo horaria	
1:55-2:10	517	2068	veh/h
2:10-2:25	548	2192	veh/h
2:25-2:40	529	2116	veh/h
2:40-2:55	580	2320	veh/h

Tabla 2: Periodo de análisis: Elaboración propia

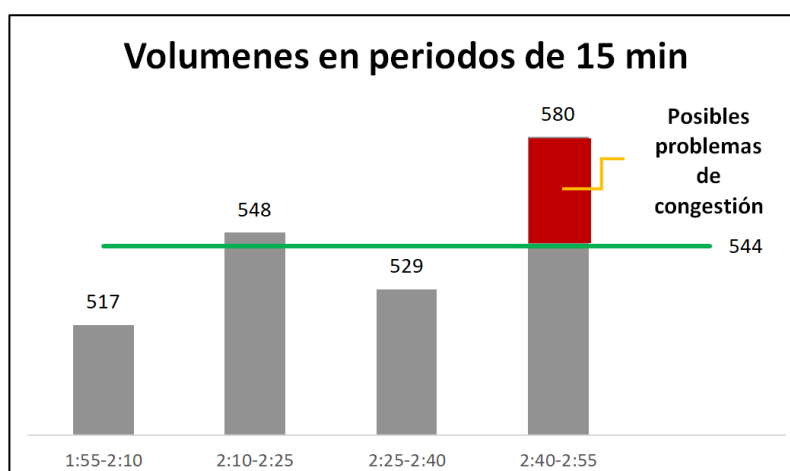


Gráfico 1: Volúmenes vehiculares en cuartos de hora; Elaboración propia

Así mismo, de acuerdo al aforo vehicular se determinó que la vía urbana en estudio es operada por la siguiente composición vehicular: El 62% de los vehículos aforados corresponde a microbuses, vagonetas y autobuses de transporte público, el 36% está constituido de vehículos de tipo ligero, como autos de uso particular y/o taxis, y sólo el 2% representa vehículos de tipo pesado, como camiones de carga y/o camionetas de 1.5 ton (Ver gráfico 2).

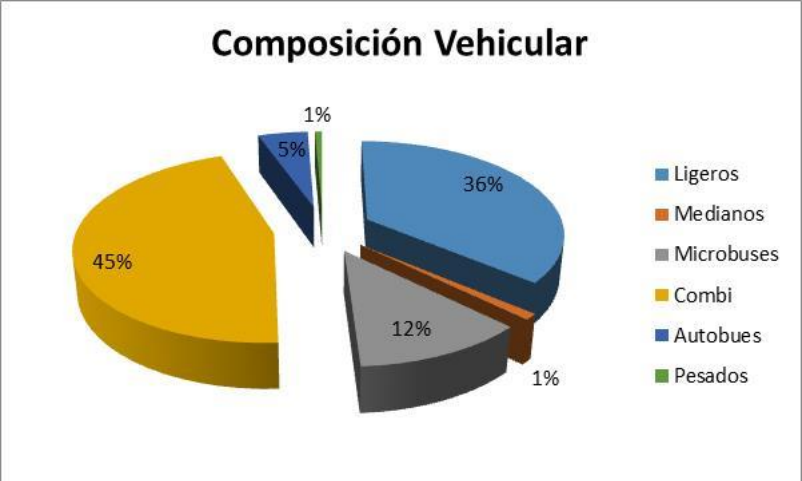


Gráfico 2: Composición vehicular del tramo en estudio: Elaboración Propia

De lo anterior la ilustración 3 muestra los volúmenes vehiculares por hora y movimiento, para el periodo de análisis.

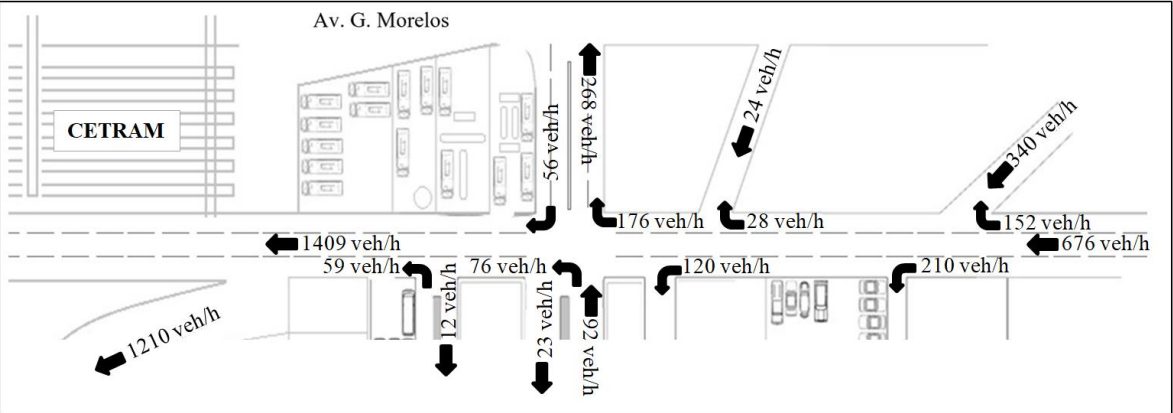


Ilustración 3: Volúmenes vehiculares por movimiento; Elaboración propia

Las tablas de aforo vehicular que se utilizaron para la realización de los gráficos de composición vehicular general y por movimiento, así como de las ilustraciones con volúmenes vehiculares horarios, se muestran en el apéndice.

Con la finalidad de ilustrar la composición vehicular por movimiento en cada intersección, mediante los gráficos 3 a 6, la ilustración 4, muestra el número de intersecciones que forman parte del área de estudio.

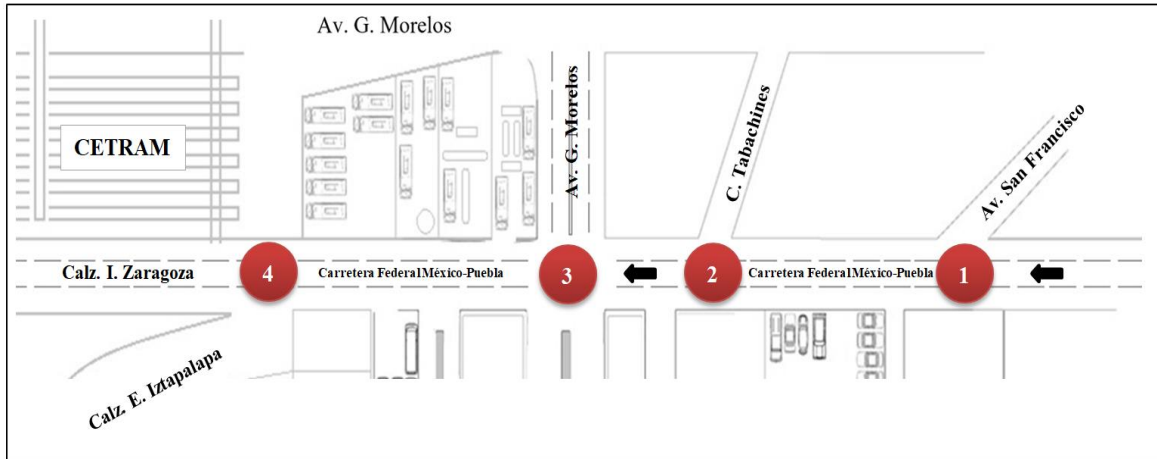


Ilustración 4: Intersecciones de estudio; Elaboración propia

Punto 1: Av. San Francisco y Carretera Federal México-Puebla

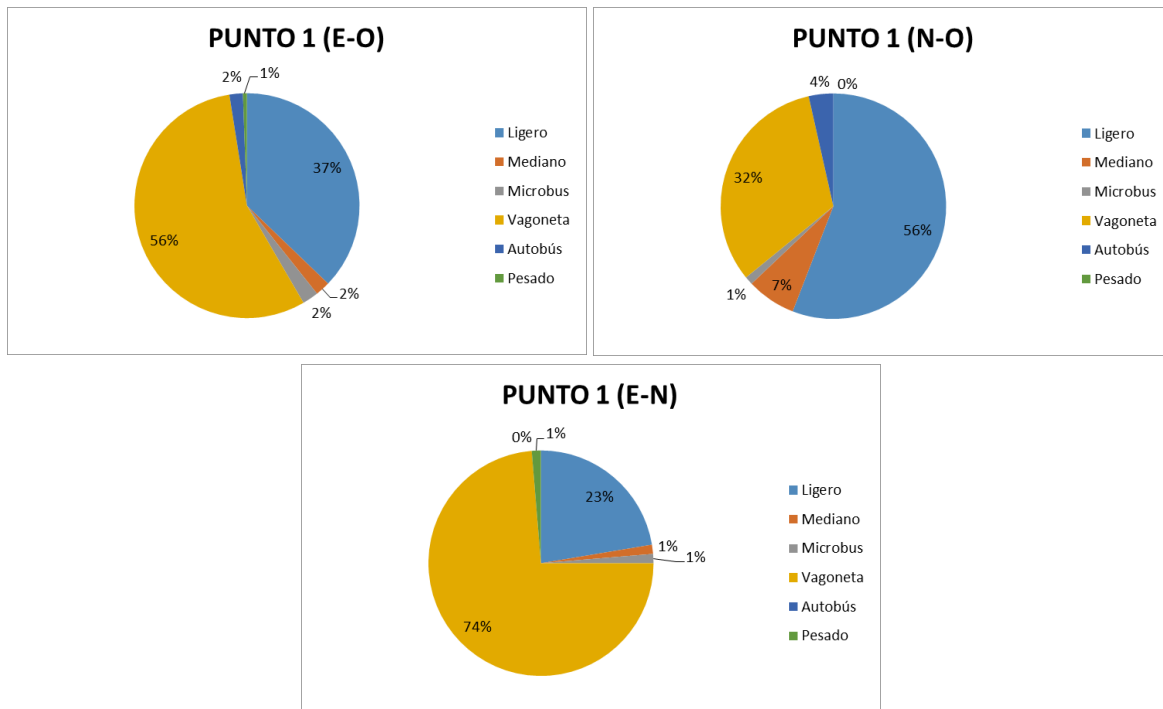


Gráfico 3: Composición vehicular de la intersección 1; Elaboración propia

Punto 2: Calle Tabachines y Carretera Federal México-Puebla

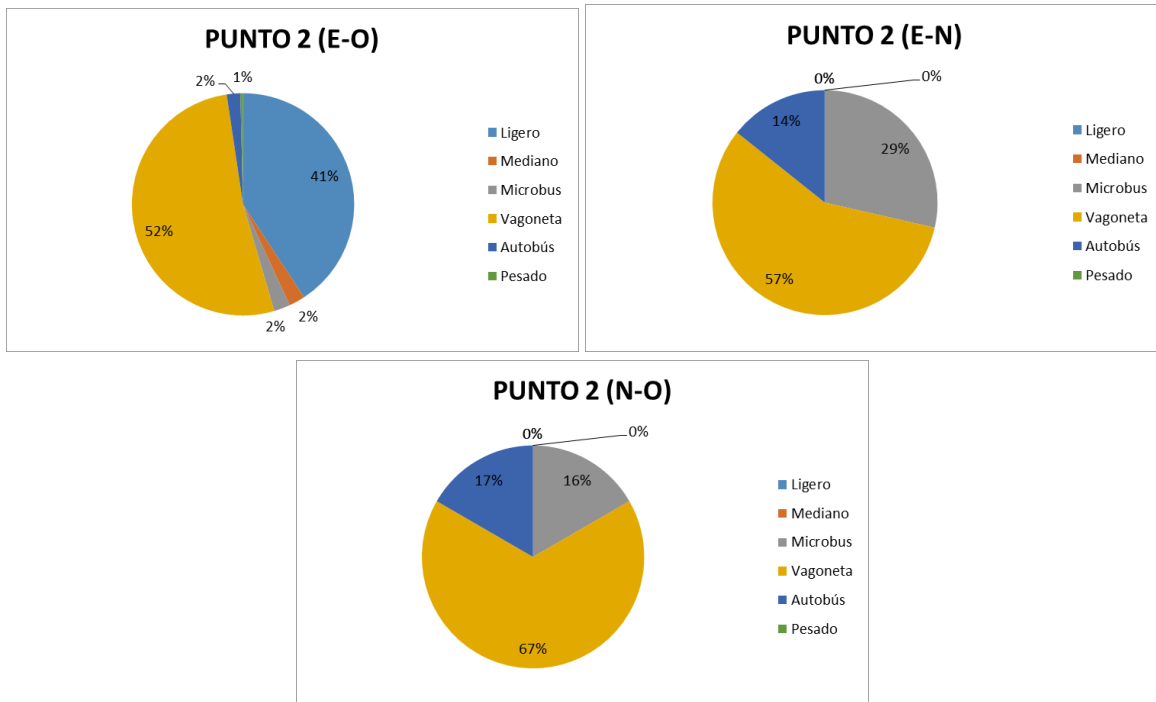


Gráfico 4: Composición vehicular de la intersección 2; Elaboración propia

Punto 3: Av. Generalísimo Morelos y Carretera Federal México-Puebla

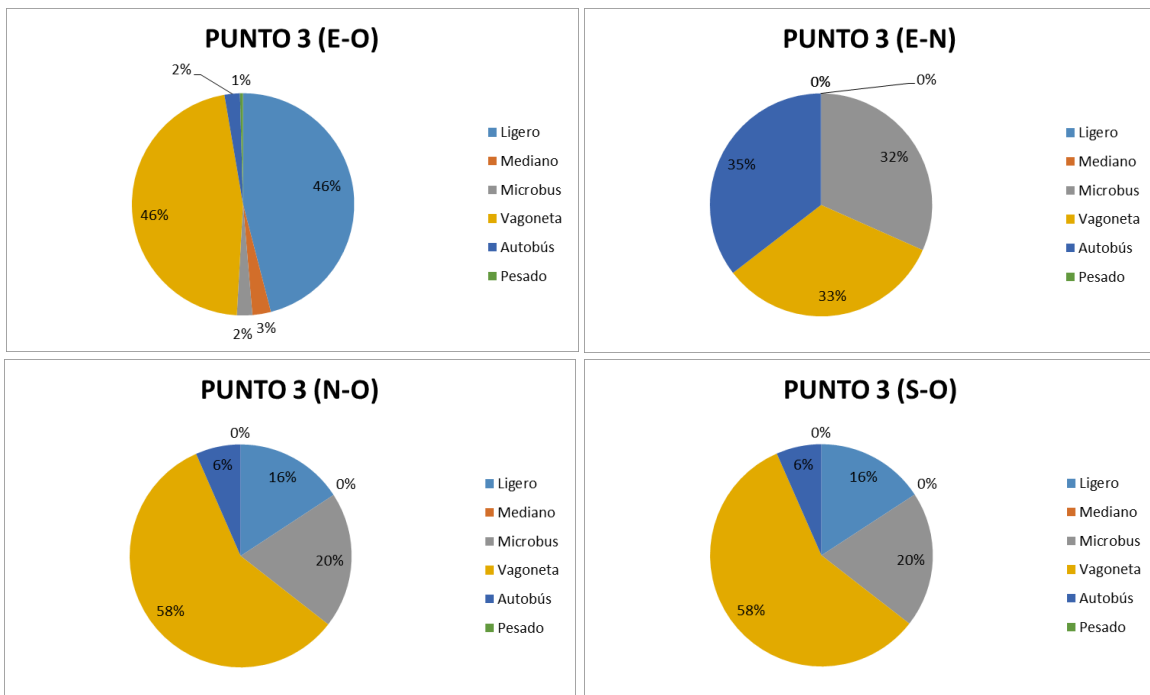


Gráfico 5: Composición vehicular de la intersección 3; Elaboración propia

Punto 4: Carretera Federal México-Puebla

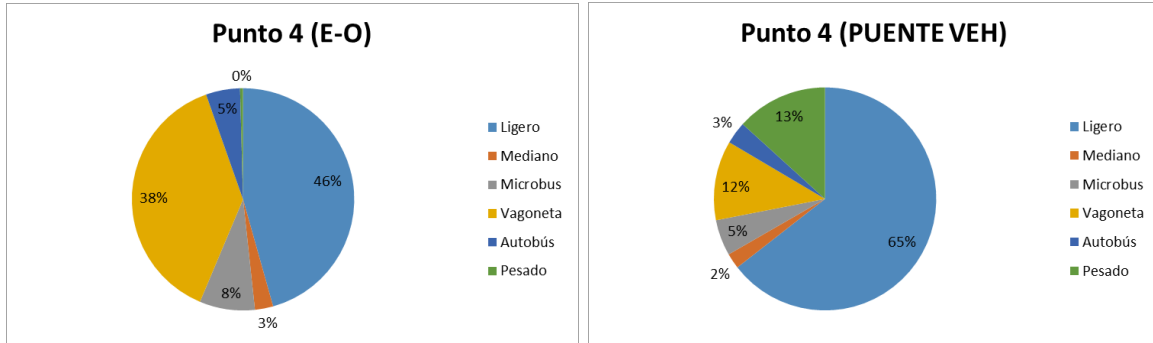
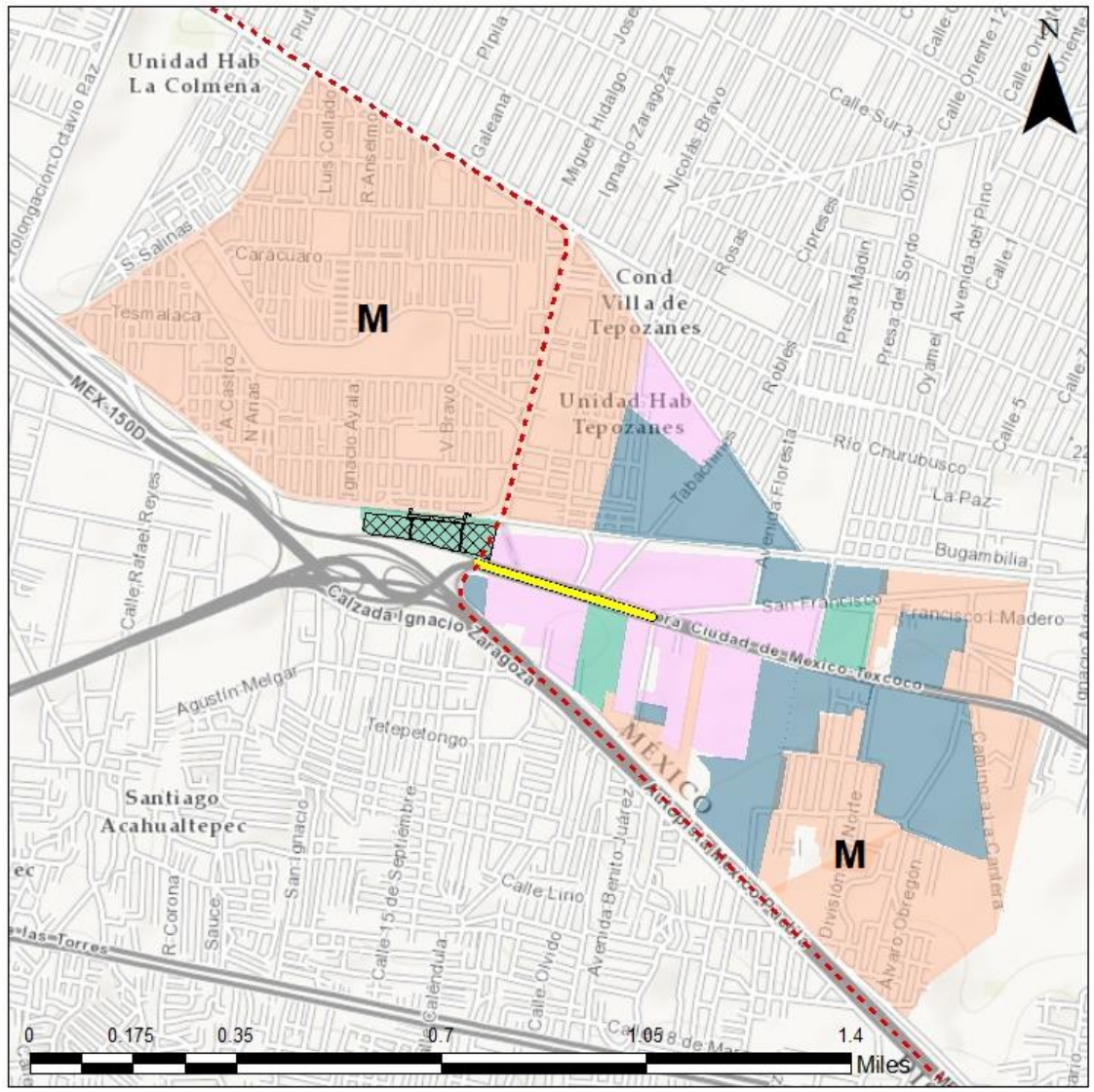


Gráfico 6: Composición vehicular de la intersección 4; Elaboración propia

1.3 Uso de Suelo

En el tramo vial predomina principalmente el uso de suelo Habitacional, Comercial, de Servicios e Industrial, así como el uso de suelo Mixto (identificado con la letra **M**). Con base al Programa Delegacional de Desarrollo Urbano (CDMX) y al Programa Municipal de Desarrollo Urbano (Edo. de México), el mapa 5 muestra los diferentes usos del suelo, a los alrededores del tramo en estudio.



Legenda

- Limite Delegacional
- Tramo de la Carretera Federal México-Puebla
- CETRAM Santa Martha

Servicios

Industria

Habitacional

Comercial

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

PROYECTO

REGISTRO DE USO DE SUELO A LOS ALREDEDORES DEL TRAMO EN ESTUDIO

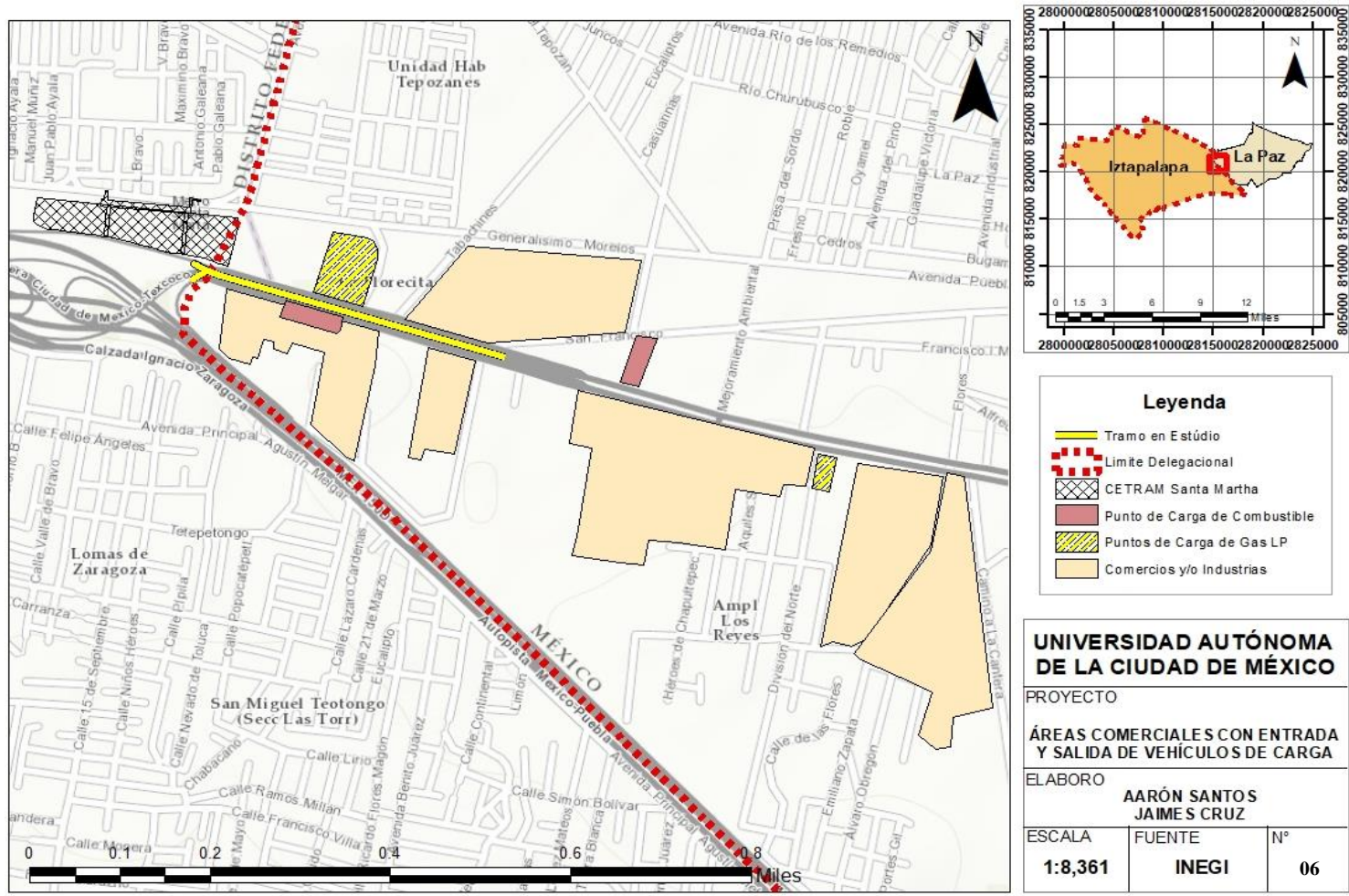
ELABORO

AARÓN SANTOS JAIMES CRUZ

ESCALA	FUENTE	N°
1:15,200	PDDU-IZT PMDU-LP	05

Mapa 5: Usos de suelo predominantes a los alrededores del tramo de estudio; Elaboración Propia

Sin embargo los comercios, industrias y centros de venta de gasolina y Gas LP, juegan un papel importante en cuanto a la aglomeración vehicular. El mapa 6 muestra las diferentes áreas comerciales, industriales y de abastecimiento concurridas principalmente por el transporte público, de carga y particular.



Mapa 6: Áreas comerciales con entrada y salida de vehículos de carga; Elaboración Propia

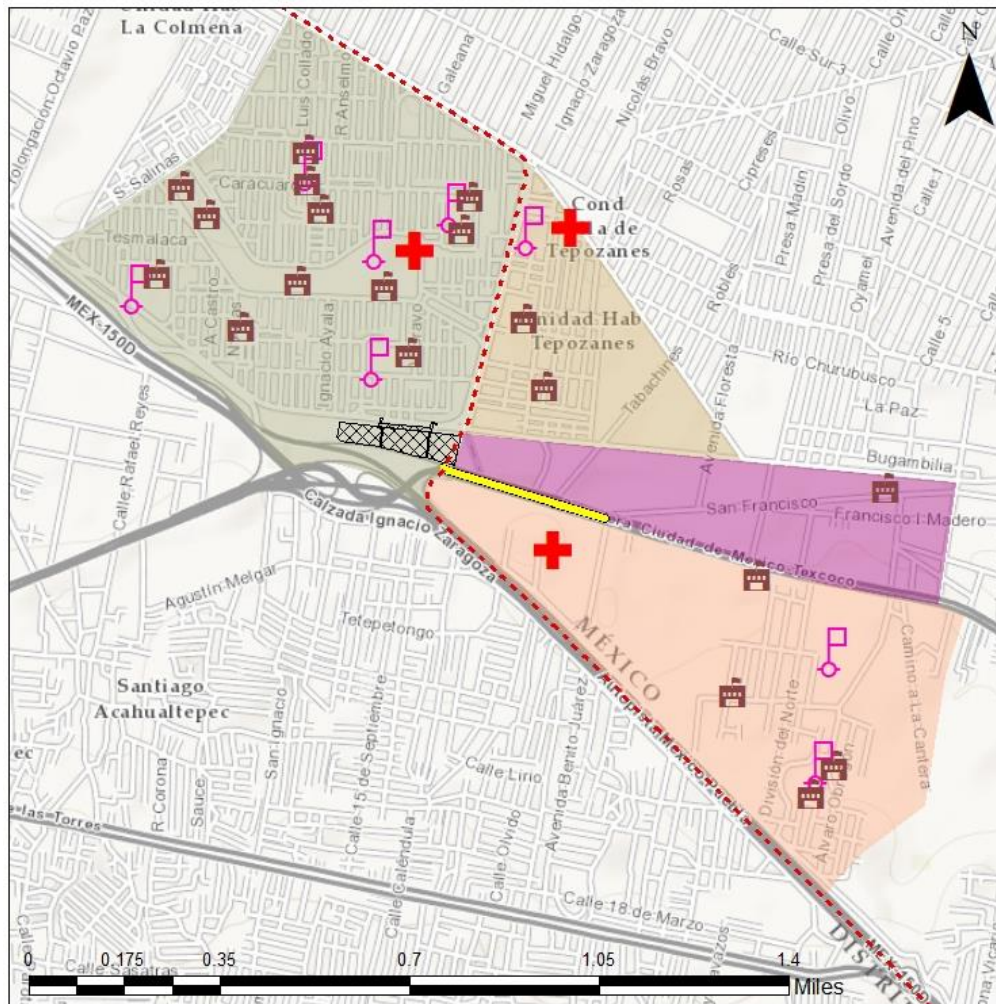
1.4 Operación del Sistema

Las actividades asociadas al uso del suelo, generan diferentes problemáticas debidas a los estacionamientos, lo que produce el incremento de las demoras para el ingreso a equipamientos o establecimientos comerciales.

Un ejemplo de lo anterior es el problema que presentan las ambulancias para ingresar de manera emergente al Hospital General Zona 53.

De igual manera, se presentan problemas para el acceso al CETRAM Santa Martha, afectando al viajero de transporte público en el aumento de sus demoras, y el incremento en los tiempos de viaje y de espera. Además del recorrido de distancias largas de los viajeros que realizan transbordos, dado que prefieren caminar hasta 500 metros para resolver sus subsiguientes transferencias.

En el mapa 7 se muestra la ubicación de los equipamientos más relevantes, como el Hospital General Zona 53 y el CETRAM Santa Martha, cuyo acceso es en el tramo de estudio.



UACM UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
de la Ciudad de México DE LA CIUDAD
DE MÉXICO
Nada humano me es ajeno

PROYECTO
**REGISTRO DE EQUIPAMIENTOS
POR COLINIA EN LOS
ALREDEDORES DEL
TRAMO DE ESTUDIO**

ELABORADO **AARÓN SANTOS
JAIMES CRUZ**

ESCALA	FUENTE	Nº
1:15,200	PDDU-IZT PMDU-LP	07

Mapa 7: Equipamientos por colonia, alrededor del tramo de estudio; Elaboración Propia

Todos los equipamientos ilustrados en el mapa anterior (mapa 7), juegan un papel importante en cuanto a la generación y atracción de viajes, especialmente aquellos que funcionan como medios de distribución masivos, como lo es el caso de la estación del metro Santa Martha.

La estación del metro Santa Martha es una de las 10 estaciones de la “Línea A” del STC Metro. La estación cuenta con 3 puntos de acceso y salida peatonal; **la primera** se ubica en la Av. Generalísimo Morelos y Andadores Rocha y Pardiñas en la Colonia U.H Ermita Zaragoza; **la segunda** se localiza en la Av. Generalísimo Morelos y Galeana igualmente en la Colonia U.H Ermita Zaragoza; **la tercera** se encuentra ubicada en la Calzada Ignacio Zaragoza en la Colonia Lomas de Zaragoza.¹⁹

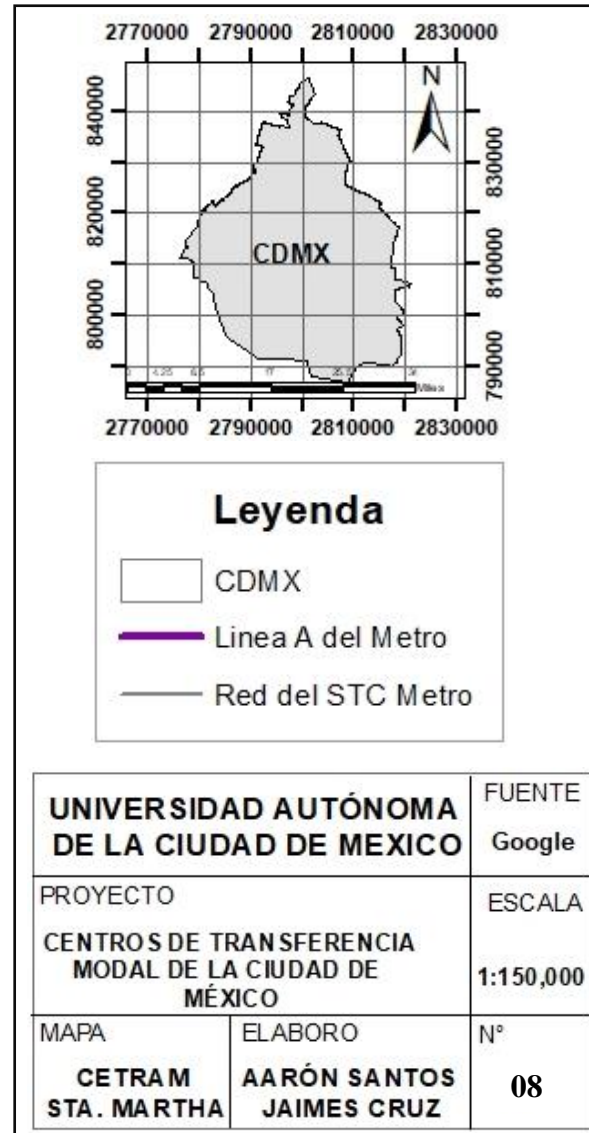
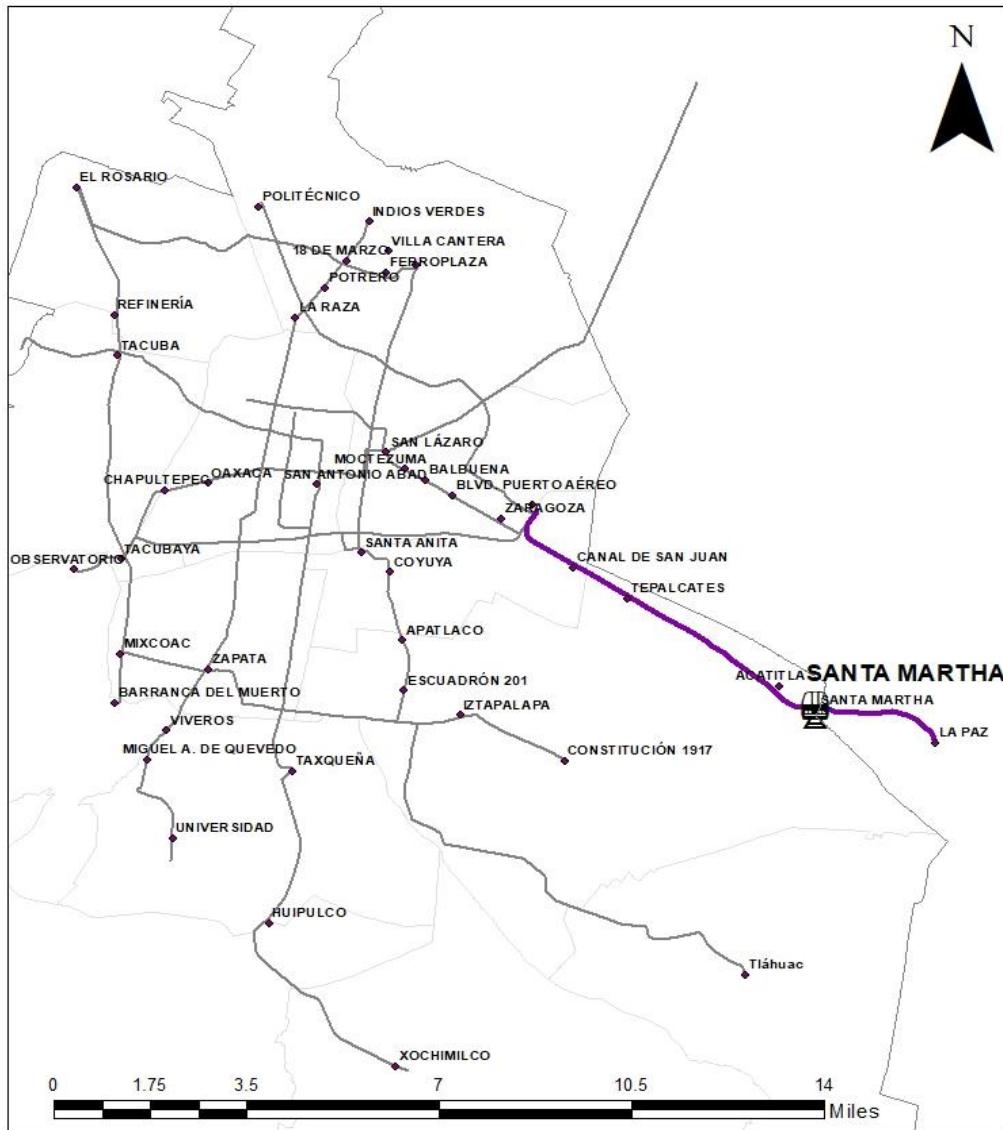
Con base al registro de afluencia de estación por línea, en el año 2016, la afluencia de estación Santa Martha, aumento en un 30%, mientras que en sus estaciones aledañas como Los Reyes y La Paz, aumentaron 26% y 28% respectivamente.²⁰

Lo anterior es un indicador del crecimiento constante de la demanda del STC Metro, ya que actualmente, padece del problema de saturación, hecho que induce a los usuarios, a buscar nuevas alternativas de movilidad, como es el caso del transporte público de baja capacidad, el transporte de alquiler (taxi) y transporte privado.

La estación del metro Santa Martha cuenta con el CETRAM Santa Martha. El CETRAM forma parte de los 43 CETRAM’s ubicados en la Ciudad de México, éste, se localiza en la colonia U.H Ermita Zaragoza en la delegación Iztapalapa y colinda con la colonia Ampliación los Reyes en el Municipio de La Paz Edo De México; ocupando un área de 23,769 km.² (Ver mapa 8)

¹⁹ STC Metro. (11/08/2017). SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO. Ciudad de México. Disponible en: <http://www.metro.cdmx.gob.mx/la-red/linea/santa-marta>

²⁰ STC Metro (11/08/2017). Afluencia de estación por línea. Ciudad de México. Disponible en: <http://metro.cdmx.gob.mx/operacion/mas-informacion/afluencia-de-estacion-por-linea>



Mapa 8: CETRAM's de la CDMX; Elaboración Propia

El CETRAM está a cargo de la Coordinación de los Centros de Transferencia Modal, misma que en conjunto con la SEMOVI (Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México)²¹ y el Programa de Autorización de Acceso al CETRAM²², regido por el Instituto de Verificación Administrativa (IVEA),²³ determinan acciones que facilitan la operatividad de los CETRAM's, desde la negativa de operación a las concesionarias de transporte público en las Áreas de Transferencia Modal (el acceso al CETRAM), hasta la remisión de unidades de transporte público que no cumplan con las normas y leyes establecidas por la entidad.

El CETRAM se estructura de 6 bahías, la primera permite el acceso a usuarios que ingresan al CETRAM a través de las unidades de transporte público, mientras que las 5 bahías restantes, sirven de acceso a los diferentes medios de transporte público. Las bahías se caracterizan por tener una letra que las identifica (B, C, D, E, F). (Ver ilustración 5)

²¹ Secretaría de Movilidad. (12/08/2017). Centros de Transferencia Modal. Ciudad de México. Disponible en: <http://www.semovi.cdmx.gob.mx/busqueda?q=cetram>

²² Transparencia y Certeza Jurídica. (12/08/2017). Trámites CDMX. Ciudad de México. Disponible en: http://www.tramites.cdmx.gob.mx/tramites_servicios/muestraInfo/941

²³ Información de proyecto de lineamientos para CETRAM. (12/08/2017). Centro de Transferencia Modal Santa Martha. Disponible en: http://data.seduvi.cdmx.gob.mx/portal/docs/cetram/CENTRO_DE_TRANSFERENCIA_MODAL_SANTA_MARTHA.pdf

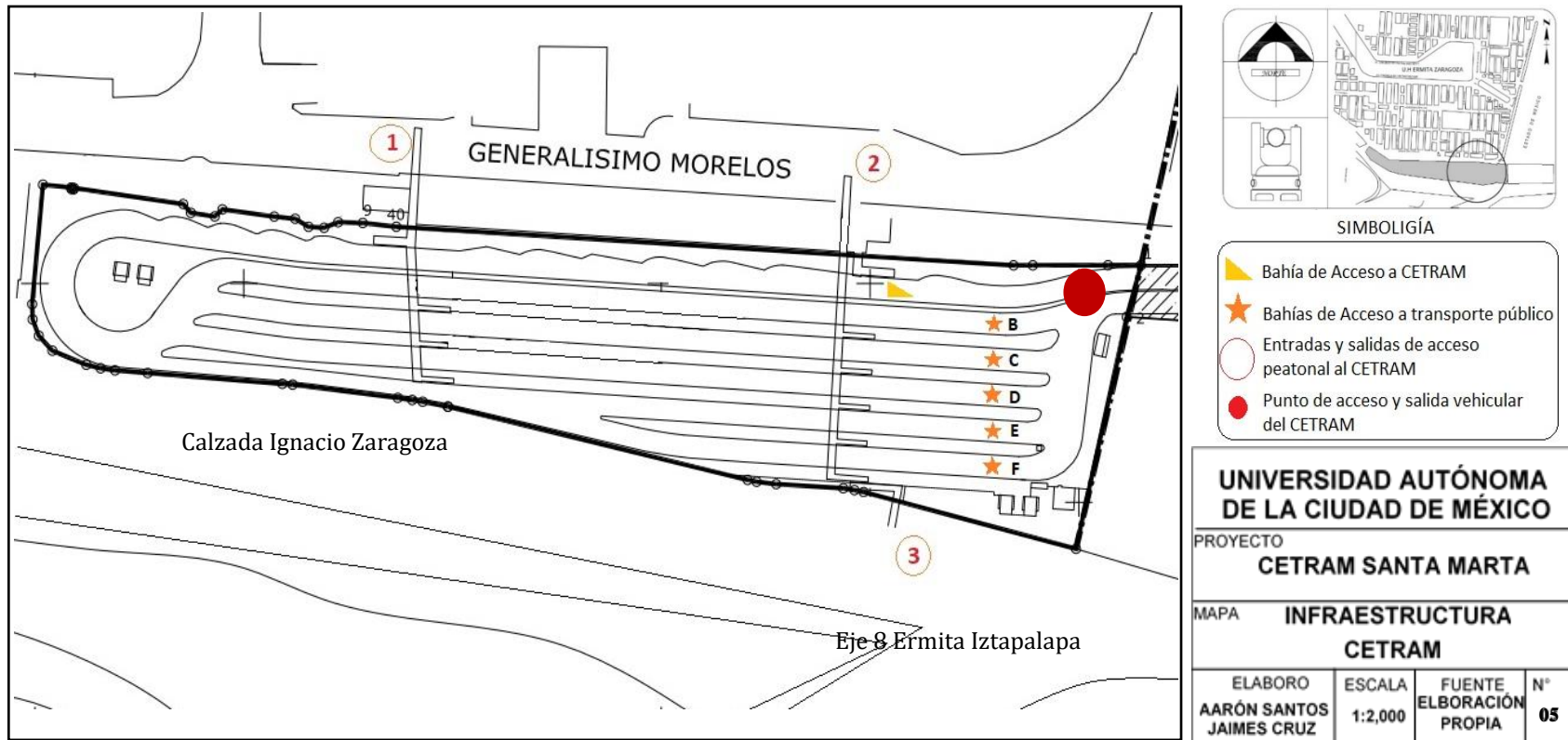


Ilustración 5: Plano de CETRAM Santa Martha: Elaboración propia

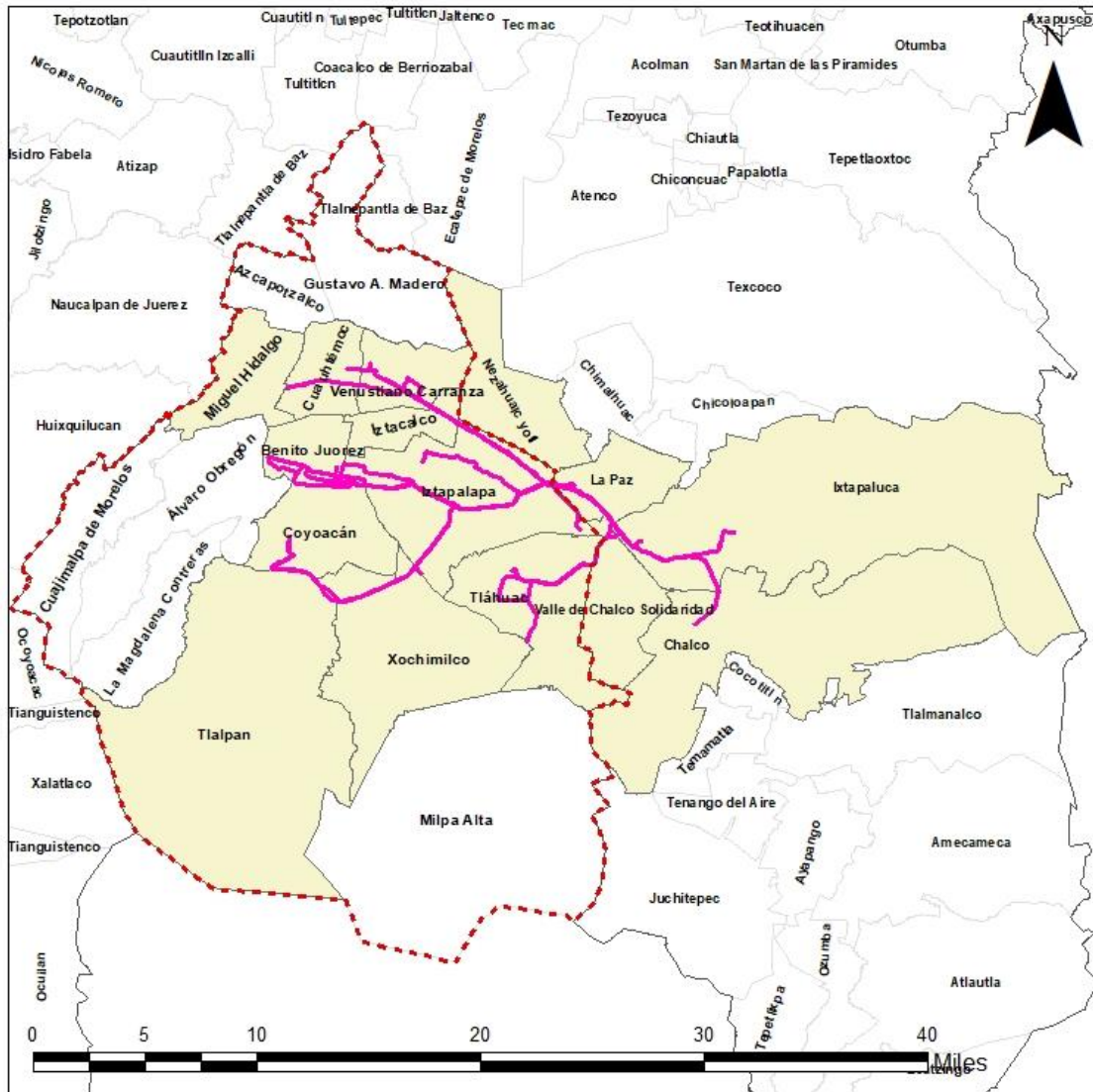
Con base al registro de unidades de transporte público del CETRAM Santa Martha, operan un total de 36 rutas, mismas que están a cargo del Programa de Autorización de Acceso al CETRAM²⁴.

En la tabla 3 se enuncian las diferentes rutas de transporte público por bahía que operan en el CETRAM, y en el mapa 9 se muestra sus derroteros.

BAHÍA "B"	BAHÍA "C"
Ruta 163 Sn. Miguel Teotongo	Ruta 14 Central de Abastos
Ruta 163A. Sn Miguel Teotongo	Ruta 14 Metro Iztapalapa
Ruta 163B. Emiliano Zapata	Ruta 14 Metro Portales
Ruta 163D. Colonia María Isabel	Ruta 74 Sn. Miguel Teotongo
Ruta 53 Tulyehualco	Ruta 74 Stgo. Minas Raya
Ruta 52 Metro Zapata	Ruta 13 Metro Aeropuerto
Ruta 52C Metro Ermita	BAHÍA "E"
BAHÍA "D"	Ruta II Puente Rojo
Ruta 51 Sta. Catarina	Ruta IV Sta. Catarina Ayotzingo
Ruta 51 Metro Tláhuac	Ruta 50 Coatepec
Ruta 51 Tlaltengo	BAHÍA "F"
Ruta 51 Tulyehualco	Ruta 14 Metro Portales
Ruta 51 María Isabel Av. Cuauhtémoc	Ruta 14 Metro Nativitas
Ruta 51 Autopista La Virgen	Ruta 104 Puente al Salado Magdalena

Tabla 3: Rutas de transporte público por Bahía en el CETRAM; Elaboración Propia

²⁴ Programa de Acceso Vehicular al CETRAM. (12/08/2017). Centros de Transferencia Modal. Ciudad de México. Disponible en: <http://www.cetram.cdmx.gob.mx//servicios/servicio/prueba>
http://www.tramites.cdmx.gob.mx/tramites_servicios/muestraInfo/941



Leyenda

- CDMX
- Edo. México
- Rutas dentro de CETRAM
- Delegaciones y Municipios Beneficiados

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

PROYECTO
RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO CON PERMISIVIDAD DE LABORES EN EL CETRAM

ELABORO	ESCALA	FUENTE	N°
AARÓN SANTOS JAIMES CRUZ	1:400,300	MAPATON VIADF	09

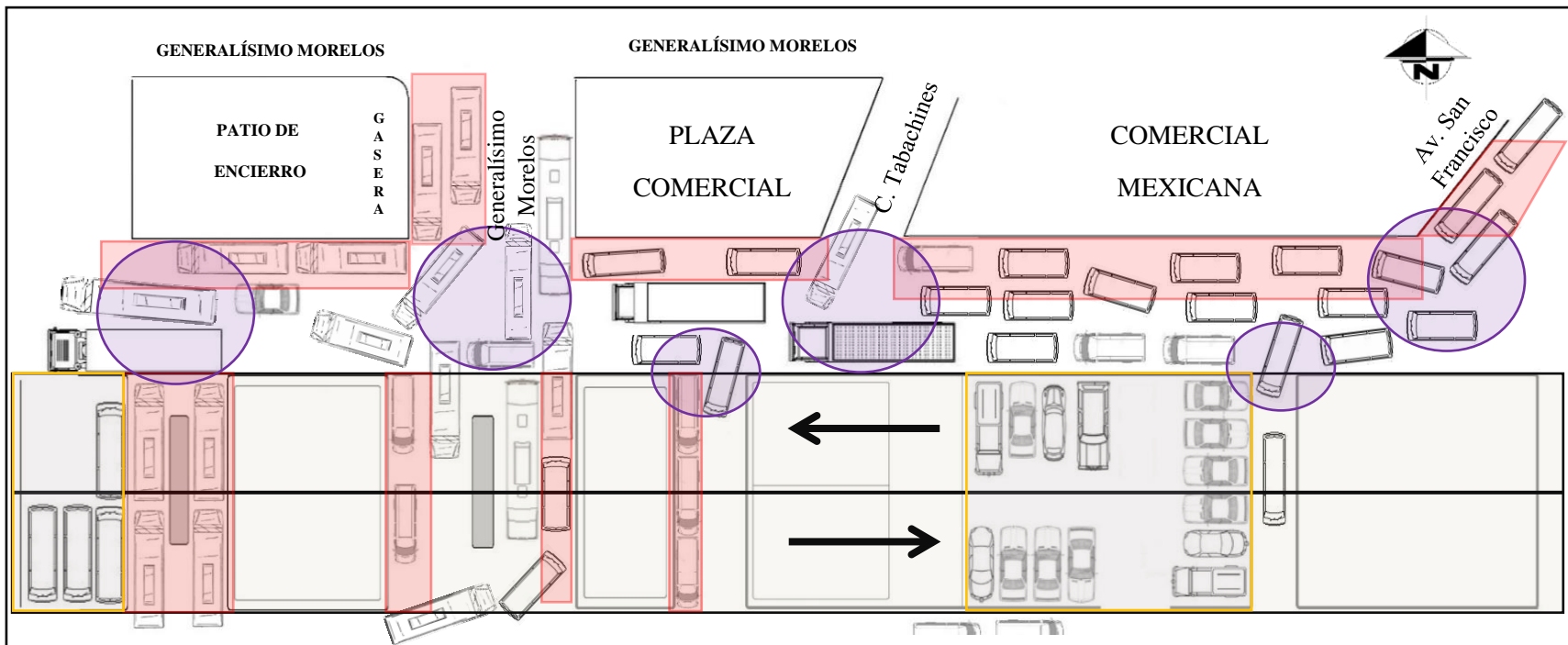
Mapa 9: Derroteros que salen del CETRAM; Elaboración Propia

Sin embargo aquellas rutas que no cumplen con los requerimientos establecidos por el Programa de Autorización de Acceso al CETRAM, sitúan sus bases sobre el tramo de la Carretera Federal México-Puebla y la Av. Generalísimo Morelos; situación que genera demoras y aplazamientos en los tiempos de viaje de los usuarios del CETRAM, debido a la interconexión existente entre ellas.

Así mismo, el deterioro y la inexistencia dispositivos de control y de señalización vehicular y peatonal, contribuyen en el congestionamiento vial.

La ilustración 6 muestra una vista de planta de los diferentes cruces y retornos en los que se encuentran ubicadas las bases de las rutas de transporte público que no cumplen con la normatividad para acceder al CETRAM.

Los retornos también son utilizados como bases para ascenso-descenso de pasajeros, lo que ocasiona el deterioro de la calidad de circulación de quienes los utilizan para acceder a los diferentes equipamientos y establecimientos comerciales.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
PROYECTO PUNTOS DE CONFLICTO DEL TRAMO EN ESTUDIO			
MAPA CARRETERA FEDERAL MÉXICO - PUEBLA			
ELABORO AARÓN SANTOS JAIMES CRUZ	ESCALA 1:2,000	FUENTE ELABORACIÓN PROPIA	N° 06

Leyenda

- Bases de transporte
- Estacionamientos
- Puntos conflictivos
- Puente vehicular
- México - Texcoco

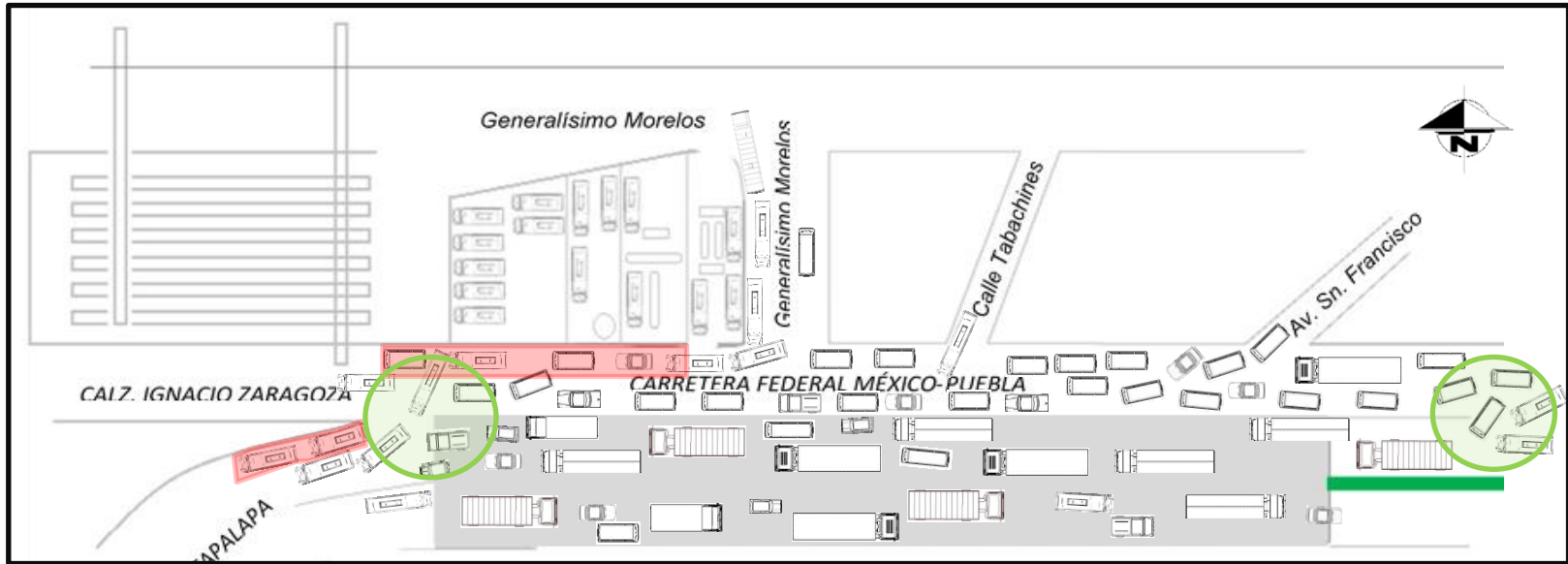
Ilustración 6: Localización de las Rutas de Transporte Público; Elaboración propia

Pero no solamente las bases de las rutas de transporte público localizadas en el tramo en estudio y en los retornos propician la saturación de la vía, sino también, en la bifurcación entre el tramo de la Carretera, la Calz. Ignacio Zaragoza y el Eje 8 sur Ermita Iztapalapa, se localizaron bases que ocasionan congestionamientos. Los usuarios prefieren abordar las unidades en dicha bifurcación, debido a que las unidades no permanecen detenidas durante tiempos prolongados, en comparación con aquellas unidades que se encuentran localizadas sobre el tramo de la carretera, lo que hace al transporte público más rápido.

La ilustración 7 muestra el problema de la congestión a causa de las bases de transporte público y de los entrecruzamientos ubicados en los extremos de las terminales de rampa. Dichos entrecruzamientos funcionan como llaves de paso vehicular, en el momento en el que ambas se cierran, la aglomeración vehicular permanece en la parte del tramo en estudio.

De lo anterior y con la finalidad de conocer la cantidad de rutas que operan sobre la infraestructura vial, se realizó un inventario de rutas de transporte público, así como el registro de la posición geográfica en que se encuentran ubicadas.

Para el caso de los derroteros de cada ruta, se utilizó la plataforma “MAPATON” y “ViaDF”, así como la utilización de la aplicación celular “Mi ruta”, para el registro de ruteo de aquellos derroteros que no se encontrasen en las plataformas anteriores.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO			
PROYECTO PUNTOS DE CONFLICTO DEL TRAMO EN ESTUDIO			
MAPA CARRETERA FEDERAL MÉXICO - PUEBLA			
ELABORO AARÓN SANTOS JAIMES CRUZ	ESCALA 1:3,000	FUENTE ELABORACIÓN PROPIA	N° 07

Leyenda

- Bases de transporte
- Puntos de entrecruzamiento

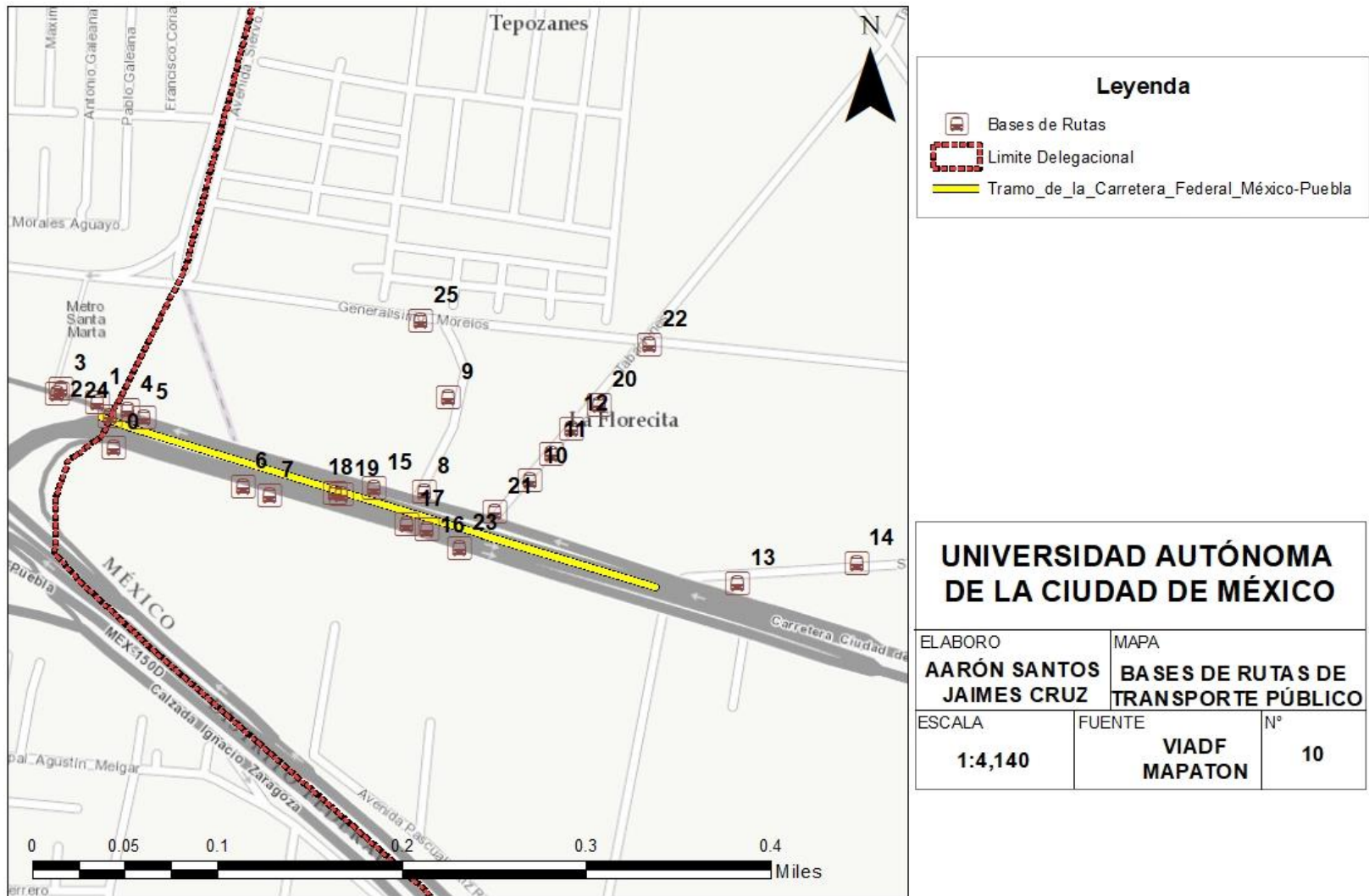
Ilustración 7: Puntos de entrecruzamiento de bases de transporte público; Elaboración Propia

En general, se detectaron un total de 26 bases de rutas de transporte público sobre el tramo en estudio y sus retornos, las cuales a su vez, generan una aglomeración vehicular que implica la prolongación de los tiempos de viaje a los usuarios cautivos y la proliferación del comercio ambulante informal.

El mapa 10 se muestran las bases de las rutas de transporte público externas al CETRAM, mismas que se mencionan en la tabla 4.

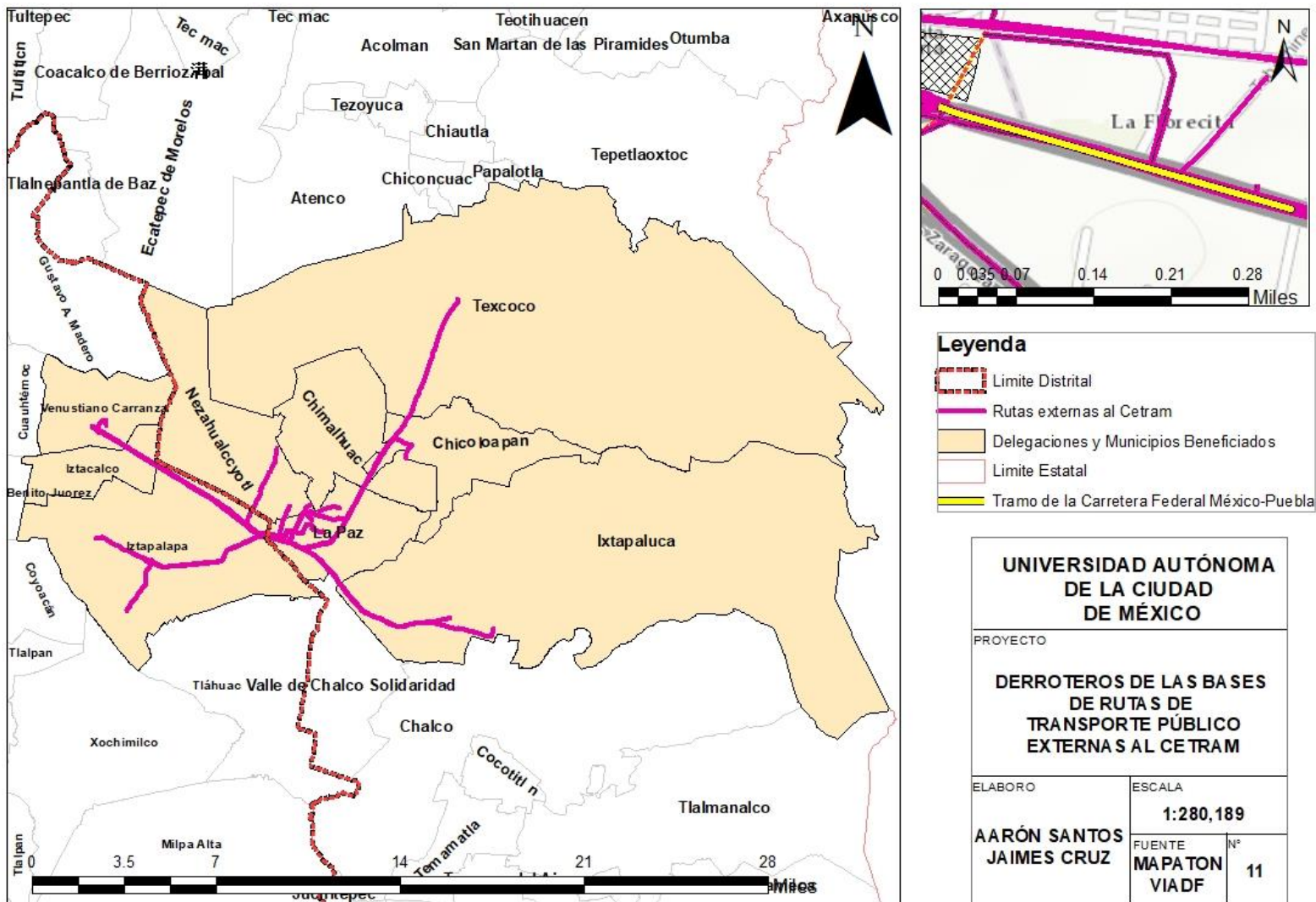
Nº	NOMBRE	RUTA
0	Santa Martha- Reyes Ixtapaluca	50
1	Santa Martha- Metro Iztapalapa	14
2	Santa Martha- Toreo Bordo km. 14	42
3	Santa Martha- Av. Kenedy	42
4	Santa Martha- Canal de Chalco Sedena Vergel	14
5	Santa Martha- Potrero	U.T.EM
6	Santa Martha- Santa Rosa	U.T.EM
7	Santa Martha- Puente al Salado	104
8	Santa Martha- Metro Portales	14
9	Santa Martha- Central de Abastos	14
10	Santa Martha- Estadio Tepozanes Bordo (Cetys CONALEP)	64
11	Santa Martha- San Vicente Chicoloapan	U.T.EM
12	Santa Martha- Asfaltadora (Conalep)	U.T.EM
13	Santa Martha- Vías Sn. Agustín y Helechos	72
14	Santa Martha- Loma Chimahuacan Peñon Patos	2
15	Santa Martha- Metro UAM	14
16	Santa Martha- Reyes Ayotla Ixtapaluca	36
17	Santa Martha- Loma 26 Patos por Peñon	33
18	Santa Martha- UAM/Iztapalapa	14
19	Santa Martha- Sedena Vergel	14
20	Resguardo Santa Rosa	U.T.EM
21	Santa Martha- Metro Portales	14
22	Resguardo Ruta 36	U.T.EM
23	Santa Martha- Puente al Salado por Candas	104
24	Santa Martha- Metro Portales	14
25	Santa Martha- Casas Ara	36

Tabla 4: Rutas de transporte público localizadas en la zona; Elaboración Propia



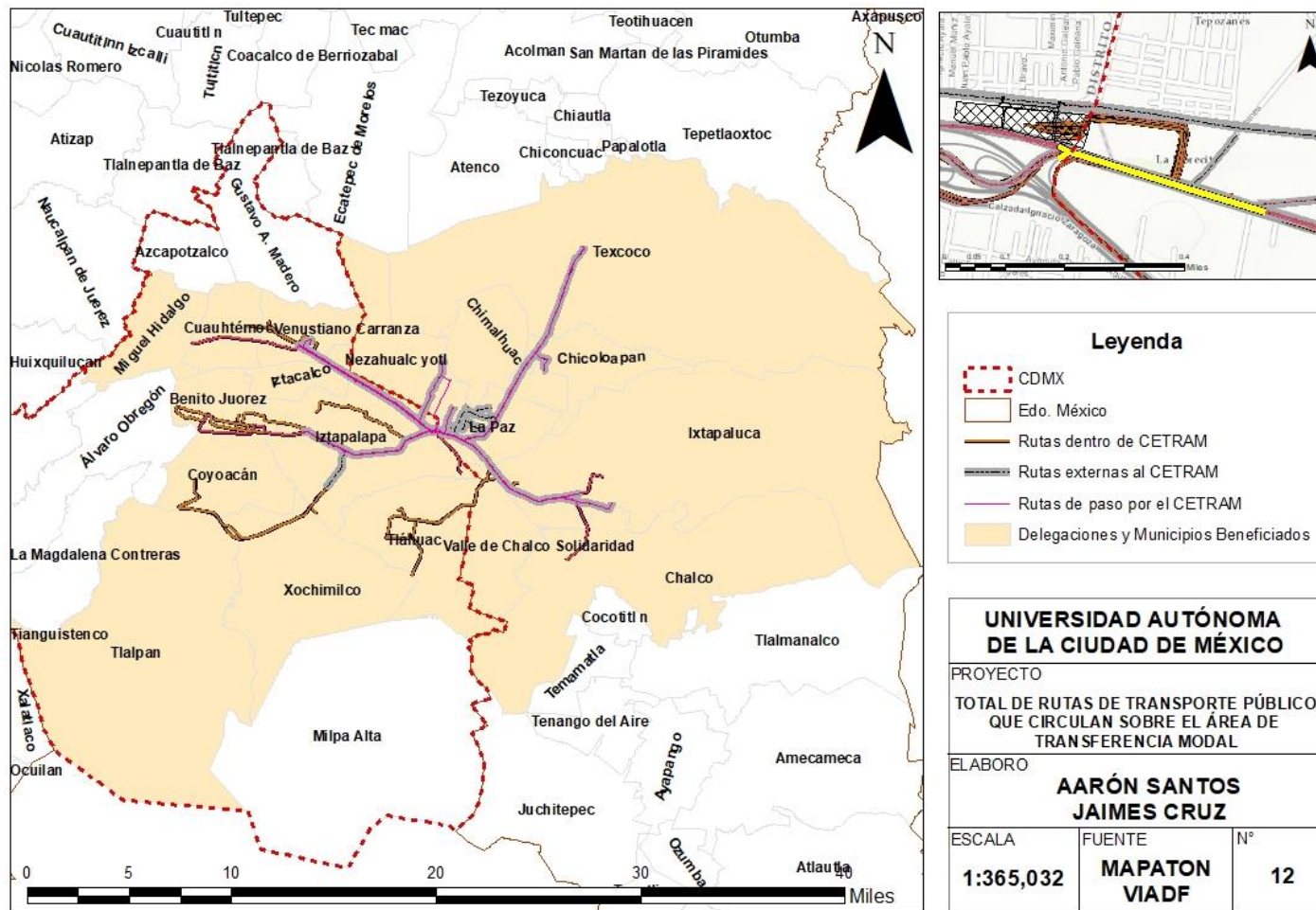
Mapa 10: Ubicación de Rutas de transporte público en el área de estudio; Elaboración Propia

El Mapa 11 muestran los derroteros de las rutas mencionadas en la tabla 2 e ilustradas en el mapa 10.



Mapa 11: Derroteros externos al CETRAM; Elaboración Propia

Finalmente, si se representaran todas las rutas de transporte público que transitan sobre el tramo de estudio, independientemente si provienen del CETRAM o son externas a él, se tendría lo siguiente. (Ver mapa 12)



Mapa 12: Total de derroteros de transporte público que circulan sobre el área de transferencia modal; Elaboración Propia

Por otro lado, el comercio ambulante implantado en la zona de estudio, reduce el espacio de circulación peatonal de puentes peatonales, banquetas y de acceso a los diferentes equipamientos como el metro Santa Martha o el Hospital, así como la utilización del carril derecho, para estacionamiento o implantación de puestos móviles.

Con base en el Inventario Nacional de Viviendas (INV) en el apartado “Comercio en vía pública”, el 100% del recorrido longitudinal de las aceras situadas en el tramo de estudio, está ocupado por comercio ambulante,²⁵ incluso, en puentes peatonales, se localizaron puestos ambulantes.

La ilustración 8 muestra las áreas en las que se ubica el ambulante, sobre la infraestructura destinada para el tránsito peatonal.

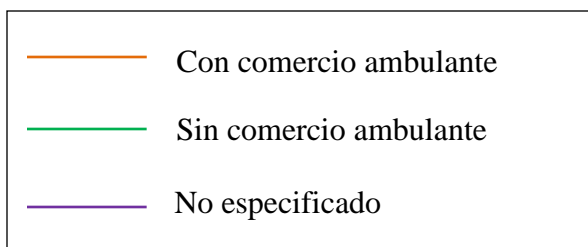


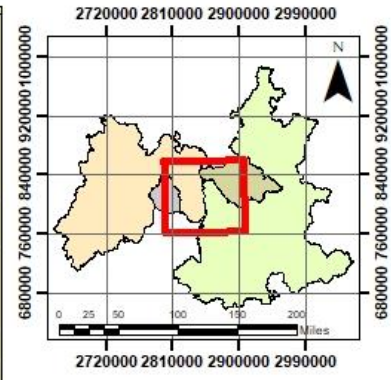
Ilustración 8: Localización de comercio ambulante dentro de la zona de estudio; Elaboración Propia con ayuda de INEGI

²⁵ INEGI (12/08/2018). Inventario Nacional de Viviendas 2016. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/inv/>

1.5 Distribuidor Vial La Concordia

Uno de los equipamientos viales que contribuyen a la disminución del tránsito vehicular en el tramo de estudio es el distribuidor vial La Concordia, el cual, desde su inauguración en 2012, brinda servicio a los habitantes de la región oriente del Estado de México y oriente de la Ciudad de México, a través de su conectividad con la autopista México-Puebla y la Calz. Ignacio Zaragoza y/o Eje 8 Ermita Iztapalapa. (Ver mapa 13)

Las rutas de transporte público que circulan sobre el distribuidor vial “La Concordia”, no impactan de manera negativa el tránsito vehicular del tramo en estudio, ya que contribuye al desahogo vial, y facilita el acceso y salida hacia el oriente de ambas entidades.



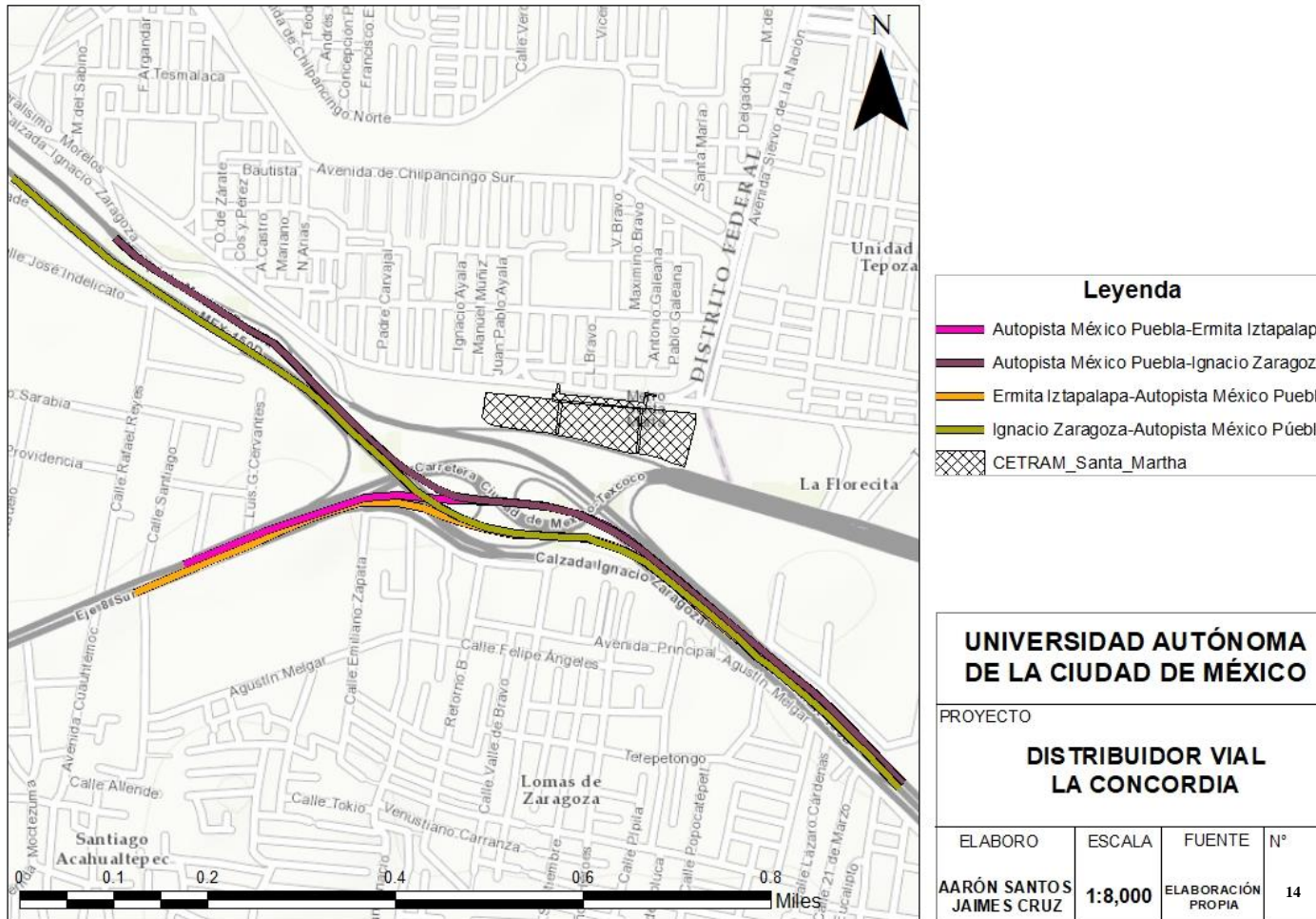
Leyenda

- Autopista México Puebla
- Calz. Ignacio Zaragoza
- Eje 8 Sur Calz. Ermita_Iztapalapa

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO		
PROYECTO		
VIALIDADES QUE CONECTAN CON EL DISTRIBUIDOR VIAL		
ELABORO		
AARÓN SANTOS JAIMES CRUZ		
ESCALA	FUENTE	N°
1:500,000	INEGI	13

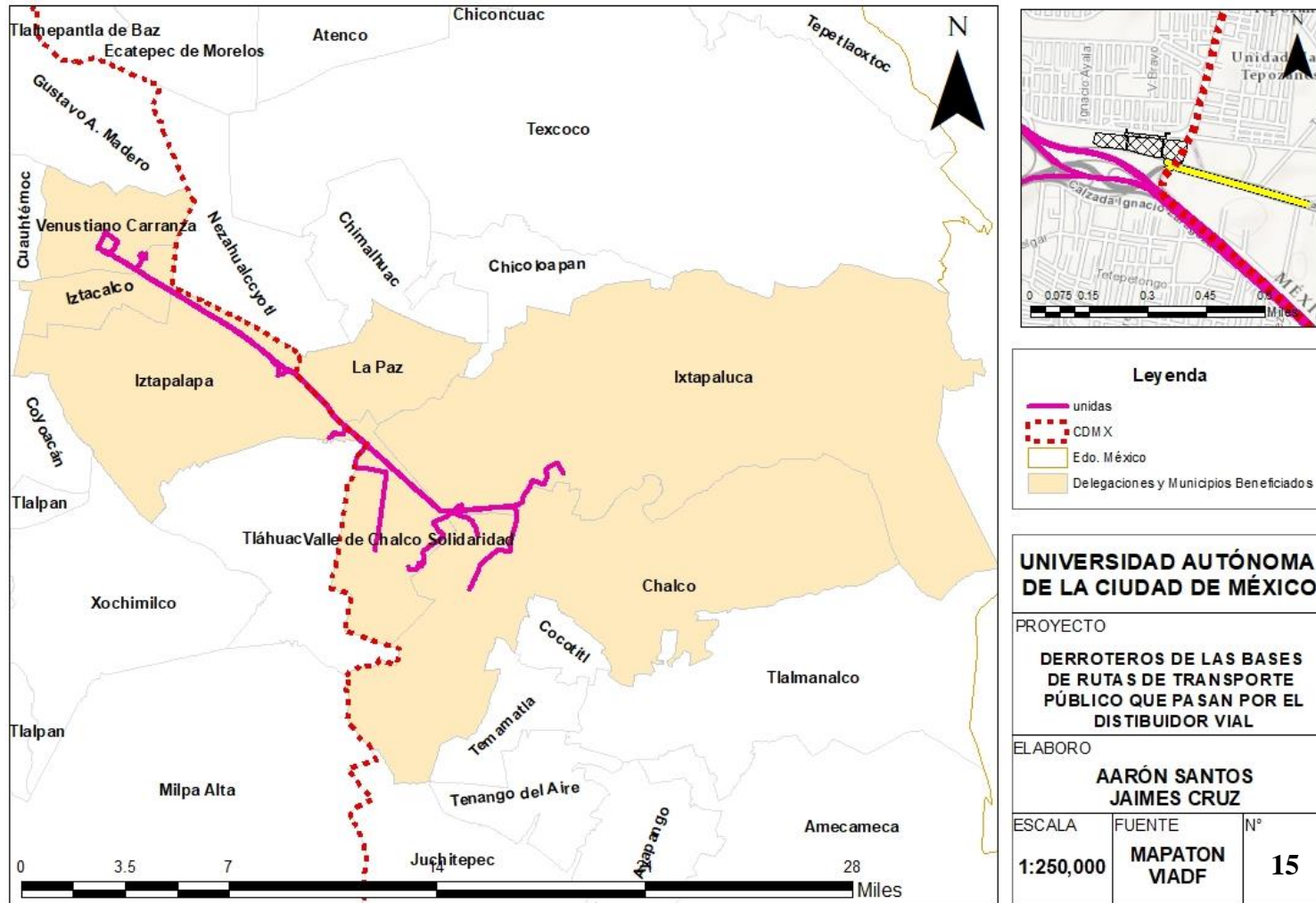
Mapa 13: Vialidades que conectan con el distribuidor vial la Concordia; Elaboración Propia

El distribuidor, tiene una longitud de 3.747 km y dos cuerpos de circulación con tres carriles cada uno, con capacidad de movilizar a 9600 veh/h en cada sentido. (Ver mapa 14)



Mapa 14: Distribuidor vial La Concordia; Elaboración Propia

El mapa 15, muestra los derroteros de las rutas de transporte público que circulan por dicho distribuidor.



Mapa 15: Derroteros de las bases de rutas de transporte público que pasan por el distribuidor vial; Elaboración Propia

La tabla 5 muestra las rutas de transporte público que circulan por el distribuidor vial “La Concordia”

N°	Nombre	Ruta
1	Casas Ara-Metro Gómez Farías	2
2	Colonia Guadalupana-Metro Zaragoza	2C
3	Colonia San Isidro Chalco-Metro Pantitlán	SVT ²⁶
4	Campestre Potrero-Metro Zaragoza	162B
5	San Buenaventura-Metro Gómez Farías	28
6	Valle de Chalco Solidaridad-Metro Acatitla	16
7	Villas de Chalco-Gómez Farías	147

Tabla 5: Rutas de transporte público que pasan por el distribuidor vial "La Concordia"; Elaboración Propia

Con lo descrito en éste capítulo, resulta importante conocer la calidad de circulación que los viajeros en transporte público perciben durante su viaje en el tramo en estudio, debido a que la representatividad del transporte público en el área de estudio, es mayor y por ende juega un papel importante en el tema de la movilidad. Sin dejar de lado que el tramo ésta ubicado en una zona limítrofe rodeada de un conjunto variado de usos de suelo y que funge como eje principal de movilidad entre ambas entidades.

Por ello, en el presente trabajo se aplicará la metodología del Manual de Capacidad de Carreteras HCM 2010 del TBR, para el análisis de capacidad y NS de segmentos e infraestructuras viales urbanas desde la perspectiva de los viajeros en transporte público.

Dicha metodología, se aplicó debido a que hasta ahora, el Manual de Capacidad de Carreteras HCM 2010 del TBR, es la única herramienta que ofrece las metodologías para conocer la calidad de servicio de segmentos e infraestructuras viales urbanas desde la perspectiva multimodal, es decir viajeros: en automóvil, peatones, ciclistas y en transporte público.

²⁶ SVT: Servicios del Vaso de Texcoco

Para ello, en el siguiente capítulo se exponen los requerimientos y pasos básicos que estructuran la metodología del HCM-2010 para el análisis de capacidad y NS de segmentos e infraestructuras viales urbanas desde la perspectiva de los viajeros en transporte público.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA DEL HCM-2010, PARA EL ANÁLISIS DE ARTERIAS URBANAS

En el presente capítulo se explican las características, requerimientos y pasos básicos que estructuran la metodología del Manual de Capacidad de Carreteras 2010 (Highway Capacity Manual), HCM, 2010, de Transportation Research Board, (TBR) para el análisis y Nivel de Servicio (NS) de infraestructuras y segmentos de arterias urbanas desde la perspectiva del viajero en transporte público.

Para ello se inició con la definición de los componentes que estructuran una infraestructura vial urbana desde el enfoque de la metodología del HCM-2010. Posteriormente como parte de los componentes que aborda la metodología del HCM-2010, se describen los modos de viaje que operan en una infraestructura vial urbana. Luego se definen y diferencian los conceptos: periodo estudio y periodo de análisis, así como los tipos de evaluación reconocidos por la metodología para cada modo de viaje. Después, se exponen los requerimientos básicos de los modos de viaje no automóviles. Finalmente, se describen los pasos que determinan el NS de una infraestructura vial urbana desde la perspectiva del viajero en transporte público.

2.1 Concepto y Componentes de una Infraestructura Vial Urbana

Desde el enfoque de la metodología del HCM-2010, los componentes que estructuran una infraestructura vial urbana son: puntos y segmentos.

Donde un segmento es la longitud del camino entre uno o varios puntos; y los puntos son aquellas intersecciones en las que el flujo vehicular se cruza, unifica o diverge y están reguladas por dispositivos de control vehicular.

De lo anterior se deduce que una infraestructura vial urbana se define como un conjunto de segmentos contiguos de calles urbanas, delimitados por puntos. (Ver ilustración 9)

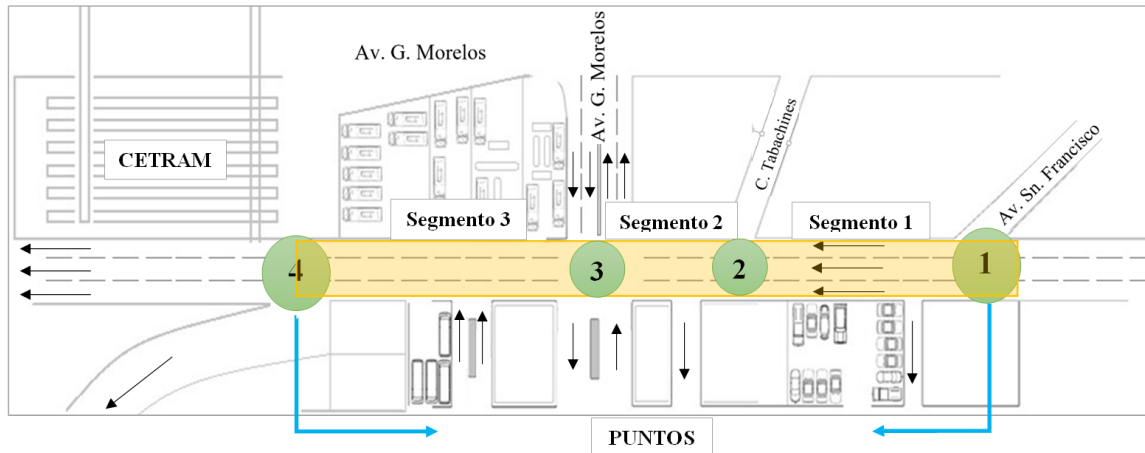


Ilustración 9: Descripción de los componentes de la infraestructura vial urbana; Elaboración propia

2.2 Modos de Viaje

Una de las características principales que distinguen a las vías urbanas de otro tipo de vialidades como carreteras o autopistas, son los usuarios que transitan en ella, ya que por las características, limitaciones y preferencias de viaje, no se permite la operación de varios modos de viaje a la vez. A estos usuarios o modos de viaje, también se les conoce como: viajeros en automóvil, peatones, ciclistas y usuarios de transporte público.

En 2010, se incluyó en el Manual de Capacidad de Carreteras HCM 2010 del TBR, un conjunto de metodologías para el análisis de capacidad y NS de segmentos e infraestructuras viales urbanas desde la perspectiva multimodal integrada, es decir, del viajero en automóvil, peatonal, ciclista y/o en transporte público.

El manual, describe cada metodología de manera independiente, debido a que cada modo de viaje tiene su propia experiencia durante su recorrido en la vía urbana, por lo que el NS de la vía urbana que experimente ese viajero, será diferente al de otro viajero.

Los capítulos 16 y 17 del HCM 2010 proporcionan la información referente a la determinación del NS de una vía urbana desde la perspectiva de cada viajero, sin embargo la diferencia entre ambos capítulos, está en que el capítulo 16 se centra en la determinación del NS de una infraestructura vial urbana, mientras que el capítulo 17, se enfoca en la determinación del NS de un segmento vial urbano.

Las cuatro metodologías se podrán aplicar únicamente para el análisis de infraestructuras y/o segmentos de arterias urbanas, y que estas, estén reguladas en cada punto por dispositivos de control vehicular y/o señales de alto o ceda el paso.

Una de las principales problemáticas asociadas en el diseño de la vía urbana, es la convivencia que existe entre estos cuatro modos de viaje, ya que se requieren infraestructuras que brinden una movilidad fluida y ordenada, no importando la exclusividad brindada al tránsito de uno o varios modos.

La ilustración 10 muestra las relaciones existentes entre los 4 modos de viaje y sus limitaciones espaciales y temporales.

El primer cuadrante *asignación de derecho de paso* alude a la infraestructura destinada para la movilidad de cada modo de viaje; el segundo cuadrante *asignación de tiempo de seña*, la cual muestra que de acuerdo a la cantidad de vehículos, peatones, ciclistas y buses de transporte público, será la disponibilidad de la infraestructura vial y la calidad del tránsito en esa zona, ya que los recursos espaciales y temporales se ajustarán a la demanda de cada modo de viaje, por lo que se reducirán las posibilidades de movilidad de cada modo subsiguiente. Finalmente, el tercer cuadrante *conflictos de los flujos* refiere a los problemas causados por la competencia al derecho de paso, ya que cada modo de viaje intentará llegar a su destino en el menor tiempo posible, por lo que tratará de ganar tiempo y espacio durante su trayecto.

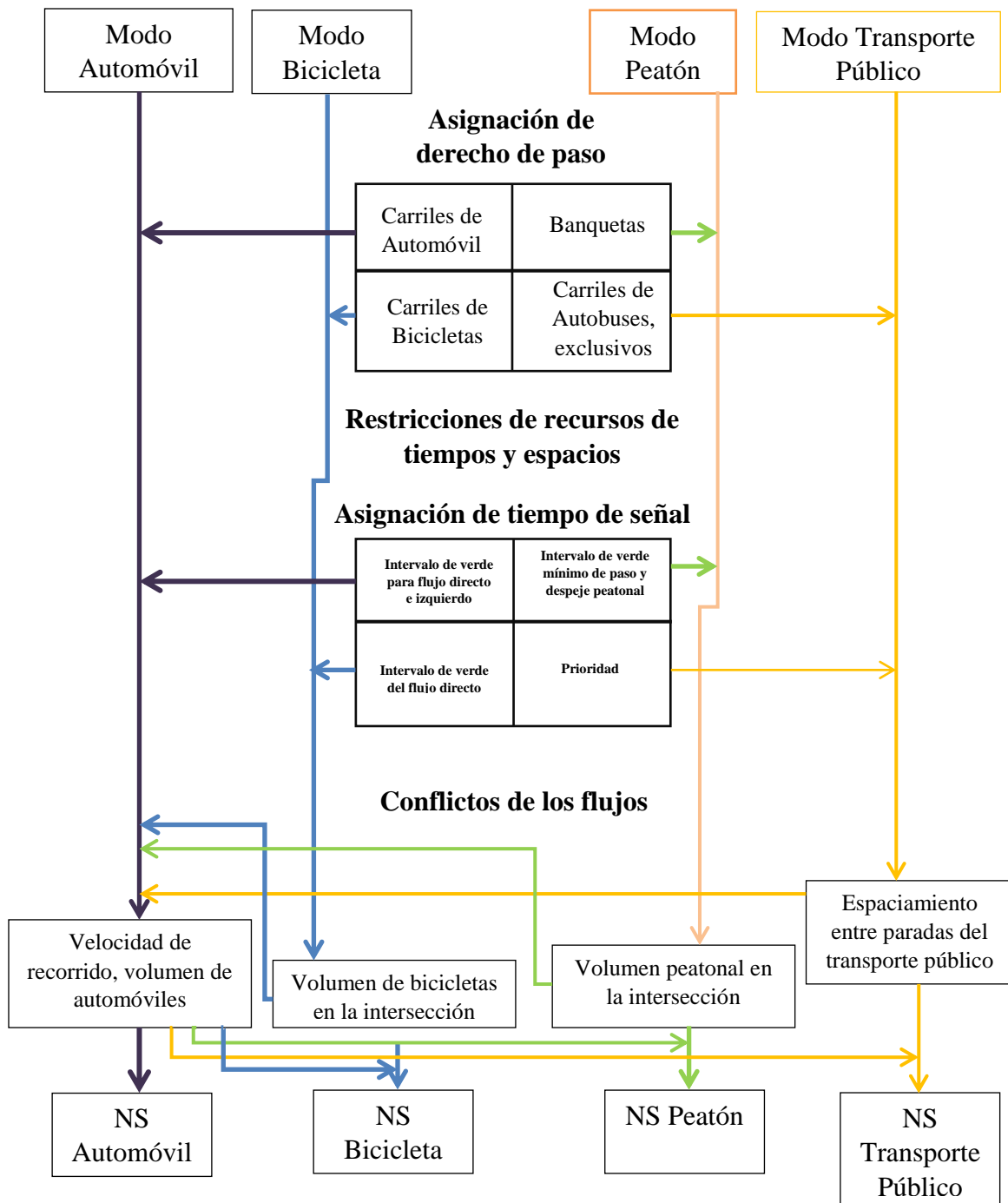


Ilustración 10: Marco Integrado de Evaluación Multimodal; HCM 2010, pág.16-4

2.3 Periodo de Estudio y Periodo de Análisis

La diferencia entre los periodos de estudio y análisis, radica en que el periodo de estudio es el tiempo empleado para la medición y evaluación de datos en campo (por ejemplo 1 hora), mientras que el periodo de análisis, se refiere al intervalo de tiempo que integra el periodo de estudio (por ejemplo los intervalos de 15 minutos que integran la hora). (Ver ilustración 11)

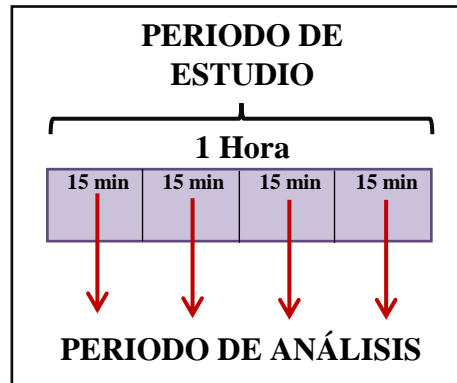


Ilustración 11: Diferenciación entre Periodo de Estudio y Periodo de Análisis; Elaboración Propia

El HCM 2010 establece tres niveles de análisis para la de evaluación de la infraestructura de vía urbana. La utilización de cada uno de ellos, dependerá de la cantidad de información y propósito que se tenga. Estos niveles de análisis son: Operacional, Diseño y Análisis de Planificación e Ingeniería Preliminar:

- Operacional (evaluación): Muestra las condiciones actuales en las que opera la vía urbana y sirve como herramienta en la toma de decisiones para la implementación de mejoras a los elementos que componen la infraestructura.
- Diseño (proyecto): Establece las características en las que se desea opere la vía urbana a partir de propuestas orientadas a la infraestructura.
- Análisis de Planificación e Ingeniería Preliminar: Se utiliza para determinar las problemáticas que podrían hacer deficiente la movilidad en el tramo vial urbano, mientras que en los estudios previos, se evalúan y respaldan las propuestas efectuadas al sistema en estudio, con la finalidad de prever las posibles fallas del sistema vial.

2.4 Datos de entrada por Modo de Viaje “Modos de Viaje no Automóviles”

La tabla 6 alude a los datos de entrada para la determinación de NS de una infraestructura vial urbana desde la perspectiva del viajero peatonal, ciclista y en transporte público. A estos tres modos de viaje también se les conoce como modos de viaje no automóviles, debido a que operan de manera distinta al modo de viaje Automóvil.

La tabla se dividió en 2 apartados:

El primero, *Diseño Geométrico*, refiere a información vinculada con las dimensiones geométricas de los componentes que integran a la infraestructura viaria en estudio.

El segundo, *Medidas de Desempeño*, solicita información referente a indicadores de desempeño temporales como el espacio peatonal y/o la velocidad de viaje.

Categoría de Datos	Ubicación	Elementos de Datos de Entrada	Modo Peatón	Modo Ciclista	Modo Transporte Público	
Diseño Geométrico	Segmento	Longitud del Segmento	X	X	X	
		Presencia de una Banqueta	X			
Medidas de Desempeño	Segmento	Espacio peatonal	X			
		Velocidad de viaje peatonal	X			
		Medida del NS para el segmento peatonal				
		Velocidad de viaje de Ciclista	X	X		
		Medida del NS para el segmento del Ciclista			X	
		Velocidad de viaje del Transporte Público				
		Medida del NS para el segmento de Transporte Público				X

Tabla 6: Requerimientos de datos de entrada para los Modos de Viaje no Automóviles; HCM 2010, pág. 16-12

2.5 Metodología del HCM-2010, para el análisis y determinación de NS de Infraestructuras de arterias urbanas desde la perspectiva del viajero en transporte público

Para determinar el NS de la infraestructura vial urbana desde el punto de vista del viajero en transporte público, se requiere de la evaluación y determinación del NS de cada segmento que integra a la infraestructura vial urbana.

De acuerdo a la cantidad de segmentos que integren la infraestructura, será la cantidad de análisis que se realice.

El recuadro azul de la ilustración 12 encierra los pasos para determinar el NS de infraestructuras de arterias urbanas, mientras que el recuadro amarillo, muestra los pasos para el análisis y determinación del NS de cada segmento que integra a la infraestructura vial urbana.

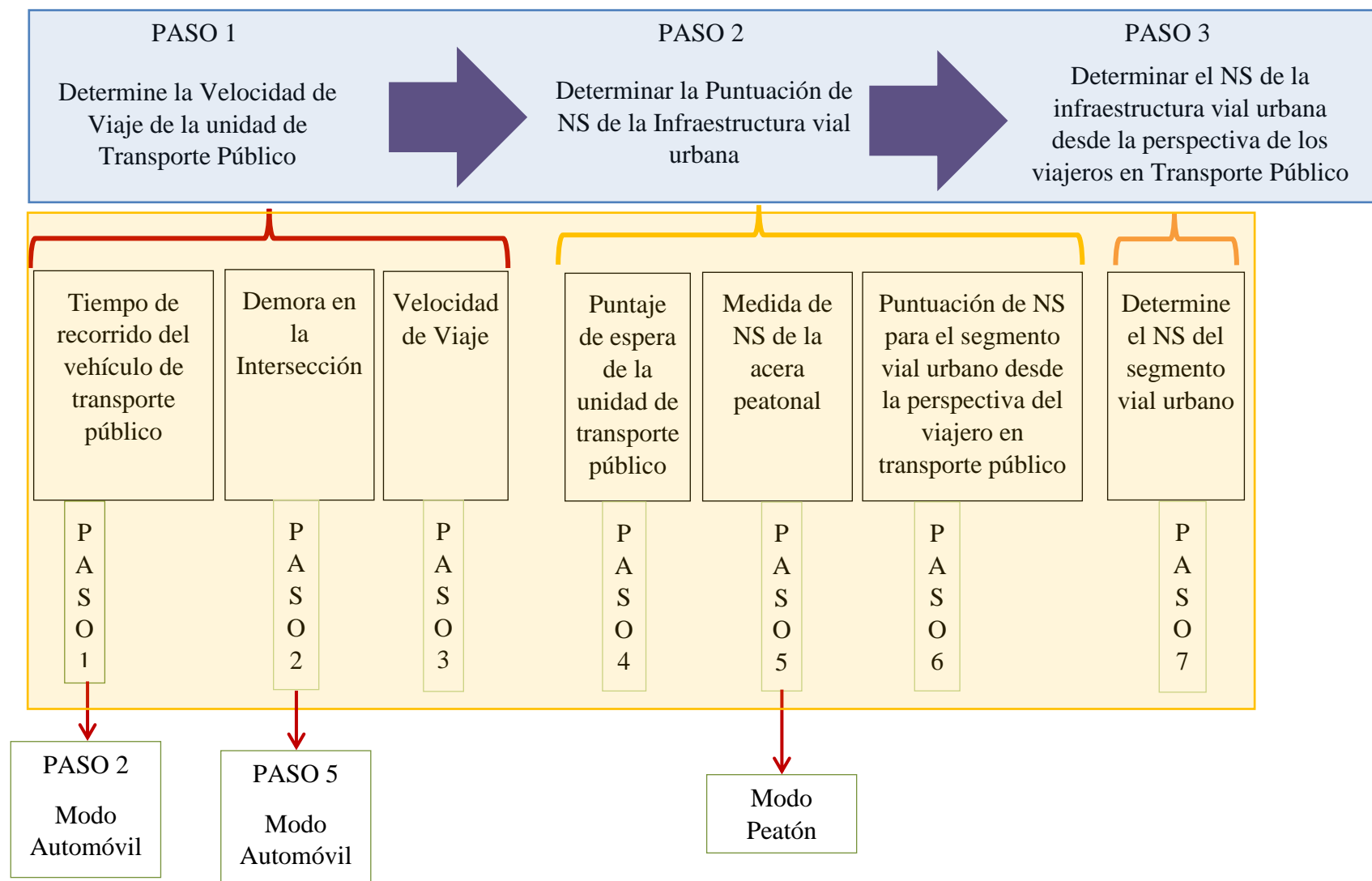


Ilustración 12: Pasos para determinar el NS de una infraestructura vial urbana: Elaboración propia.

El paso 1 del recuadro azul consiste en determinar la velocidad de viaje que la unidad de transporte público desarrolla durante la operación a lo largo de cada segmento que integra la infraestructura vial urbana en estudio.

En general para determinar la velocidad, se consideran todos los factores temporales que se producen durante la operación de la unidad en cada segmento, algunos de estos elementos son: demora de control, tiempo de ascenso y descenso de pasajeros, demora en la intersección, tiempo de reingreso, tiempo de espera en la parada, etc.

Entre mayor sea el tiempo empleado para recorrer cada segmento, la velocidad de viaje será menor.

Por lo que la velocidad de viaje que la unidad de transporte público desarrolla durante su operación en la infraestructura vial urbana será menor y estará dado como:

$$S_{Tt,I} = \frac{\sum_{i=1}^m L_i}{\sum_{i=1}^m \frac{L_i}{S_{Tt,i}}} \dots \dots \dots (1)$$

$S_{Tt,I}$	Velocidad de viaje del vehículo de transporte público para la Infraestructura vial Urbana
L_i	Longitud del Segmento
$S_{Tt,i}$	Velocidad de viaje del vehículo de transporte público para el segmento
m	Número de segmentos en la Infraestructura

Ecuación 1: Velocidad de Viaje del Modo de Transporte Público de la Infraestructura; HCM 2010, pág. 532

El paso 2 del recuadro azul determina la medida de NS de la infraestructura vial urbana a través de la evaluación de cada segmento que integra a la Infraestructura. (Ver ecuación 2)

En general, para determinar esta puntuación se toman en cuenta factores como la frecuencia de paso de la unidad de transporte público, el tiempo de espera en la parada del autobús, la tasa de tiempo de viaje percibida por el viajero durante su trayecto en el transporte público, el tiempo de servicio, etc.

En este paso también se considera la medida de NS de la acera peatonal que hace parte de cada segmento vial urbano. La velocidad de viaje peatonal, el espacio peatonal, el área de circulación y los cruces, son algunos de los elementos que se consideran para determinar el NS de la infraestructura peatonal desde la perspectiva de los viajeros peatonales.

$$I_{t,F} = \frac{\sum_{i=1}^m I_{t,seg,i} L_i}{\sum_{i=1}^m L_i} \dots \dots \dots (2)$$

$I_{t,F}$	Puntuación del Nivel de Servicio del Transporte Público para la Infraestructura vial urbana
$I_{t,seg,i}$	Puntuación del Nivel de Servicio del Transporte Público para el Segmento vial urbano
L_i	Longitud del Segmento

Ecuación 2: Puntuación del Nivel de Servicio del Transporte Público para la Infraestructura; HCM 2010, pág. 532

Si la medida de calidad de servicio desde la perspectiva del viajero en transporte público es mayor que 2, el NS de la infraestructura vial urbana será deficiente, lo que indica que la experiencia de viaje de los usuarios del transporte público es mala, debido a que estos sufren demoras por sistemas de control vehicular, frecuencia de paso de las unidades escasa, inexistencia de paradas de autobús, área de circulación insuficiente, etc.

Finalmente, la medida de NS obtenida en el paso 2 se compara en la tabla 7, determinando así, el NS de la infraestructura vial urbana desde la perspectiva de usuarios de transporte público.

Nivel de Servicio	Medida de calidad de nivel de servicio
A	≤ 2.00
B	$>2.00 - 2.75$
C	$>2.75 - 3.50$
D	$>3.50 - 4.25$
E	$>4.25 - 5.00$
F	>5.00

Tabla 7: Intervalos de demora para la determinación de Nivel de Servicio (NS)

Con fundamento en la metodología descrita con anterioridad, en el siguiente capítulo se aplica la metodología del HCM-2010 bajo la perspectiva del viajero en transporte público para determinar la capacidad y NS del tramo “Carretera Federal México-Puebla” mediante el uso del software HCS-2010.

CAPÍTULO III. DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD Y NS DEL TRAMO EN ESTUDIO DESDE LA PERSPECTIVA DEL VIAJERO EN TRANSPORTE PÚBLICO

Con fundamento en la metodología del Manual de Capacidad de Carreteras 2010 (Highway Capacity Manual), HCM, 2010, Transportation Research Board, (TBR) y a través de los software HCS-2010 y HCS-2000 de la Universidad de La Florida, en el presente capítulo se determina la capacidad y el Nivel de Servicio (NS) del tramo de la Carretera Federal México-Puebla en cercanías del CETRAM Santa Martha, bajo la perspectiva del viajero en transporte público.

Para lo anterior, se realizó una abstracción de las condiciones operativas del caso de estudio y se adaptaron a las condiciones de la metodología del manual HCM-2010, y del software HCS-2010 y HCS-2000, con la finalidad de obtener un diagnóstico de los indicadores de capacidad y desempeño que ofrece actualmente la infraestructura vial urbana en estudio a los viajeros en transporte público.

Para ello, se desarrollaron 2 pares de escenarios de condiciones operativas actuales. El primero con 3 y 2 carriles, y señales semafóricas coordinadas. El segundo, de igual manera es para 2 y 3 carriles, pero con controladores de señal no coordinados.

Lo anterior, se realizó con la finalidad de conocer las condiciones operativas de la infraestructura vial en estudio con señales coordinadas y no coordinadas, y así orientar la problemática hacia un escenario ideal que mejore la operación y la experiencia de los viajeros en transporte público durante su paso por la infraestructura vial en estudio.

Por ello, se inició con la definición de la infraestructura vial que compone el tramo en estudio. Luego se explican y definen de manera general los módulos que estructuran el software HCS-2010. Después, a través del análisis de aforo vehicular mostrado en el capítulo 2, se ingresa la información al software HCS-2010 y HCS-2000. Posteriormente, mediante los resultados obtenidos, se determina bajo la perspectiva del viajero en transporte público la capacidad y el NS del tramo Carretera Federal México-Puebla en cercanías del

CETRAM Santa Martha. Finalmente se presentan e interpretan los resultados arrojados por el software HCS-2010.

Cabe señalar que en éste capítulo, solo se ilustra el proceso de ingreso de datos al software HCS-2010 y HCS-2000 del escenario 1, mismo que considera la existencia de 2 carriles y operación de señales coordinados. Para el caso de los escenarios restantes, solo se mostrarán los resultados en las tablas resumen del subcapítulo 3.8.

Todos los escenarios que se muestran en éste capítulo, fueron simulados con la misma información (vehicular y peatonal) que el escenario 1. La diferencia, está en la cantidad de carriles y el tipo de controladores con semáforo con los que opera la infraestructura vial en estudio.

Por otro lado, debido a que el software reconoce como puntos o intersecciones solo a aquellas que están semaforizadas, se supuso para todos los escenarios, que las intersecciones que conforman el tramo en estudio operan con semáforos. Los tiempos de semáforo asignados a cada intersección, producen ciclos fallidos (tiempo de semáforo no son suficientes para atender a los flujos salientes en la intersección), y evitan ajustes automáticos de mejora por el software HCS-2010 y HCS-2000, aproximando el escenario simulado, a la realidad.

Así mismo, debido a las limitaciones por la licencia del software HCS-2010, para todos los escenarios, se simulo la intersección 4 en el software HCS-2000, por lo que los resultados de las simulaciones al ser diferentes, están sujetos a revisión para el análisis de NS de viajeros en transporte público.

3.1 Componentes y definición de Infraestructura Vial

El tramo de estudio se compone de la arteria vial urbana Carretera Federal México-Puebla. Dicho tramo se divide en 4 puntos y 3 segmentos, cada uno con dimensiones geométricas y características de tráfico específicas.

En general, cada segmento e intersección no cuenta con señalamientos de control vehicular y peatonal tanto horizontales como verticales.

Cada segmento consta de 3 carriles, y no hay carriles exclusivos para la operación del transporte público. Ningún segmento o intersección cuenta con la existencia de paradas fijas o establecidas para el ascenso-descenso de transporte público.

A lo largo de cada enlace (acera peatonal) se presenció la abundancia de comercio ambulante, mismo que invade el área de circulación en aceras, así como la utilización del carril derecho para estacionamientos y/o instalación de puestos ambulantes. Para el caso de los puntos de acceso (retornos), 4 de 5 se utilizan para bases de transporte público. (Ver ilustración 13)

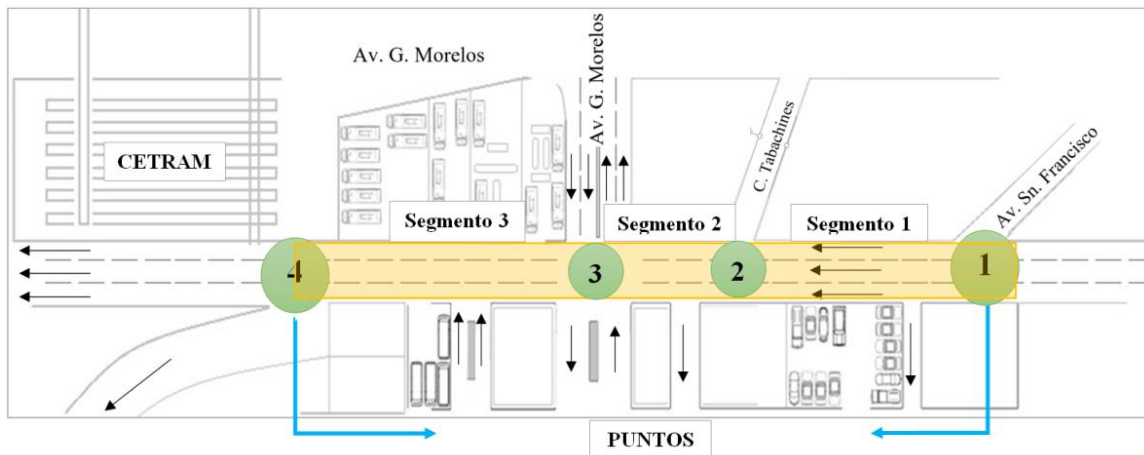


Ilustración 13: Definición de la Infraestructura vial urbana; Elaboración propia

3.2 Datos de entrada y análisis de la información

Para conocer las condiciones operativas del tramo de la Carretera Federal México-Puebla y mitigar las afectaciones que los usuarios de transporte público padecen durante sus viajes, el presente estudio se realizará mediante un análisis de operación (diagnóstico).

La tabla 8 muestra los requerimientos para el análisis operacional del modo de viaje en transporte público. Dicha tabla es un resumen de la tabla 17-6 del HCM-2010.

La tabla se dividió en 4 apartados, y cada requerimiento se debe obtener de cada intersección y/o segmento que integra la infraestructura en estudio.

El apartado 1 alude a los diferentes tiempos de operación, como el tiempo de permanencia de la unidad, el tiempo de espera en exceso o la frecuencia de paso del autobús.

El apartado 2 refiere a información vinculada con las dimensiones longitudinales de cada segmento que integra la infraestructura.

El apartado 3 corresponde a datos espaciales situados en los segmentos o puntos de la infraestructura vial urbana, como el tipo de área en el que se localiza la infraestructura en estudio, la existencia de paradas establecidas para el ascenso-descenso de pasajeros y el equipamiento de cada parada (asientos, techo, etc.).

Finalmente, el apartado 4 alude a información referente a indicadores de desempeño de los segmentos e intersecciones, como la velocidad de marcha, demora de control, medida de NS de la acera peatonal, etc.

Categoría de Datos	Localización	Elementos de Datos de Entrada	Modo Peatón	Modo Bicicleta	Modo Transporte Público
1 Características del Tráfico	Segmento en el que circula el Bús de transporte público	Tiempo de permanencia			X
		Tiempo de espera en exceso			X
		Longitud de viaje del pasajero			X
		Frecuencia de paso del Bús de transporte público			X
		Factor de ascenso de pasajeros			X
2 Diseño Geométrico	Información vinculada con el segmento y la calzada	Longitud del segmento	X	X	X
3 Otros	Información vinculada con el segmento	Tipo de Área			X
	Información vinculada con las paradas del transporte público	Localización de paradas de transporte público			X
		Posición de paradas de transporte público			X
		Proporción de paradas con protección de usuarios			X
		Proporción de paradas con asientos			X
4 Medidas de Desempeño	Información vinculada con el segmento	Velocidad de marcha del vehículo motorizado	X	X	X
		Medida de NS de la acera peatonal			X
	Límite de la intersección	Demora de control			X
		Demora de reingreso			X
		Proporción de verde efectivo a ciclo (si está señalizado)			X
	Proporción de volumen a capacidad (si es rotonda)			X	

Tabla 8: Requerimientos de entrada del modo de viaje en transporte público: Elaboración Propia

Es importante recalcar que se está evaluando la calidad de NS prestado a los usuarios de transporte público que viajan a lo largo de la infraestructura vial urbana, por lo que no se está determinando el NS de la ruta de transporte público en específico.

Por otro lado si en la infraestructura a evaluar confluyen una o más rutas de transporte público, estas se deben evaluar por separado y por sentido de circulación, ya que la perspectiva de viaje de los usuarios de transporte público con respecto a la ubicación geográfica y al medio de transporte elegido, es diferente con relación a la de otros usuarios con distintas condiciones de ubicación y de selección de modo de viaje.

3.3 Descripción general del software HCS-2010

El software HCS-2010, es una herramienta integral de la Universidad de La Florida, estructurada y fundamentada por las metodologías del Manual de Capacidad de Carreteras 2010 (Highway Capacity Manual), HCM, 2010, Transportation Research Board, (TBR).

Dicho software evalúa diferentes tipos de análisis, sin embargo dentro de sus múltiples estudios, para el caso del enfoque del presente trabajo de tesis, se utilizará el modulo “análisis de segmentos de arterias urbanas”, el cual, está destinado para el análisis y determinación de capacidad y NS de arterias urbanas, desde la perspectiva multimodal.

Dicho módulo se divide en 3 apartados. La ilustración 14 describe de manera general los apartados que estructuran el módulo.

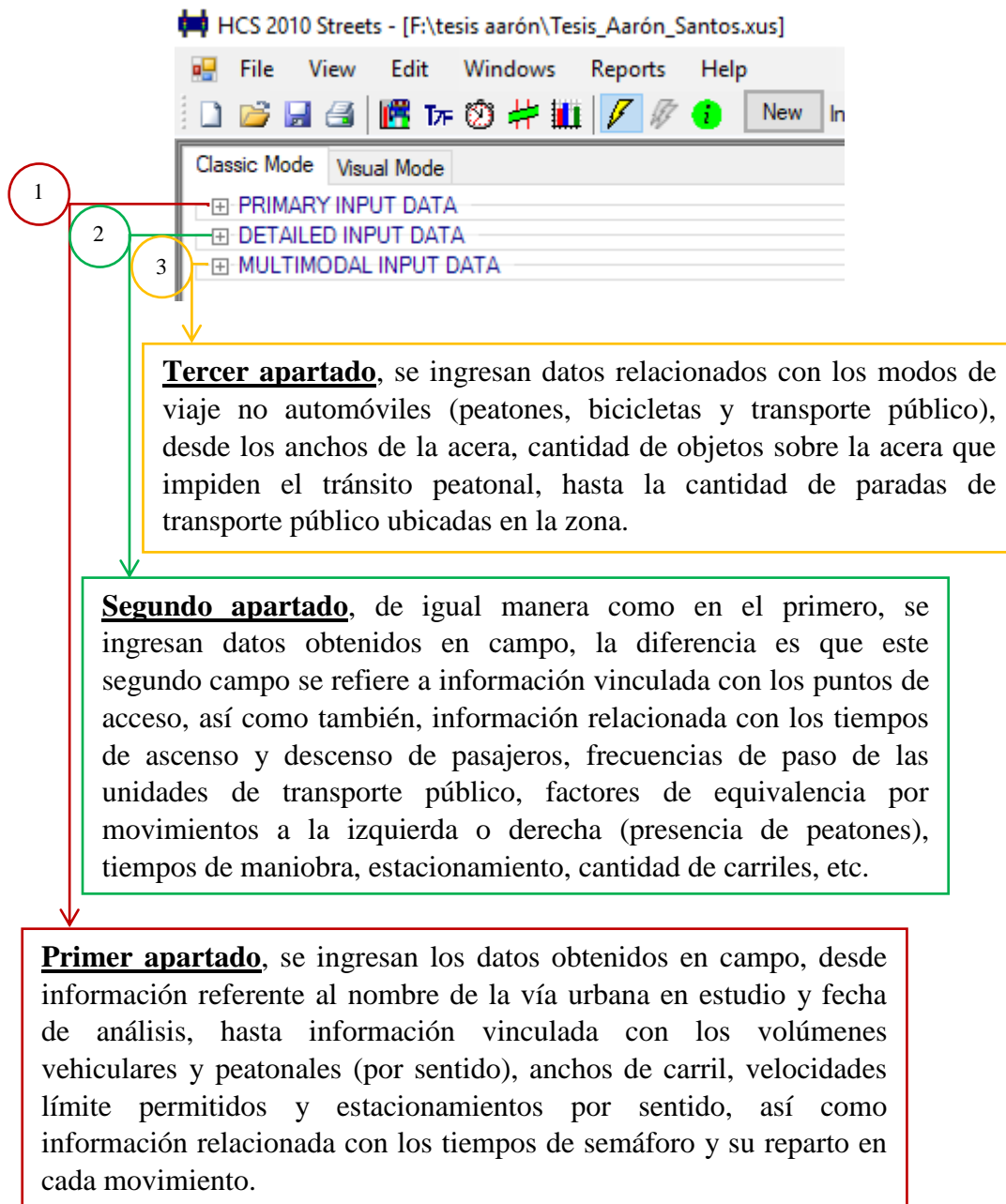


Ilustración 14: Descripción general de los campos que conforman el HCS 2010; Elaboración Propia

3.4 Ingreso de datos al software HCS-2010

El ingreso de datos descrito en este subcapítulo, corresponde a la simulación de las condiciones actuales con las que opera el tramo en estudio.

Dicha simulación se nombró escenario 1, y considera que la infraestructura vial opera con 2 carriles, controles de señal coordinados (ciclo de 120 segundos y offset de 15 segundos), permisividad de estacionamientos, paradas para ascenso-descenso de pasajeros y presencia de comercio ambulante.

Así mismo, debido a que el proceso de ingreso de datos es el mismo para todos los segmentos e intersecciones que integran la infraestructura vial en estudio, en éste capítulo sólo se muestra el proceso de entrada de datos del segmento 1 y las intersecciones que lo delimitan (ver ilustración 15).

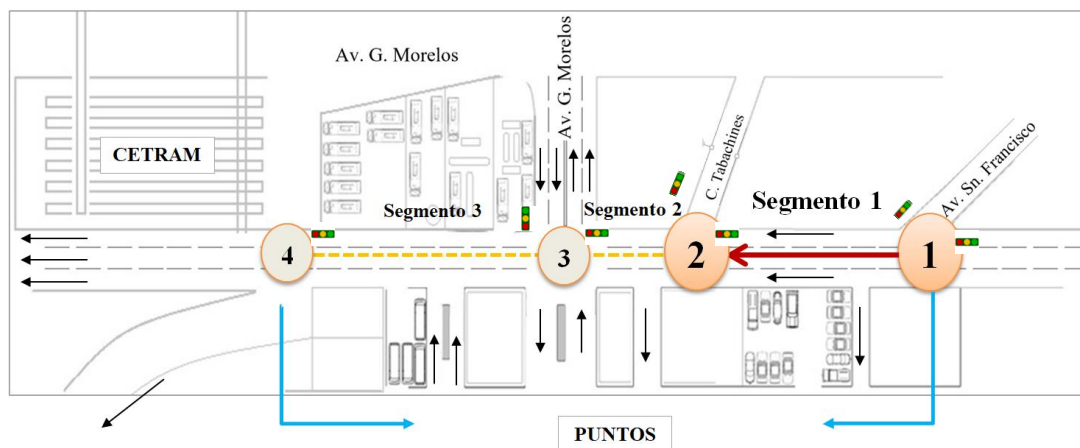


Ilustración 15: Segmento 1 e intersecciones 1 y 2 de la infraestructura del tramo de la Carretera Federal México-Puebla; Elaboración propia

La ilustración 16, muestra los campos del módulo 1 para el ingreso de datos del segmento vial en estudio. El recuadro rojo, refiere a datos vinculados con las intersecciones, el tipo de área CDB (Distrito Comercial Central), y la longitud del segmento. Así mismo, del lado derecho se visualiza un diagrama de movimientos vehiculares, el cual refiere a la cantidad de carriles con los que cuenta cada acceso que integra la intersección y los movimientos permitidos.

Sin embargo, una problemática del software HCS-2010, fue no permitir eliminar los movimientos hacia el sur directos. Dicha limitación, fue por la licencia del software, por lo que no permitió configurar los movimientos vehiculares observados en la zona de estudio. Por ello, se adaptaron las condiciones reales a las restricciones del software, asignando a los movimientos no existentes un volumen vehicular igual a cero.

Por otro lado, el recuadro verde muestra los campos de ingreso de información levantada en campo, desde la composición vehicular, peatonal y de bicicletas, hasta la presencia de estacionamientos, y de autobuses de transporte público. Para el ingreso de datos solicitados en este recuadro, se utilizó la información de aforos analizada e ilustrada en el capítulo 2.

La frecuencia de autobuses por hora que circulan en el tramo en estudio, se calculó de la siguiente manera.

Se registró un tiempo de llegada por unidad de 60 segundos. Considerando que en la primera intersección corriente arriba hay una longitud de almacenamiento de 70 metros desde la línea de parada, y estandarizando que 4 vagonetas de 5 metros, ocupan un espacio promedio de 20 metros (autobús), se tiene que a lo más, se pueden albergar 12 vagonetas. Sin embargo, debido a que la metodología no reconoce vagonetas y/o combis como autobuses de transporte público, las 12 vagonetas son proporcionales a 3 unidades de autobús de 20 metros, por lo que al multiplicar los 3 autobuses y la frecuencia por unidad, se tiene que en una hora llegan 160 autobuses corriente arriba.

Finalmente, el porcentaje de vehículos pesados, solo considera autobuses de transporte público, vehículos pesados y vehículos medianos.

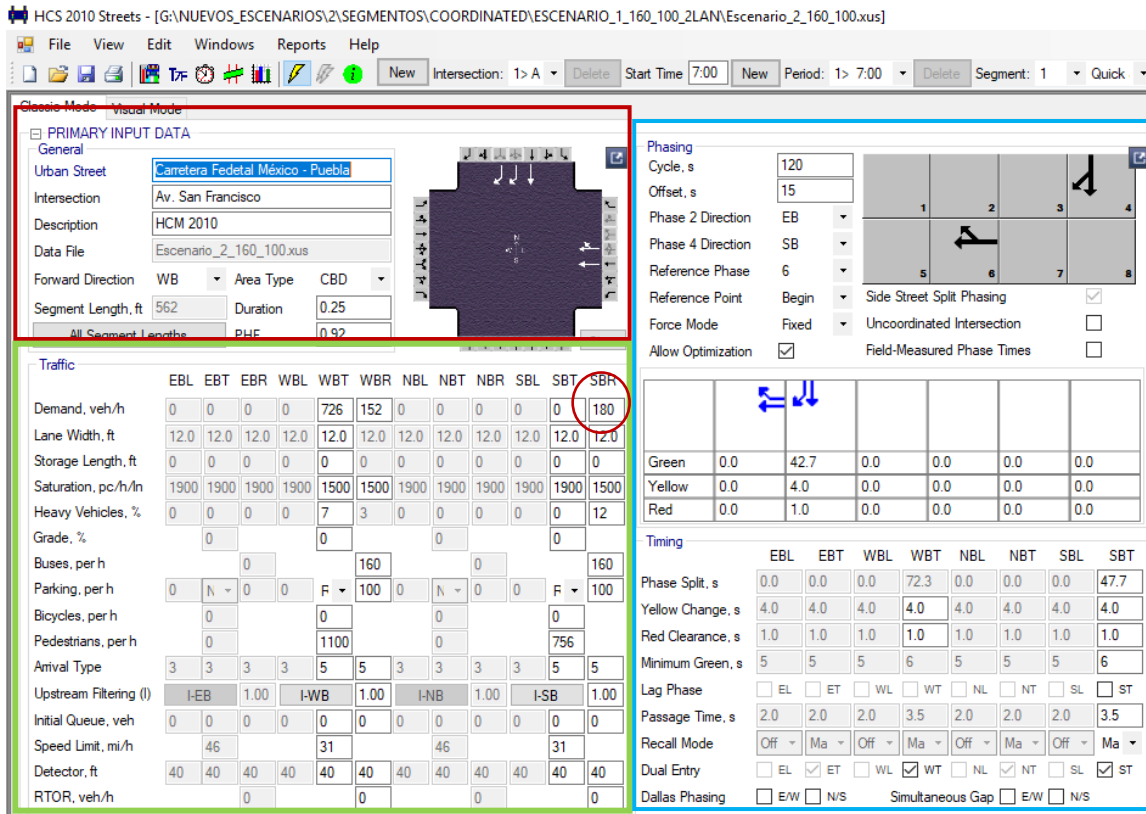


Ilustración 16: Primer apartado para ingreso de datos; Elaboración propia con software HCS 2010

Para el ingreso de datos de volúmenes vehiculares, se utilizó la ilustración 17, misma que muestra los volúmenes vehiculares en veh/hora (mixtos) por movimiento que se aforaron en la infraestructura vial en estudio en el periodo de análisis.

Por ejemplo, para el sentido Southbound Right (SBR) - Derecha hacia el Sur, se registró un volumen de 340 veh/h, sin embargo, al descontar los 160 autobuses que llegaron a la hora, se tiene un valor final de 180 veh/h para ése movimiento. (Círculo rojo en la ilustración 16 y recuadro rojo en ilustración 17).

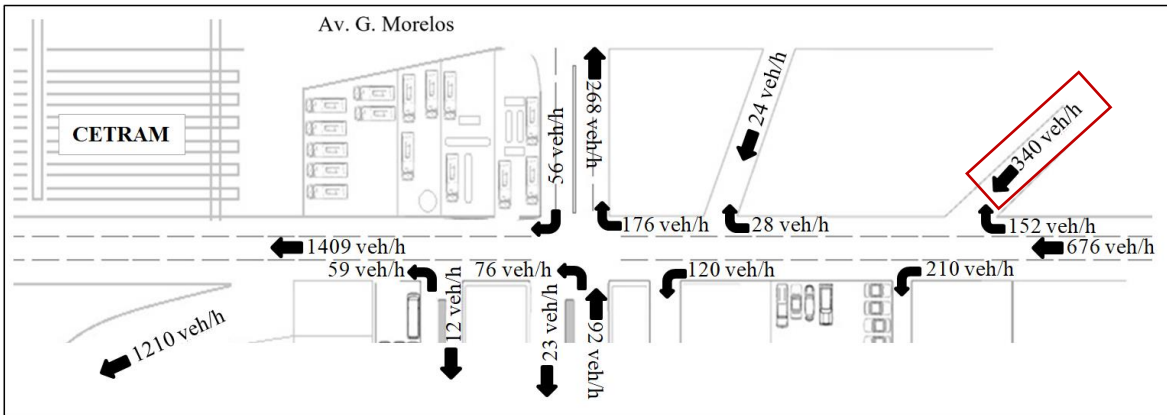


Ilustración 17: Volúmenes vehiculares por movimiento; Elaboración propia

Finalmente, el recuadro azul refiere al ingreso de información de los tiempos de semáforo y a la asignación de cada fase. En este caso, el software asigna los tiempos de semáforo para cada acceso y no permite manipularlos. Sin embargo, con la finalidad de que dicha asignación no beneficiase la capacidad y el NS del segmento y las intersecciones, se modificó la longitud del ciclo de 150 a 120 segundos, produciendo con esto un ciclo fallido.

Por otro lado, la ilustración 18 muestra el contenido de los campos de ingreso de datos del segundo apartado. Así mismo, los datos de entrada, factores, parámetros y variables de flujo, se explican en los capítulos 16 a 19 del HCM-2010 y en el Help del HCM-2010 en la opción “quest” o presionando la tecla “F1” en la opción de interés en el software HCS-2010.

El recuadro café de la ilustración 18 refiere a información general, es decir, año de análisis, nombre del analista y fecha de análisis. Por otro lado, el recuadro negro, muestra los campos de entrada referentes a los vehículos con giro a la izquierda durante el periodo de verde (Sneakers), la tasa de aceleración, la velocidad límite base, etc.

El recuadro rojo muestra los campos de entrada referentes a la intersección en estudio, es decir, la cantidad de carriles con los que cuenta por sentido y movimiento, si dichos carriles son compartidos con otro movimientos (giros izquierdos o derechos), los tiempos perdidos iniciales, tiempo de bloqueo por autobuses, tiempo de maniobras, etc.

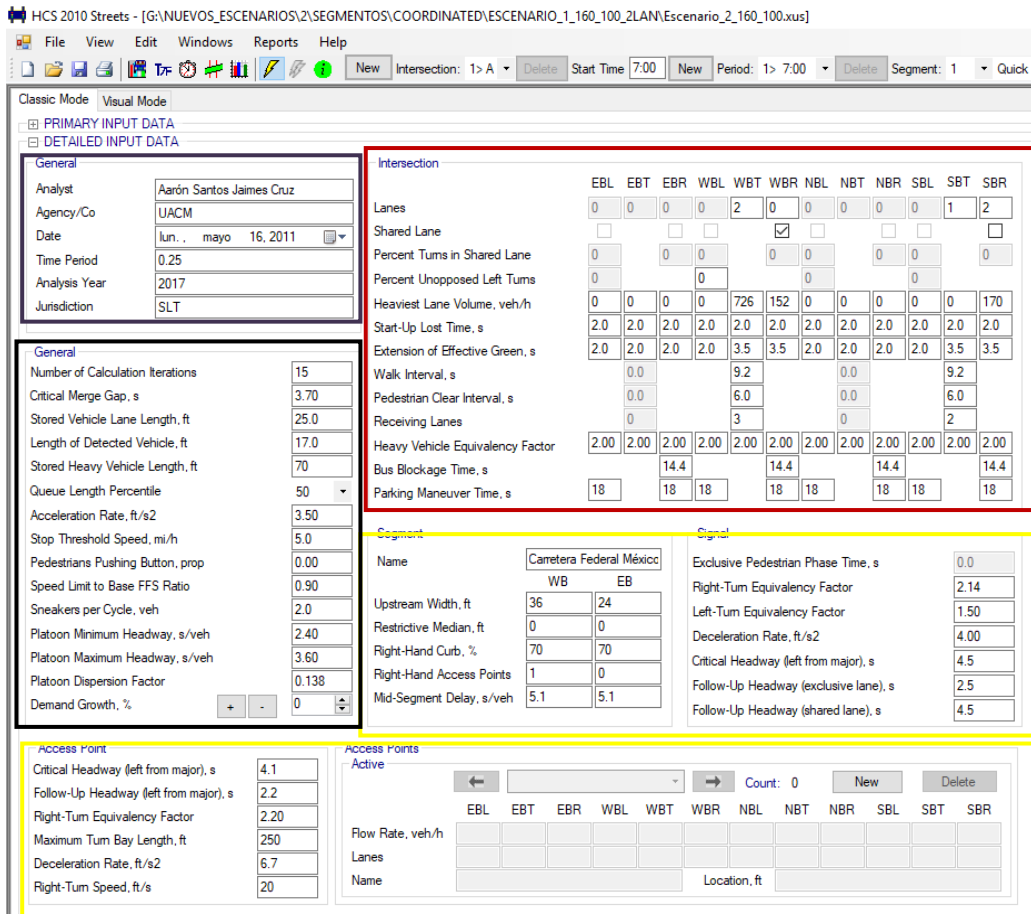


Ilustración 18: Segundo apartado para ingreso de datos; Elaboración propia con software HCS 2010

El recuadro amarillo muestra información referente al segmento, es decir, si el segmento cuenta con bordillo (reborde de las aceras), la demora media del segmento, así como la cantidad de puntos de acceso a la derecha en todo lo largo del segmento en estudio, etc. Así mismo, muestra la información que se requiere para incluir los puntos de acceso a lo largo del segmento, desde la distancia que existe entre ellos, el volumen vehicular por movimiento, y la cantidad de carriles existentes por acceso.

La ilustración 19 muestra el contenido de los campos de ingreso de datos del tercer apartado.

El recuadro verde de la ilustración 19, refiere a los campos para el ingreso de datos relacionados con el peatón, como, los volúmenes peatonales y las dimensiones de la infraestructura que estos utilizan. Así mismo, solicita información de los volúmenes vehiculares, los cuales, influyen en los factores de cruce peatonal. En este apartado, el NS de la infraestructura peatonal se determina con base al área de circulación con las que

disponen los transeúntes y la velocidad de viaje peatonal que estos desarrollan durante su viaje a través del enlace (acera).

El recuadro anaranjado refiere a información vinculada con el modo de viaje transporte público. En este, se ingresa información referente a las condiciones geométricas de la infraestructura para el transporte público, así como el equipamiento destinado al uso de transporte público, como la presencia de bancos y/o techos, presencia de mediana y bordillos, la frecuencia de paso de la unidad de transporte público, la cantidad de paradas que esta tiene sobre el segmento, las demoras que la unidad sufre después de ejecutar algún estacionamiento y la velocidad de viaje que esta adquiere durante la operación en el segmento.

El recuadro azul muestra los campos de entrada para el modo de viaje bicicleta, y solicita datos vinculados con los volúmenes de bicicletas por movimiento, así como las condiciones y dimensiones de la infraestructura destinada para los ciclistas que viajan sobre el tramo en estudio.

HCS 2010 Streets - [G:\NUEVOS_ESCENARIOS\2\SEGMENTOS\COORDINATED\ESCENARIO_1_160_100_2LAN\Escenario_2_160_100.xus]

File View Edit Windows Reports Help

New Intersection: 1> A Delete Start Time 7:00 New Period: 1> 7:00 Delete Segment: 1 Quick

Classic Mode Visual Mode

PRIMARY INPUT DATA
DETAILED INPUT DATA
MULTIMODAL INPUT DATA

Pedestrian Mode - Signals

	EB	WB	NB	SB
Permitted Left-Turn Flow, veh/h	0	0	0	0
Mid-Seg 85th % Speed, mi/h	0	31	0	31
Number Right-Turn Islands	0	0	0	0
Walkway Width, ft	9.0	0.0	9.0	0.0
Crosswalk Width, ft	12	10	12	10
Crosswalk Length, ft	0	24	0	24
Corner Radius, ft	25	25	25	25
Outgoing Ped Volume, ped/h	0	800	0	756
Incoming Ped Volume, ped/h	0	800	0	756
Circulating Ped Volume, ped/h	0	800	0	756
Rest-in-Walk Enabled	<input type="checkbox"/> EB	<input type="checkbox"/> WB	<input type="checkbox"/> NB	<input type="checkbox"/> SB
Pedestrian Signal Head	<input type="checkbox"/> EB	<input type="checkbox"/> WB	<input type="checkbox"/> NB	<input type="checkbox"/> SB
Crosswalk Closed	<input type="checkbox"/> EB	<input type="checkbox"/> WB	<input type="checkbox"/> NB	<input type="checkbox"/> SB

Pedestrian Mode - Streets

	WB	EB
Two-Way Ped Volume, ped/h	856	452
Ped Waiting Delay, sec/ped	30.0	30.0
Pedestrian Free-Flow Speed, ft/s	4.4	4.4
Downstream Intersection Width, ft	36	36
Sidewalk Presence	<input checked="" type="checkbox"/> WB	<input checked="" type="checkbox"/> EB
Inside Object Effective Width, ft	6.0	6.0
Outside Object Effective Width, ft	5.0	5.0
Buffer Width, ft	0.0	0.0
Nearest Signal Distance, ft	0	0
Sidewalk Length Adjacent to Window, Prop	0.00	0.00
Sidewalk Length Adjacent to Building, Prop	0.00	0.00
Sidewalk Length Adjacent to Fence, Prop	1.00	0.00

Streets

	WB	EB
On-Street Parking Occupied, Prop	1.00	1.00
Outside Thru Lane Width, ft	12	12
Bicycle Lane Width, ft	0.0	0.0
Paved Shoulder Width, ft	0.0	0.0
Presence of Curb	<input checked="" type="checkbox"/> WB	<input checked="" type="checkbox"/> EB
Presence of Continuous Barrier	<input type="checkbox"/> WB	<input type="checkbox"/> EB
Total Walkway Width	8.0	8.0
Median Type	None	None

Transit Mode - Streets

	WB	EB
Number of Transit Stops	18	18
Dwell Time, s	350.0	350.0
Excess Wait Time, min	9.99	9.99
Average Passenger Trip Length, mi	0.4	0.4
Transit Frequency	1	1
Passenger Load Factor	1.00	1.00
Transit Stop Near Side	<input checked="" type="checkbox"/> WB	<input type="checkbox"/> EB
Transit Stop On-Line	<input checked="" type="checkbox"/> WB	<input type="checkbox"/> EB
Stops with Shelters, Prop	0.00	0.00
Stops with Benches, Prop	0.00	0.00
Re-Entry Delay, s	60.00	60.00
Base Travel Time Rate, min/mi	9.0	9.0

Bicycle Mode - Signals

	EB	WB	NB	SB
On-Street Parking Occupied, Prop	0.50	0.50	0.50	0.50
Curb-to-Curb Street Width, ft	0	0	0	0
Outside Thru Lane Width, ft	12	0	12	0
Bicycle Lane Width, ft	5.0	0.0	5.0	0.0
Paved Shoulder Width, ft	2.0	0.0	2.0	0.0
Presence of Curb	<input type="checkbox"/> EB	<input type="checkbox"/> WB	<input type="checkbox"/> NB	<input type="checkbox"/> SB

Bicycle Mode - Streets

	WB	EB
Bicycle Running Speed, mi/h	10	10
Percent Heavy Vehicles	3.0	3.0
Total Number of Access Points	34	34
Pavement Condition Rating	3.5	3.5

Ilustración 19: Tercer apartado para ingreso de datos; Elaboración propia con software HCS 2010

3.5 Resultados de capacidad, demoras y NS de las intersecciones

En este subcapítulo, se muestran los resultados de capacidad, demora y NS, de las intersecciones del escenario 1. Para los diferentes movimientos vehiculares que se mencionan en los siguientes subcapítulos, véase la ilustración 29.

La tabla 9, muestra un resumen de los resultados obtenidos de capacidad, demora y NS de los accesos e intersecciones que integran la infraestructura vial en estudio,

La relación volumen a capacidad por carril (X_i) muestra la proporción de demanda atendida en cada movimiento. Para los movimientos de las intersecciones 1, 2, y el movimiento 16 de la intersección 3, operan en régimen saturado. Esto indica que la tasa de llegada es mayor que la capacidad que soporta cada grupo carril, lo que genera el aumento de la demanda no atendida en cada acceso, desplazando las colas corriente arriba y provocando aglomeraciones vehiculares y peatonales que impiden la circulación vehicular corriente abajo, y por consiguiente la congestión vial.

Así mismo, la capacidad de las intersecciones 1 a 3 está rebasada ($X_c > 1$), lo que significa que la longitud del ciclo, la secuencia de fases y la configuración física de las intersecciones, son insuficientes para manejar todos los flujos de demanda que arriban.

Lo anterior implica para los viajeros en transporte público, la prolongación del tiempo de viaje y la disminución de la velocidad, ya que las diferentes demoras que el viajero percibe durante la operación en la infraestructura vial son mayores.

Por ejemplo en la intersección 1, la demora del movimiento 6 es de hasta 12 minutos. Esto quiere decir que un vehículo que pretende cruzar la intersección 1 corriente abajo, tardará hasta 12 minutos en lograr hacerlo.

Sin embargo, para el caso de la demora de control para el movimiento 16 de la intersección 1 es de 25 minutos, esto quiere decir que un vehículo proveniente corriente arriba que desea integrarse mediante un giro a la derecha al acceso norte, tardará 25 minutos. Este tiempo es enorme, debido a que el giro derecho está influenciado por cruce de peatones, obstrucción de carril derecho, estacionamientos, vehículos en contra flujo, parada de autobuses de transporte público para el ascenso y descenso de pasajeros, etc.

2 CARRILES - 160 BUSES - 100 ESTACIONAMIENTOS - COORDINADO - CICLO DE 120 S											
Intersección	1			2			3			4	
Movimiento	6	16	14	6	16	14	6	16	14	6	16
Volumen (veh/h)	726	165	180	856	28	24	556	176	56	1050	1249
Volumen ajustado (veh/h)	789	165	196	451	15	26	346	110	61	186	221
Flujo de saturación (veh/h)	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Tasa de flujo de saturación ajustada (veh/h)	1262	1262	1205	1262	1262	1015	1250	1250	1071	1154	1098
Capacidad (veh/h)	362	39	85	430	13	25	353	38	90	1120	72
Relación crítica v/c (Xi) (carril)	2.18	4.23	2.31	1.05	1.15	1.04	0.98	2.89	0.68	0.17	3.07
Volumen del acceso (veh/h)	954			466			456			61	
Demora del acceso (s)	712.03			93.36			271.64			83.82	
NS del acceso	F			F			F			F	
Demora de la intersección (s)	700.2			104.16			249.49			630.4	
Demora de control	543.5	1516.9	642.5	79.4	151.4	297.2	62.2	933.2	83.8	0.4	1160
Relación crítica v/c (Xc) (intersección)	2.37			1.05			1.07			0.34	
NS DE LA INTERSECCIÓN	F			F			F			F	

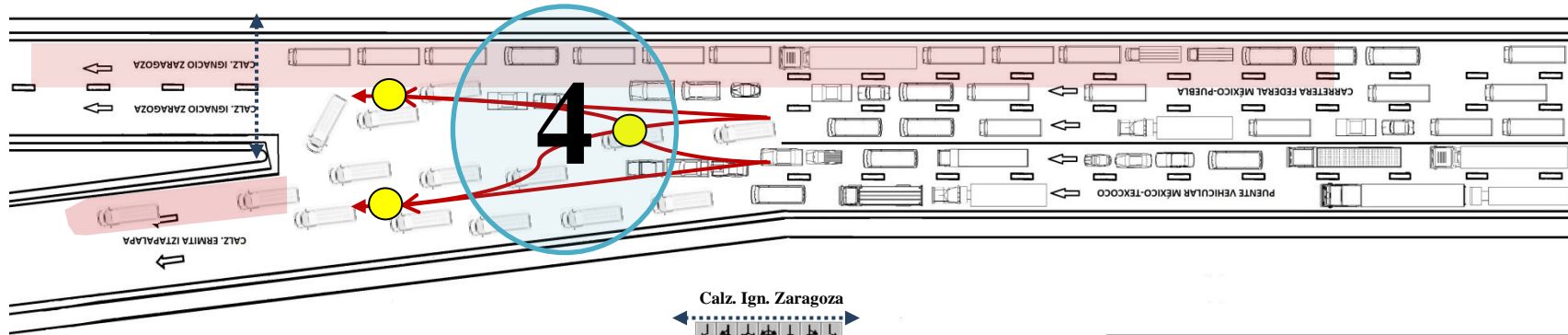
Tabla 9: Resultados de capacidad y NS de las intersecciones que integran la infraestructura en estudio; Elaboración HCS-2010

Por otro lado, debido a que la licencia del software HCS-2010 limita la manipulación de la configuración de los movimientos vehiculares, no fue posible adaptar las condiciones reales de la intersección 4 al software HCS-2010, por lo que los resultados arrojados por el software HCS-2010 para ésta intersección no son fiables,

Por ello, la intersección 4 se adaptó y simuló en el software HCS-2000, mismo que no omite problemas como: entrecruzamientos, cruce de peatones, estacionamientos, parada de autobuses para el ascenso y descenso de pasajeros, etc.

La ilustración 20, muestra las diferencias entre las consideraciones del software HCS-2010 y HCS-2000.

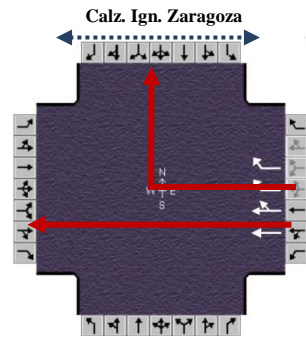
SITUACIÓN REAL



HCS-2010



Calz. Ermita Iztapalapa

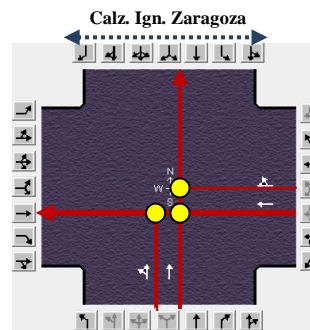


Lateral
Puente vehicular

HCS-2000



Calz. Ermita Iztapalapa



Lateral

Puente vehicular

Simbología

● Punto de entrecruzamiento o convergencia

→ Dirección de la corriente vehicular

⬄ Paso de peatones

▭ Estacionamientos

Ilustración 20: Comparativo de adaptación de condiciones reales a software HCS en sus diferentes versiones; Elaboración propia

La tabla 10 muestra los resultados arrojados por la simulación realizada en el software HCS-2000.

Intersección	4			
Movimiento	6	16	3	8
Volumen (veh/h)	317	430	733	979
Volumen ajustado (veh/h)	812		1861	
Flujo de saturación (veh/h)	1500	1500	1500	1500
Tasa de flujo de saturación ajustada (veh/h)	828		945	
Capacidad (veh/h)	490		323	
Relación crítica v/c (Xi) (carril)	1.66		5.76	
Demora del acceso (s)	329.20		2189	
NS del acceso	F		F	
Demora de la intersección (s)	1624			
Demora de control	329.2		2189	
Relación crítica v/c (Xc) (intersección)	3.16			
NS DE LA INTERSECCIÓN	F			

Tabla 10: Resultados de capacidad y NS de la intersección 4, que integra la infraestructura en estudio; Elaboración HCS-2000

En general, la capacidad de la intersección 4 está rebasada ($X_c > 1$), lo que significa que la longitud del ciclo, la secuencia de fases y la configuración física de las intersecciones, son insuficientes para manejar todos los flujos de demanda que arriban, afectando a los viajeros provenientes corriente arriba, en la prolongación de los tiempos de viaje y la disminución de la velocidad de los autobuses.

Por ejemplo, la demora del acceso lateral es de 6 minutos, tiempo que indica que un vehículo que proviene de la lateral y desea incorporarse a la Calz. Ermita Iztapalapa, tardará 6 minutos en hacerlo. Este resultado es bajo, debido a que en la realidad un vehículo llega a tardar hasta 15 minutos, incluyendo el tiempo de parada para ascenso y descenso de pasajeros, así como la reducción de carril, estacionamientos, etc.

La diferencia entre el resultado de demora obtenido por la simulación y la demora real, se explica porque la infraestructura simulada es diferente a la real. Lo recomendable sería disponer de la licencia profesional del HCS-2010 para simular un tramo de entrecruzamiento que allá se presenta.

Por otro lado la demora de control para el movimiento 16 es de 36 minutos, esto quiere decir que un vehículo proveniente de la lateral, que desea integrarse a la Calz. Ignacio Zaragoza, tardará 36 minutos. Este tiempo es aceptable, debido a que en la realidad, las unidades de transporte público interactúan con peatones, obstrucción de carril derecho, estacionamientos, parada de autobuses de transporte público para el ascenso y descenso de pasajeros, etc. (Ver ilustración 21)



Ilustración 21: Punto de bifurcación y congestión, por paradas de ascenso y descenso de pasajeros: Elaboración propia.

3.6 Medida de NS de los segmentos viales y aceras

Con base a los resultados obtenidos por el software HCS-2010 para el análisis de segmentos de arterias urbanas, la ilustración 22 muestra los resultados de medida de NS desde la perspectiva del viajero en transporte público (recuadro 1) y peatonal (recuadro 2), del escenario 1.

1			2		
PERSPECTIVA DEL VIAJERO EN TRANSPORTE PÚBLICO			PERSPECTIVA DEL VIAJERO PEATONAL		
1	Transit LOS Score for Segment	5.55	1	Ped LOS Score for Segment	2.61
1	Transit Segment LOS	F	1	Ped Segment LOS	F
2	Transit LOS Score for Segment	5.58	2	Ped LOS Score for Segment	2.58
2	Transit Segment LOS	F	2	Ped Segment LOS	B
3	Transit LOS Score for Segment	5.68	3	Ped LOS Score for segment	3.15
3	Transit Segment LOS	F	3	Ped Segment LOS	F

Ilustración 22: Resultados por segmento y acera de NS desde la perspectiva del viajero peatonal y en transporte público: Elaboración propia con HCS-2010

En general, el software no arroja resultados de velocidad y tiempo de viaje de cada segmento en los modos de viaje no automóviles, por lo que solo se cuenta con la medida de calidad de servicio y la categoría de NS.

Sin embargo, los resultados correspondientes a los viajeros en automóvil, si muestran los indicadores de desempeño de velocidad y tiempo de viaje (ver tabla 11).

Segmento	Movimiento	6	Segmento	Movimiento	6
1	Tiempo de Recorrido (s)	19.48	2	Tiempo de Recorrido (s)	19.10
1	Demora de acceso (s)	60.34	2	Demora de acceso (s)	63.50
1	Velocidad de viaje (m/s)	2.10	2	Velocidad de viaje (m/s)	0.59
1	Nivel de Servicio (NS)	F	2	Nivel de Servicio (NS)	F

Segmento	Movimiento	6
3	Tiempo de Recorrido (s)	25.17
3	Demora de acceso (s)	669.54
3	Velocidad de viaje (m/s)	0.40
3	Nivel de Servicio (NS)	F

Tabla 11: Tiempos y velocidad de viaje por segmento de los viajeros en automóvil: Elaboración propia.

3.7 NS de la infraestructura vial urbana conformada por el tramo de la Carretera Federal México-Puebla

Como producto del análisis realizado a los segmentos e intersecciones que integran el tramo en estudio, la ilustración 23 muestra los resultados de NS del tramo de la Carretera Federal México-Puebla desde la perspectiva del viajero peatonal y en transporte público, del escenario 1.

1	Viajero peatonal	
Facility Pedestrian Space (f^2/p)		2.13
Facility Pedestrian Travel Speed (f/s)		2.2
Facility Pedestrian LOS Score		2.8
Facility Pedestrian LOS		F
2	Viajero en transporte público	
Facility Transit Travel Speed (mph)		0.07
Facility Transit LOS Score		5.59
Facility Transit LOS		F

Ilustración 23: Resultados de velocidad y medida de NS de los viajeros peatonales y en transporte público; Elaboración propia con HCS-2010

3.7.1 Viajero peatonal

Como se mencionó en el capítulo 2, el área de circulación peatonal en las aceras, es afectada por la obstrucción de comercio ambulante, lo que implica que los transeúntes circulen en áreas peatonales reducidas y/o sobre la vía.

El software estima que en promedio los peatones circulan en un área peatonal de $0.2 m^2$, muy poco comparado con la recomendación del HCM2010, que define $2.22 m^2/p$ para desplazarse a una velocidad de $1.21 m/s$ con NS C o D. De ahí que el NS para la acera peatonal de la infraestructura es F. Esta medida muestra la baja calidad en el desplazamiento peatonal en una acera que tiene 2 m de ancho real, pero se reduce a 20 cm por la ocupación de los comercios ambulantes.

Así mismo, la velocidad de viaje peatonal es reducida, ya que un peatón que circula sobre la acera, lo hace a poco menos de $0.67m/s$.

Los resultados anteriores se aproximan a la realidad, ya que en la zona de estudio se tiene un área de circulación peatonal reducida por la presencia de puestos de comercio ambulante, obligando a los transeúntes a caminar sobre la vía (Ver ilustración 24).



Ilustración 24: Comercio ambulante sobre la acera peatonal; Elaboración propia

3.7.2 Viajero en transporte público

Los resultados del recuadro 2 de la ilustración 23, muestran que la experiencia de los viajeros en transporte público es mala, ya que la velocidad de viaje de las unidades de transporte público en la infraestructura es apenas de 0.031 m/s (0.115 km/h).

Por otro lado, como se mencionó con anterioridad el software no emite resultados con de tiempos de viaje que invierten los viajeros en transporte público al circular por el tramo de la Carretera Federal México-Puebla, por lo que se realizó el siguiente proceso para obtener dicho indicador.

La velocidad de viaje como se vio en el capítulo 3 depende en gran medida del tiempo empleado para recorrer cada segmento y de las demoras sufridas en la intersección. Entonces, si se extraen las demoras en la intersección y se suman a los tiempos de recorrido que un automóvil emplea para recorrer el tramo de la Carretera Federal México-Puebla, se

tiene el tiempo de viaje desde la perspectiva del viajero en transporte público (Ver tabla 12).

Intersección	1	2	3	4
Demora en la Intersección (s)	700.2	140.16	249.49	1624
Tiempo de viaje del automóvil(s)	218.1			
Tiempo de viaje de la unidad de transporte público (s)	2931.95			
Tiempo de viaje de la unidad de transporte público (min)	48.87			
Velocidad de viaje (m/s)	0.031			

Tabla 12: Tiempo de viaje invertido por los viajeros en transporte público: Elaboración propia.

La tabla 12 muestra que en general un viajero en transporte público invierte 48.87 minutos de tiempo de viaje en recorrer el tramo de la Carretera Federal México-Puebla desde el punto 1 hasta el punto 4, y lo hace a una velocidad de viaje de 0.031 m/s.

Por lo tanto, con base en los análisis realizados y a través de la simulación apoyada con el software HCS-2010 y HCS-2000, así como de los resultados arrojados por los mismos, se concluye que **el Nivel de Servicio de la Infraestructura Vial Urbana desde el punto de vista del Transporte Público Urbano en el tramo de la Carretera Federal México-Puebla es F.**

Finalmente, los viajeros en automóvil también son afectados debido a las diferentes problemáticas que se presencian en la vía en estudio.

Como se aprecia en la ilustración 25, el apartado “1”, indica que un viajero en automóvil que viaja a través del tramo urbano en estudio, tarda en cruzar del punto 1 al punto 4, 10 minutos.

El apartado “2”, indica que un usuario en automóvil que viaja a través del tramo urbano, viaja a una velocidad de 1.79 mph, equivalente a 2.88 km/h (0.8 m/s).

El apartado “3”, indica que un usuario de Transporte público que viaja a través del tramo urbano, transita a una velocidad de flujo libre base (esta velocidad no está influenciada por demora ocasionadas por vehículos detenidos, maniobras de estacionamientos, congestión, etc.) de 32.95 mph, misma que es equivalente a 53 km/h. Sin embargo, el software arroja que solamente el 5.42% de los viajeros alcanzará esta velocidad (ver apartado “4”).

Facility Output Data		Westbound
1	Facility Travel Time, s	629.46
	Facility Travel Speed, mph	1.79
3	Facility Base Free Flow Speed, mph	32.95
	Facility Percent of Base FFS	5.42
	Facility Level of Service	F
	Facility Auto Traveler Perception Score	3.71

Ilustración 25: Resultados arrojados por el software HCS-2010, desde la perspectiva del automovilista: Elaboración propia con HCS-2010

Los resultados de velocidad y tiempo de recorrido, entre el viajero en automóvil y el viajero en transporte público, son diferentes debido al tipo de operación de cada modo de viaje, ya que por ejemplo, el viajero en automóvil tiene la posibilidad de elegir la velocidad durante su paso en la infraestructura vial, además de la realización de paradas. Sin embargo, las unidades de transporte público por las constantes paradas que efectúan para ascenso-descenso de pasajeros, no pueden circular a velocidades altas.

El siguiente subcapítulo, muestra los escenarios con operación de semáforo coordinado y no coordinado. Es importante mencionar que únicamente se muestran las tablas resumen de los resultados obtenidos por el software HCS-2010 y HCS-2000 (en la intersección 4),

dejando a disposición del interesado, la memoria de cálculo y los archivos de ingreso de datos al software HCS-2010 y HCS-2000 para su posterior revisión, así mismo en el apéndice se muestran las comparaciones entre los distintos escenarios de simulación.

3.8 Resumen de escenarios de operatividad actuales

- En el escenario 2, se considera que la infraestructura vial en estudio opera con 3 carriles, permitiendo la realización de maniobras de estacionamientos y paradas de ascenso-descenso de pasajeros en el carril derecho, y sin descartar el ambulante tanto en ceras, como en la vía.

Al realizar la simulación, los software HCS-2010 (color anaranjado en la intersección 4) y HCS-2000 (color azul en la intersección 4) indican que la capacidad de las intersecciones sigue rebasada, salvo en la intersección 2 (Ver tabla 13).

3 CARRILES-160 BUSES-100 ESTACIONAMIENTOS-COORDINADO-CICLO DE 120 S															
Intersección	1			2			3			4		4			
Movimiento	6	16	14	6	16	14	6	16	14	6	16	6	16	3	8
Volumen (veh/h)	726	152	180	856	28	24	536	176	56	1050	1249	317	430	733	979
volumen ajustado (veh/h)	789	165	370	987	31	26	738	242	61	157	187	812		1861	
Tasa de fujo de saturación (veh/h)	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Tasa de flujo de saturación ajustada (veh/h)	1262	1262	1205	1262	1262	1015	1250	1250	1071	1097	1153	1501		878	
Capacidad (veh/h)	964	39	168	470	15	25	942	38	73	2131	498	888		300	
Relación crítica v/c (Xi) (carril)	0.82	4.23	2.20	2.10	2.07	1.04	0.78	6.37	0.84	0.07	0.38	0.91		6.20	
Volumen del acceso (veh/h)	954		370	987		26	981		61	344		-----			
Demora del acceso (s)	270.15		433.87	49.12		297.22	632.48		83.82	1.69		18.10		2388	
NS del acceso	F		F	D		F	F		F	A		B		F	
Demora de la intersección (s)	315.85			55.51			600.42			1.69		1668			
Demora de control (s)	9.1	1516.9	433.9	43.3	149.1	297.2	20.2	2497.1	83.8	0.2	39.8	18.1		2388	
Relación crítica v/c (Xc) (Intersección)	1.131			2.047			0.989			0.131		2.85			
NS DE LA INTERSECCIÓN	F			E			F			A		F			

Tabla 13: Resultados de capacidad y NS de las intersecciones por el software HCS-2010 y HCS-2000: Elaboración propia con HCS-2010

Por otro lado, el NS de la infraestructura vial desde la perspectiva del viajero en transporte público aparentemente mejora a D. El punto 4 es la razón principal por la que el NS de la infraestructura vial es D, ya que el NS de un punto, influye en el NS de la infraestructura.

De acuerdo con la simulación hecha en el HCS-2000 (color azul), el NS del punto 4 es F. Por lo que en términos generales se interpreta que el NS de la infraestructura es F.

Para el caso del NS de la infraestructura vial desde la perspectiva del viajero peatonal, el área de circulación peatonal disminuye, lo que significa que los peatones siguen circulando sobre la vía, ya que el área de circulación peatonal es

reducida y con ello un NS de la infraestructura desde la perspectiva peatonal F (Ver ilustración 26).

Facility Transit Travel Speed	2.33
Facility Transit LOS Score	4.01
Facility Transit LOS	D
Facility Pedestrian Space	1.72
Facility Pedestrian Travel Speed	2.2
Facility Pedestrian LOS Score	2.97
Facility Pedestrian LOS	F

Ilustración 26: Resultados de NS desde la perspectiva peatonal y en transporte público: Elaboración con HCS-2010

Para este escenario se estima que un viajero en transporte público del punto 1 al punto 4 tardará en recorrer la infraestructura 46.16 minutos y lo hará a una velocidad de 3.87 m/s (Ver tabla 14).

Intersección	1	2	3	4
Demora en la Intersección (s)	315.85	55.51	600.42	1668
Tiempo de viaje del automóvil(s)	129.71			
Tiempo de viaje de la unidad de transporte público (s)	2769.49			
Tiempo de viaje de la unidad de transporte público (min)	46.16			
Velocidad de viaje (m/s)	3.87			

Tabla 14: Tiempo de viaje invertido por los viajeros en transporte público: Elaboración propia.

- En este tercer escenario los controladores son no coordinados, además de que la infraestructura opera con 2 carriles y la longitud de ciclo es de 130 segundos. Los resultados de capacidad y NS se muestran en la tabla 15.

2 CARRILES-160 BUSES-100 ESTACIONAMIENTOS-NO-COORDINADO-CICLO DE 130 S															
	1			2			3			4		4			
Movimiento	6	16	14	6	16	14	6	16	14	6	16	6	16	3	8
Volumen (veh/h)	886	152	340	856	28	24	536	176	56	1050	1249	317	430	733	979
volumen ajustado (veh/h)	789	165	196	336	11	26	275	87	61	152	127	830			955
Tasa de flujo de saturación (veh/h)	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Tasa de flujo de saturación ajustada (veh/h)	1262	1262	1205	1262	1262	1015	1250	1250	1071	1098	1164	1501			878
Capacidad (veh/h)	293	39	54	375	12	26	218	38	92	1068	76	453			375
Relación crítica v/c (Xi) (carril)	2.69	4.23	3.63	0.90	0.92	1.00	1.26	2.29	0.66	0.14	1.67	1.83			2.55
Volumen del acceso (veh/h)	954		196	347		26	362		61	279		-----			
Demora del acceso (s)	899.90		1591.6	44.62		276.97	273.09		107.63	203		2123.00		1829	
NS del acceso	F		F	D		F	F		F	F		F		F	
Demora de la intersección (s)	1017.5			60.86			249.28			203		1930			
Demora de control (s)	773.3	1504.6	1591.6	31.3	88.7	277	153	652.4	107.6	0.3	444.1	2123		1829	
Relación crítica v/c (Xc) (Intersección)	2.98			0.90			1.22			0.24		3.34			
NS DE LA INTERSECCIÓN	F			E			F			F		F			

Tabla 15: Resultados de capacidad y NS de las intersecciones por el software HCS-2010 y HCS-2000: Elaboración propia con HCS-2010 y HCS-2000

El NS de la infraestructura vial desde la perspectiva del viajero en transporte público es F; incluso el punto 4 resulto con un NS F.

Igualmente el NS de la infraestructura vial desde la perspectiva del viajero peatonal, continúa siendo F (Ver ilustración 27).

Facility Transit Travel Speed	0
Facility Transit LOS Score	5.61
Facility Transit LOS	F
Facility Pedestrian Space	2.09
Facility Pedestrian Travel Speed	2.2
Facility Pedestrian LOS Score	2.89
Facility Pedestrian LOS	F

Ilustración 27: Resultados de NS desde la perspectiva peatonal y en transporte público: Elaboración con HCS-2010

En este escenario, los viajeros en transporte público tardarán en recorrer la infraestructura vial compuesta del punto 1 al punto 4 hasta 76.80 minutos, es decir, 1 hora y 15 minutos, y lo harán a una velocidad de 0.37 m/s. (Ver tabla 16)

Intersección	1	2	3	4
Demora en la Intersección (s)	1017.5	60.86	249.28	1930
Tiempo de viaje del automóvil(s)	1350.5			
Tiempo de viaje de la unidad de transporte público (s)	4608.14			
Tiempo de viaje de la unidad de transporte público (min)	76.80			
Velocidad de viaje (m/s)	0.37			

Tabla 16: Tiempo de viaje invertido por los viajeros en transporte público: Elaboración propia.

- Finalmente, el cuarto escenario simula que la infraestructura vial opera con tres carriles, una longitud de ciclo de 130 segundos y con controladores no coordinados, los resultados fueron los siguientes (Ver tabla 17).

3 CARRILES-160 BUSES-100 ESTACIONAMIENTOS-NO-COORDINADO-CICLO DE 130 S																	
Intersección	1			2			3			4		4					
Movimiento	6	16	14	6	16	14	6	16	14	6	16	6	16	3	8		
Volumen (veh/h)	726	152	180	856	28	24	536	176	56	1050	1249	317	430	733	979		
volumen ajustado (veh/h)	764	160	196	898	29	26	867	274	61	1141	1358	985		1861			
Tasa de flujo de saturación (veh/h)	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500		
Tasa de flujo de saturación ajustada (veh/h)	1262	1262	1205	1262	1262	1015	1250	1250	1071	1098	1164	1555		955			
Capacidad (veh/h)	955	39	107	979	30	26	968	38	92	2134	503	849		375			
Relación crítica v/c (Xi) (carril)	0.80	4.10	1.83	0.92	0.97	1.00	0.90	7.21	0.66	0.53	2.70	1.16		4.96			
Volumen del acceso (veh/h)	924			196			927.76			26		1141		61		2499	
Demora del acceso (s)	257.60			427.51			22.98			276.97		693.55		74.92		502.44	
NS del acceso	F			F			C			F		E		F		F	
Demora de la intersección (s)	287.28			29.93			662.23			497.9		1523					
Demora de control (s)	748.9	1445.3	427.5	17.2	118.7	277	15.5	2835.5	74.9	1	924	945.7		1829			
Relación crítica v/c (Xc) (Intersección)	1.02			0.92			1.09			0.95		2.75					
NS DE LA INTERSECCIÓN	F			C			F			F		F					

Tabla 17: Resultados de capacidad y NS de las intersecciones por el software HCS-2010 y HCS-2000: Elaboración propia con HCS-2010 y HCS-2000

En este caso, el NS de la infraestructura vial desde la perspectiva del viajero en transporte público y peatonal es igualmente F (Ver ilustración 28).

Facility Transit Travel Speed	0
Facility Transit LOS Score	5.6
Facility Transit LOS	F
Facility Pedestrian Space	2.09
Facility Pedestrian Travel Speed	2.2
Facility Pedestrian LOS Score	2.84
Facility Pedestrian LOS	F

Ilustración 28: Resultados de NS desde la perspectiva peatonal y en transporte público: Elaboración con HCS-2010

Para este escenario, los viajeros en transporte público tardarán en recorrer la infraestructura vial compuesta del punto 1 al punto 4, hasta 43.55 minutos, es decir aproximadamente 1 hora; viajando a una velocidad de 0.048 m/s. (Ver tabla 18)

Intersección	1	2	3	4
Demora en la Intersección (s)	287.28	26.85	662.23	1529
Tiempo de viaje del automóvil(s)	107.54			
Tiempo de viaje de la unidad de transporte público (s)	2612.9			
Tiempo de viaje de la unidad de transporte público (min)	43.55			
Velocidad de viaje (m/s)	0.048			

Tabla 18: Tiempo de viaje invertido por los viajeros en transporte público: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

Con la finalidad de mejorar la capacidad y el NS de la infraestructura vial en estudio, en éste capítulo, se describen 2 propuestas de solución, que mejoran la experiencia de los viajeros en transporte público y peatonal, a través de la optimización de los indicadores de desempeño como la velocidad y tiempo de viaje.

4.1 Propuesta 1: Reubicación de rutas de transporte público y de comercio ambulante en predio particular, así como implementación de carril Sólo Bús, en el tramo de la Carretera Federal México-Puebla.

Con la finalidad de reubicar a las diferentes rutas de transporte público que operan sobre el tramo en estudio, y mitigar las afectaciones que producen a los distintos viajeros, se propone como área de operaciones para el ascenso-descenso de pasajeros y para resguardo de unidades de transporte público, el predio ubicado entre la Av. San Francisco y la Av. Generalísimo Morelos.

Dicho predio, cuenta con un área de 53,000 m², y permitirá el ingreso a unidades de transporte público que tengan como punto de paso el tramo en estudio y a unidades que realicen base. Así mismo, ubicará y reordenará la estancia de comercios ambulantes.

Para lo anterior, se propone la división del terreno en 2 partes, ambas con una entrada y una salida, mismas que facilitaran el acceso y salida hacia el Edo. de México y/o la CDMX

El área 1(A-1), estará conformada por una entrada (E-1) y una salida (S-1), estas, darán acceso y salida a rutas provenientes del oriente del Edo. de México que sólo tengan como punto de paso el tramo en estudio, y a rutas de transporte público que operan fuera del CETRAM. Ambas, circularán en el carril exclusivo en dirección a la CDMX.

La infraestructura destinada para las rutas de paso que ingresen al área 1, son bahías sin techo (líneas rosas), mismas que serán destinadas únicamente para el ascenso-descenso de pasajeros. Cada bahía, mide 110 metros y podrá almacenar 9 autobuses de 12 metros.

Así mismo, el área 2 (A-2) estará conformada por una entrada (E-2) y una salida (S-2), estas, darán acceso y salida sobre la Av. Generalísimo Morelos y la Av. Mejoramiento Ambiental. En esta área, operará el 69% de las bases de las rutas de transporte público que

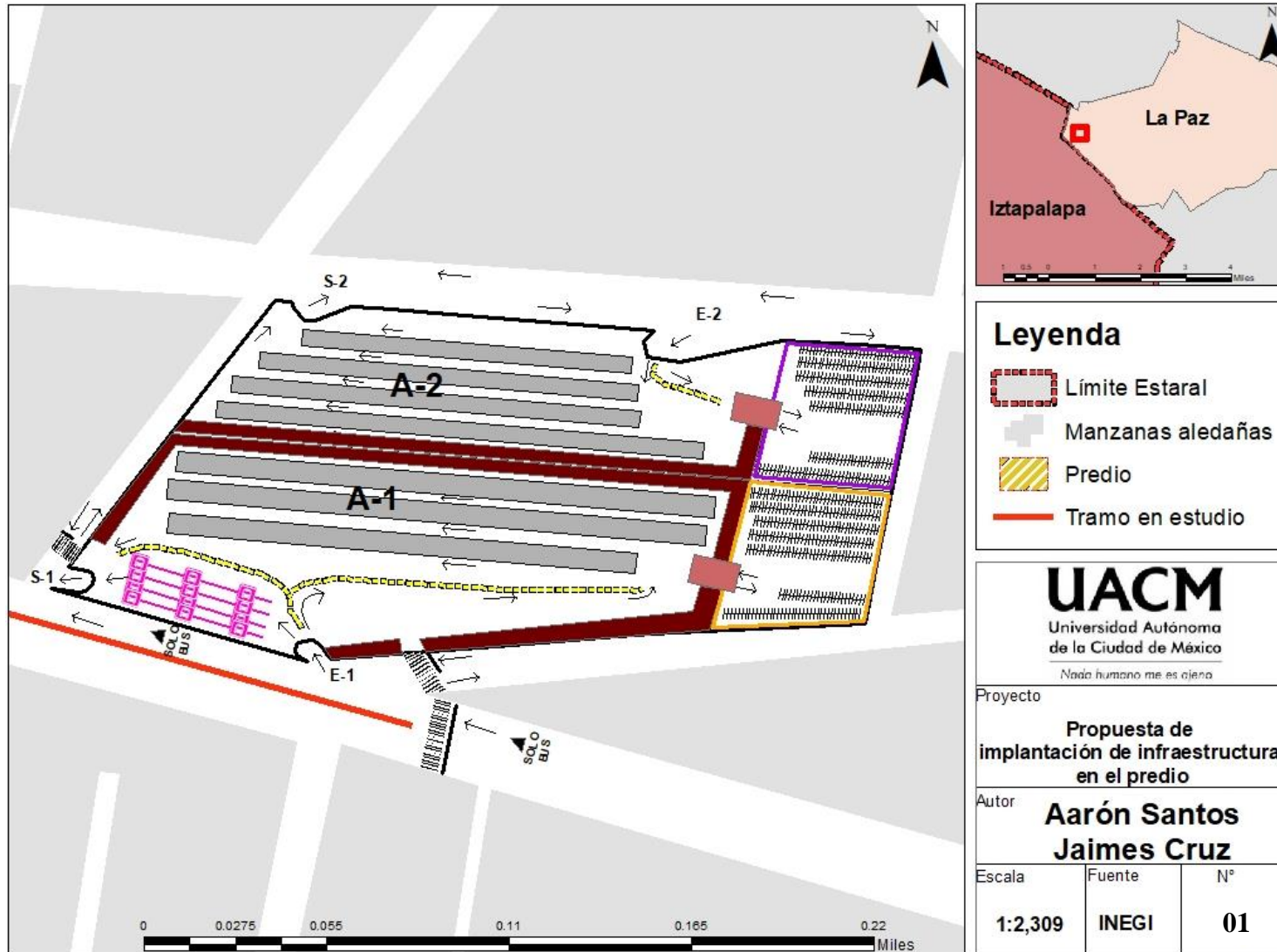
van con dirección al oriente del Edo. De México y no será necesario que transiten sobre el carril exclusivo.

La infraestructura destinada para las bases de las rutas de transporte público en ambas áreas (A-1 y A-2), son bahías con techo que miden 200 metros, y lograrán albergar hasta 34 autobuses de 12 metros cada uno.

Tanto el área 1 como el área 2, contarán con espacios exclusivos para resguardo de unidades. Cada área de resguardo, tendrá capacidad para 200 autobuses de 12 metros (recuadro anaranjado y morado).

Para la reubicación de puestos ambulantes, en el área 1 se ubicarán 300 puestos fijos, y para el área 2, 150 puestos fijos (recuadro café).

La operación vehicular dentro de cada área, se describe mediante las flechas (ver plano 1).



Plano 1: Plano con operaciones de ascenso-descenso y resguardo de unidades; Elaboración propia

Por otro lado, de acuerdo con el libro “Operación del transporte público” del autor Ángel Molinero (1996), para la implementación de carril Sólo Bús, se requiere una frecuencia de 40 autobuses por hora y 2 carriles adicionales para el tránsito general.

En este caso, el carril exclusivo operará sobre el tramo en estudio desde el punto 1 hasta el punto 4. En él, los estacionamientos y paradas para ascenso-descenso de pasajeros no estarán permitidos, por lo que se implementarán foto multas para sancionar a quienes no respeten el trato preferencial. El carril se dotará de señalización vertical y horizontal, y su exclusividad se reflejará a través de tachones plásticos bidireccionales reflejantes. Corriente arriba habrá señalamientos verticales y horizontales, como letreros, bollas y uñas de gato, los cuales tendrán como objetivo indicar a los conductores de manera anticipada la existencia del carril.

Por ejemplo, en la intersección compuesta por la Av. Mejoramiento Ambiental y la Carretera Federal México-Puebla (punto 5), en el movimiento 6 del punto 5, cuando el semáforo opere en fase de rojo, los puntos 1 a 4 operarán en fase verde, de manera que todas las unidades almacenadas en el carril exclusivo, tendrán la posibilidad de ingresar y/o salir del predio sin interrupción alguna.

Para ello, se propone eliminar el movimiento 16 del punto 3, ya que del total de unidades que ingresan al CETRAM, el 32% lo hace a través del tramo en estudio mediante giro derecho. Si esta proporción ingresara en el punto 5, se daría prelación únicamente a los movimientos directos, evitando amontonamientos y colas debidas al semáforo. Finalmente, para el caso de las rutas provenientes de la CDMX que entran al CETRAM, estas lo harían mediante el movimiento 5 en el punto 3.

Por otro lado, para el caso del acceso y/o salida de la plaza de la tecnología, se propone que sea por la calle Tabachines y la Av. Generalísimo Morelos.

En ambos sentidos los estacionamientos sobre la vía y retornos estarán prohibidos, así como el comercio ambulante sobre la vía y aceras. Así mismo, se propone clausurar la entrada y salida peatonal 3 del CETRAM Santa Martha, con la finalidad de evitar bases de unidades de transporte público que reduzcan el espacio vial y ponga en riesgo a los viajeros y transeúntes.

Con ésta propuesta en general la carga vehicular de transporte público sobre el tramo de la Carretera Federal México-Puebla disminuiría en un 51%.

La ilustración 29 muestra la numeración de los diferentes movimientos que componen una intersección, mismos que se asociarán a los puntos que estructuran el tramo de la Carretera Federal México-Puebla con carril exclusivo. Así mismo la ilustración 30 muestra los puntos que corresponden a cada intersección del diagrama 1.

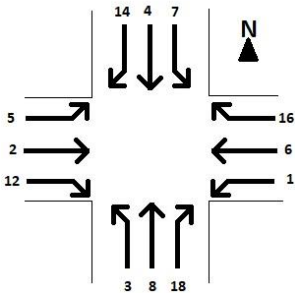


Ilustración 29: Numeración de movimientos de una intersección: Elaboración propia

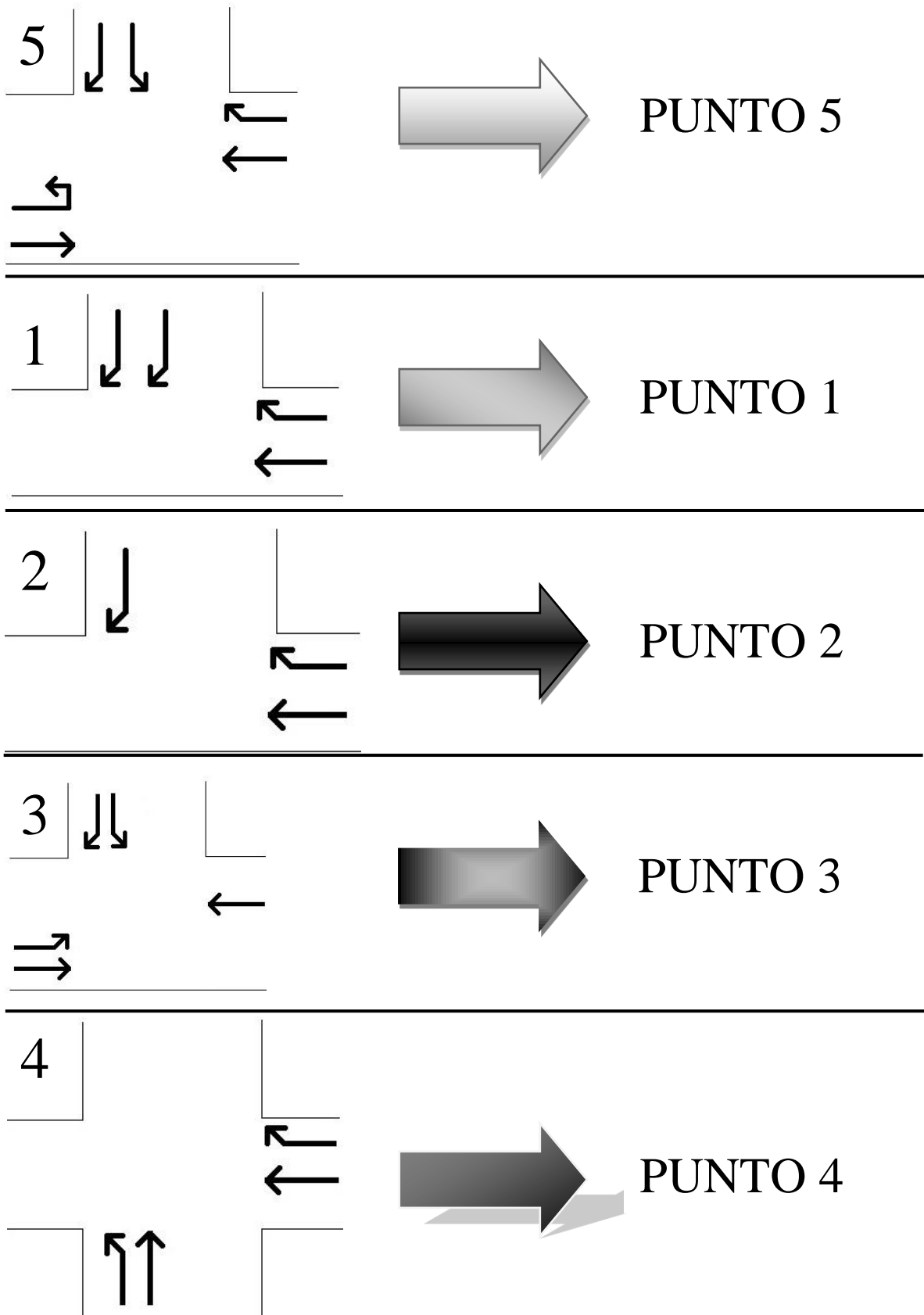
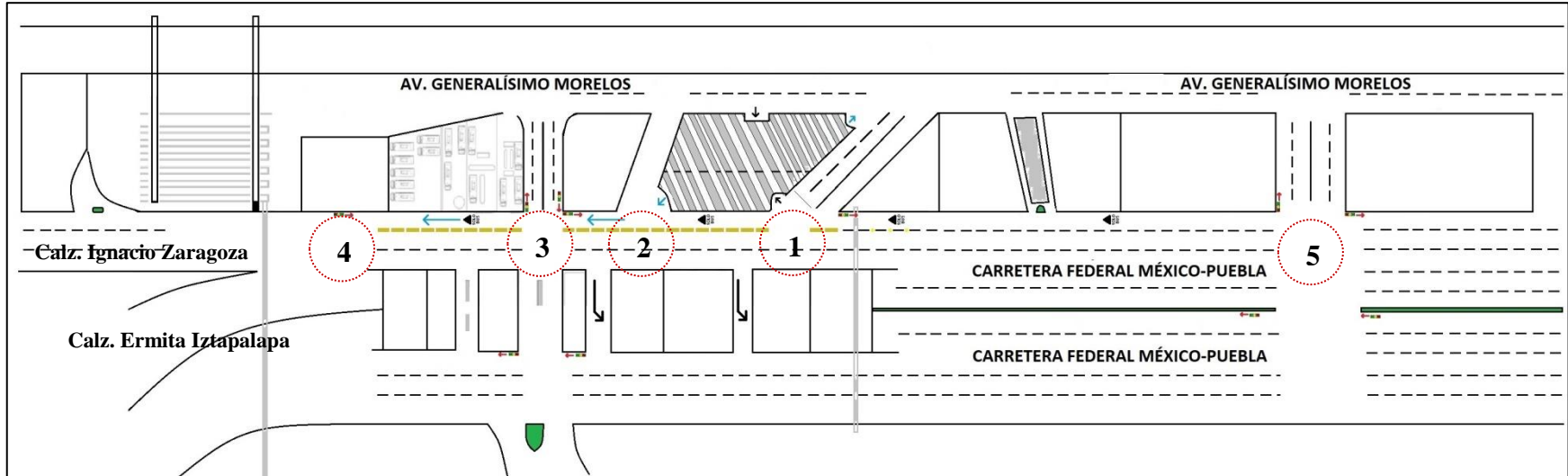


Diagrama 1: Propuesta de intersecciones que componen la infraestructura en estudio; Elaboración propia



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO		
PROYECTO PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DEL TRAMO DE LA CARRETERA FEDERAL MÉXICO-PUEBLA		
ELABORO	ESCALA	
AARÓN SANTOS JAIMES CRUZ	1:3,000	
	FUENTE PROPIA	Nº
	30	

Leyenda

- Dirección semafórica
- Intersección
- Carril Exclusivo
- Salida
- Entrada

Ilustración 30: Operación del tramo en estudio con carril exclusivo: Elaboración propia

La tabla 19 muestra los resultados arrojados por el software HCS 2010. La relación volumen a capacidad por carril (X_i) muestra la proporción de demanda atendida en cada movimiento. Para el caso de los movimientos de todas las intersecciones el 55% opera en régimen libre, lo que significa que la demanda es inferior a la capacidad, presenciando la ausencia de colas residuales, y la disminución de las diferentes demoras.

Por ello, el 75% de la capacidad de las intersecciones no está rebasada ($X_c < 1$), lo que significa que la longitud del ciclo, la secuencia de fases y la configuración física de las intersecciones, son suficientes para manejar todos los flujos de demanda que arriban.

Lo anterior mejora la experiencia de viaje de los viajeros en transporte público, debido a que las diferentes demoras que el viajero percibe durante la operación en la infraestructura vial son menores.

Por ejemplo en la intersección 1, la demora de la intersección es de menos de 1 minuto, lo cual indica que un vehículo que pretende cruzar la intersección 1 corriente abajo, tardará menos de 1 minuto en hacerlo.

Por otro lado para el caso de la demora de control de la intersección 3 es de 3.66 minutos, es decir que solo se consume el equivalente a un 6% del tiempo de verde para cruzar la intersección.

2 CARRILES-CERO BUSES-CERO ESTACIONAMIENTOS-COORDINADO-CICLO DE 120 S															
Intersección	1			2			3			4		4			
Movimiento	6	16	14	6	16	14	6	16	14	6	16	6	16	3	8
Volumen (veh/h)	886	152	340	1016	28	24	716	176	56	1210	1409	317	430	733	979
volumen ajustado (veh/h)	963	165	370	1256	35	26	1029	253	61	360	419	985		1861	
Tasa de flujo de saturación (veh/h)	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Tasa de flujo de saturación ajustada (veh/h)	1262	1262	1205	1261	1262	1015	1250	1250	1071	823	871	1760		1986	
Capacidad (veh/h)	921	157	415	1330	36	175	719	172	377	799	395	950		808	
Relación crítica v/c (X_i) (carril)	1.05	1.05	0.89	0.94	0.97	0.15	1.43	1.47	0.16	0.45	1.06	1.04		2.30	
Volumen del acceso (veh/h)	1128		370	1291		26	1282		61	780		----			
Demora del acceso (s)	54.00		44.92	46.6		17.89	229.81		16.82	34.57		46.70		634.4	
NS del acceso	D		D	D		B	F		B	C		D		F	
Demora de la intersección (s)	51.76			46.03			220.16			34.57		431			
Demora de control (s)	50.3	58.9	44.9	45.8	47.4	17.9	216.7	244.1	16.8	1	62.7	46.7		634.4	
Relación crítica v/c (X_c) (Intersección)	1.00			0.85			1.06			0.65		1.58			
NS DE LA INTERSECCIÓN	D			D			F			C		F			

Tabla 19: Resultados de capacidad y NS de las intersecciones por el software HCS-2010 y HCS-2000: Elaboración propia con HCS-2010 y HCS-2000

La tabla 20 muestra la comparación entre las condiciones actuales (color anaranjado) y la propuesta 1 (color verde) simulados en el HCS-2010. En general la capacidad promedio de cada acceso mejora en un 52%, es decir que cada acceso soporta mayor carga vehicular para los diferentes movimientos, aunque la capacidad está rebasada en ciertos accesos. Así mismo la demora de los accesos se reduce en un 80%, mientras que la demora de control se

reduce hasta en un 75%, es decir que los viajeros no sufren mayores prolongaciones en sus tiempos de viaje. Finalmente la relación crítica X_i promedio para cada movimiento es 0.98, mejorando X_c en un 26%. Lo que indica que la capacidad promedio de las intersecciones no está rebasada.

COMPARACIÓN DE ESCENARIOS ACTUALES CON PROPUESTA DE MEJORA											
Intersección	1			2			3			4	
Movimiento	6	16	14	6	16	14	6	16	14	6	16
Volumen (veh/h)	726	165	180	856	28	24	556	176	56	1050	1249
Volumen ajustado (veh/h)	886	152	340	1016	28	24	716	176	56	1210	1409
Tasa de flujo de saturación (veh/h)	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Tasa de flujo de saturación ajustada (veh/h)	1262	1262	1205	1262	1262	1015	1250	1250	1071	1154	1098
Capacidad (veh/h)	362	39	85	430	13	25	353	38	90	1120	72
Relación crítica v/c (X _i) (carril)	2.18	4.23	2.31	1.05	1.15	1.04	0.98	2.89	0.68	0.17	3.07
Volumen del acceso (veh/h)	954	196	466	26	456	61	407				
Demora del acceso (s)	712.03	642.51	93.36	297.22	271.64	83.82	630.4				
NS del acceso	F	F	F	F	F	F	F				
Demora de la intersección (s)	700.2	51.76	104.16	249.49	630.4						
Demora de control (s)	543.5	1516.9	642.5	79.4	151.4	297.2	62.2	933.2	83.8	0.4	1160
Relación crítica v/c (X _c) (Intersección)	2.37	1.00	0.85	1.05	0.85	1.06	1.07	0.34			
NS DE LA INTERSECCIÓN	F	F	F	F	F	F	F	F			

Tabla 20: Resultados de capacidad y NS de las intersecciones en condiciones operativas vs propuestas de mejora: Elaboración propia con HCS-2010 y HCS-2000

Los resultados arrojados por el software HCS 2010 de NS de la infraestructura vial urbana en estudio desde la perspectiva de los viajeros peatonales y en transporte público, se muestran en la ilustración 31.

1	CONDICIONES ACTUALES	2	CONDICIONES MEJORADAS
	Facility Pedestrian Space Facility Pedestrian Travel Speed Facility Pedestrian LOS Score Facility Pedestrian LOS	2.13 2.2 2.8 F	Facility Pedestrian Space Facility Pedestrian Travel Speed Facility Pedestrian LOS Score Facility Pedestrian LOS
	Facility Transit Travel Speed Facility Transit LOS Score Facility Transit LOS	0.07 5.59 F	Facility Transit Travel Speed Facility Transit LOS Score Facility Transit LOS
			2.54 2.64 3.26 F 3.59 4.95 E

Ilustración 31: NS de la infraestructura vial urbana desde la perspectiva peatonal y de los viajeros en transporte público: Elaboración propia con software HCS 2010.

- Para el caso de NS de la infraestructura desde la perspectiva peatonal, ésta permanece en NS F debido a que los peatones tendrán complicaciones para llegar al CETRAM Santa Martha, ya que deberán recorrer 741 metros, es decir, un 43% más de distancia.
- La tabla 21 muestra un comparativo de condiciones actuales y la propuesta 1, de los indicadores de desempeño de la infraestructura vial urbana en estudio desde la perspectiva de los viajeros en transporte público. En general, con la propuesta aumenta la velocidad de viaje de 0.031 a 2.86 m/s, mientras que el tiempo de viaje se reduce un 71%, pasando de 48.87 minutos a 18.15 minutos. Sin embargo, el NS E indica que la operación en la infraestructura sigue siendo inestable, ya que las acumulaciones vehiculares en cada punto sumadas con las salidas vehiculares del predio, generan volúmenes vehiculares que hacen que la sincronización de señal sea inapropiada en las intersecciones.

Intersección	1	2	3	4	1	2	3	4
Demora en la Intersección (s)	700.2	140.16	249.49	1624	51.76	46.03	220.16	431
Tiempo de viaje del automóvil(s)	218.1				339.87			
Tiempo de viaje de la unidad de transporte público (s)	2931.95				1088.82			
Tiempo de viaje de la unidad de transporte público (min)	48.87				18.15			
Velocidad de viaje (m/s)	0.031				2.86			

Tabla 21: Resultados de velocidad y tiempo de viaje: Elaboración propia con software HCS 2010.

Lo anterior, es un panorama general que muestra las ventajas de un carril exclusivo, sin embargo en éste carril, habría problemas para aquellos vehículos particulares que deseen ingresar a la plaza de la tecnología. Así mismo, si en el carril llegasen a ocurrir accidentes que interrumpiesen la circulación continúa, se generarían problemas de congestión corriente arriba, afectando directamente a los viajeros en transporte público.

Por otro lado, la problemática continúa para los usuarios del metro Santa Martha que lleguen al predio propuesto, ya que tendrían que caminar mayores distancias para ingresar al metro.

Con la finalidad de mitigar las problemáticas que implica la implementación de carril exclusivo y mejorar la calidad de circulación en el tramo de estudio, se diseñó la propuesta 2.

4.2 **Propuesta 2:** Reubicación de rutas de transporte público y de puestos ambulantes en CETRAM Santa Martha, e implementación de carril de uso mixto sobre el tramo de la Carretera Federal México-Puebla.

La propuesta 2, plantea que las bases de transporte público, y los comercios ambulantes, sean reubicados dentro del CETRAM Santa Martha.

Con esta propuesta, todas las unidades de transporte público que deban realizar base, confluirán en un solo punto (CETRAM Santa Martha), permitiendo a los diferentes viajeros, la elección del medio de viaje en un solo lugar. Por otro lado, la reubicación de los comerciantes implica la existencia de una mayor área de circulación en aceras peatonales. Permitiendo a los peatones circular en aceras y no sobre la vía.

Para el caso de la operación de las unidades de transporte público en el tramo en estudio, se propone que el carril derecho sea de uso mixto, permitiendo con ello, la efectucción de maniobras de ascenso-descenso, el ingreso de vehículos particulares a los diferentes usos de suelo aledaños, y la circulación ordenada de los flujos vehiculares (ver ilustración 32). En el carril, los estacionamientos no estarán permitidos, por lo que habrá vigilancia de tránsito para aquellos infractores, así como la ayuda de grúas.

Las rutas de transporte público provenientes del Edo. de México que solo tengan como punto de paso la infraestructura, podrán realizar maniobras de ascenso-descenso en las paradas 1 a 3 (ver ilustración 33, cuadros rojos), estas unidades, solo podrán permanecer hasta 3 minutos (180 segundos),

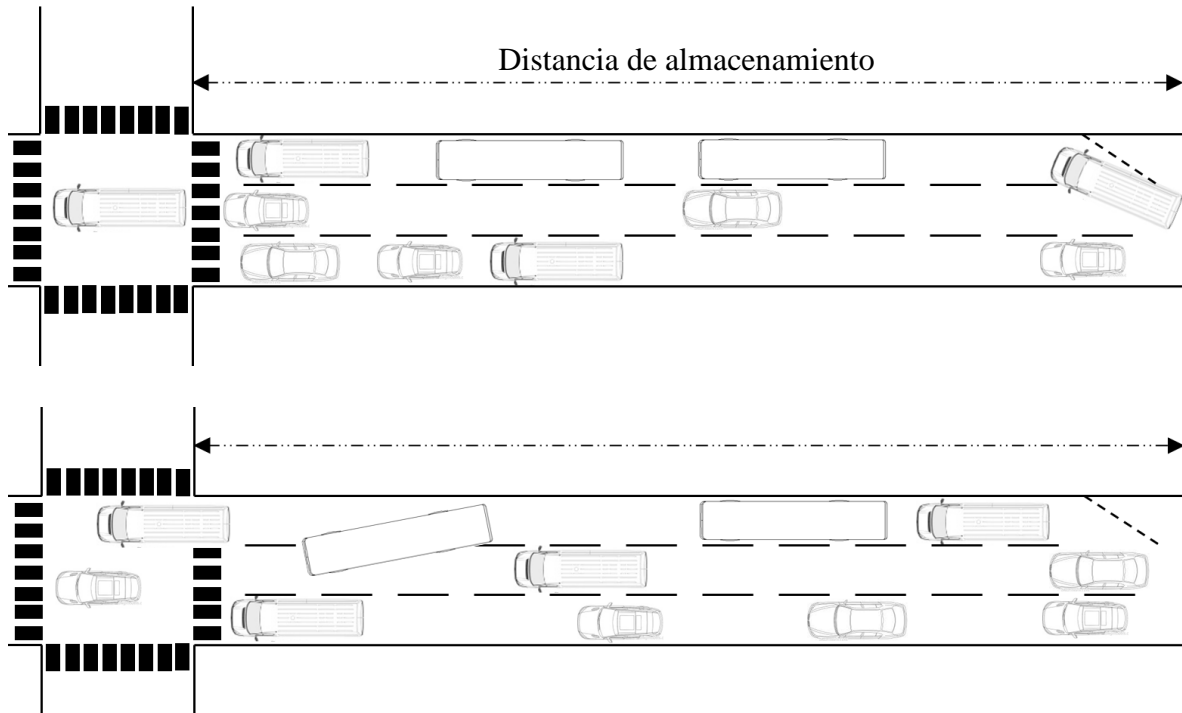


Ilustración 32: Propuesta de Bahía en carril derecho sobre tramo en estudio; Elaboración propia.

El procedimiento para calcular la capacidad de la de la bahía fue el siguiente.

La bahía compuesta del punto 3 al punto 2, tiene una longitud de 48 metros, si para cada maniobra de unidad de autobús para ascenso-descenso de pasajeros se invierten 180 segundos, en una hora se podrán efectuar hasta 20 paradas por hora, sin embargo, si dentro de los 48 metros caben 4 unidades, la capacidad de la bahía será de 80 autobuses por hora. Esto quiere decir que la bahía soportará una frecuencia horaria para maniobras de ascenso-descenso de pasajeros de 80 unidades de transporte público por hora.

La bahía compuesta del punto 2 al punto 1 es de 171 metros, por lo que en esa distancia caben 14 unidades, asumiendo que de igual manera se invierten 180 segundos en efectuar maniobras de ascenso-descenso. La capacidad de frecuencia de la bahía será de 280 autobuses por hora.

La bahía compuesta del punto 1 corriente arriba es únicamente de 76 metros, por lo que en dicha distancia caben 6 unidades, igualmente asumiendo que solo tardan 180

segundos en efectuar maniobras de ascenso-descenso. La capacidad de la bahía será de 120 autobuses por hora.

En promedio en todo lo largo de la infraestructura vial de los puntos 1 a 3, podrán realizar paradas de ascenso-descenso 160 autobuses/hora.

Las intersecciones tendrán controles coordinados, cada una con duración de ciclo de 120 segundos e intervalo de verde de 72 segundos.

Por otro lado, para el caso de las rutas provenientes del oriente del Edo. de México que deseen ingresar al CETRAM Santa Martha, lo harán a través del punto 5, reduciendo con esto el 32% del flujo de circulación sobre el tramo de estudio, y dando prelación al flujo directo.

Las rutas de transporte público provenientes de la CDMX que deseen ingresar al CETRAM Santa Martha, lo harán mediante el movimiento 5 en el punto 3.

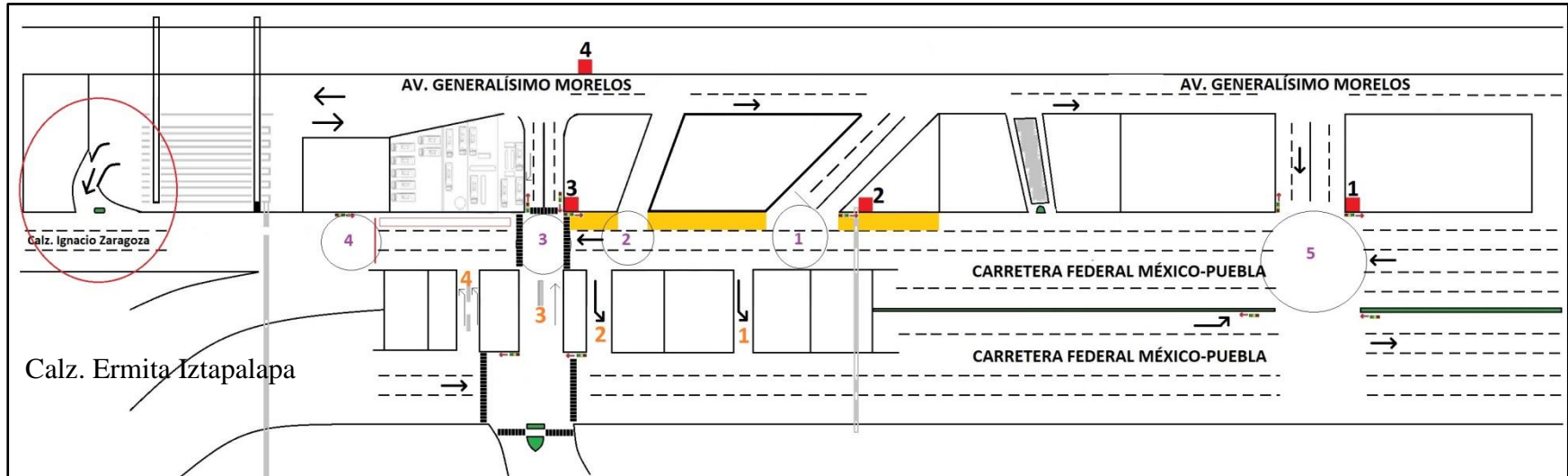
Para dar acceso y salida a las rutas de transporte público del CETRAM con dirección a la calzada Ignacio Zaragoza, se propone una entrada y salida vehicular en la parte trasera del CETRAM Santa Martha. En la salida, las unidades accederán a la calzada de forma inmediata. Para la entrada, las unidades ingresarán al CETRAM mediante el retorno 4, circulando por el tramo en estudio hasta la entrada. En general, del total de rutas que tienen acceso al CETRAM, solamente el 18% circula en la Calz. Ignacio Zaragoza, mientras que de las bases externas al CETRAM, el 33% circula en la calzada Ignacio Zaragoza.

Por otro lado, las rutas de transporte público con dirección a la calzada Ermita Iztapalapa, saldrán por el punto 3 mediante el movimiento 14 e ingresaran por el mismo punto a través del movimiento 5.

La supervisión de la operación en el carril mixto, estará a cargo de la vigilancia policiaca de tránsito, tanto del Edo. de México como de la CDMX. Igualmente, la supervisión será por medio de cámaras de vigilancia. Así mismo, se instalarán grúas en la calle Tabachines y Av. San Francisco, mismas que estarán al servicio de cualquier incidente o incumplimiento suscitado.

Para el acceso a la plaza comercial, ésta, deberá contratar con personal que oriente a aquellos trabajadores, clientes o abastecedores el ingreso al establecimiento.

Únicamente habrá 2 cruces peatonales permitidos, el punto 1 y 3.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO		
PROYECTO PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO DEL TRAMO DE LA CARRETERA FEDERAL MÉXICO-PUEBLA		
ELABORO	ESCALA	
AARÓN SANTOS JAIMES CRUZ	1:3,000	
	FUENTE PROPIA	Nº 33

Leyenda

- N Intersección
- N Retorno
- Parada
- Salida del CETRAM
- Bahía

Ilustración 33: Operación del tramo en estudio con carril mixto: Elaboración propia

La tabla 22 muestra los resultados arrojados por el software HCS 2010 y HCS-2000. La relación volumen a capacidad por carril (X_i) muestra la proporción de demanda atendida en cada movimiento. Para el caso de los movimientos de todas las intersecciones, el 73% opera en régimen libre, lo que significa que la demanda es inferior a la capacidad, presenciando la ausencia de colas residuales, y la disminución de las diferentes demoras.

La capacidad de las intersecciones no está rebasada ($X_c < 1$), lo que significa que la longitud del ciclo, la secuencia de fases y la configuración física de las intersecciones, son suficientes para manejar todos los flujos de demanda que arriban.

Lo anterior mejora la experiencia de viaje de los viajeros en transporte público, debido a que las diferentes demoras que el viajero percibe durante la operación en la infraestructura vial son menores.

Por ejemplo en la intersección 1, la demora de la intersección es de 1 minuto, lo cual indica que un vehículo que pretende cruzar la intersección 1 corriente abajo, tardará 1 minuto en hacerlo.

Por otro, lado para el caso de la demora de control de la intersección 3 es de 3.33 minutos, es decir que solo se consume el equivalente a un 4% del tiempo de verde para cruzar la intersección.

3 CARRILES-120 BUSES-CERO ESTACIONAMIENTOS-COORDINADO-CICLO DE 120 S															
	1			2			3			4		4			
Movimiento	6	16	14	6	16	14	6	16	14	6	16	6	16	3	8
Volumen (veh/h)	886	152	340	1016	28	24	716	176	56	1210	1409	317	430	733	979
volumen ajustado (veh/h)	963	165	370	1297	36	26	1062	261	61	518	604	985		1661	
Tasa de flujo de saturación (veh/h)	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Tasa de flujo de saturación ajustada (veh/h)	1262	1262	1205	1262	1262	1015	1250	1250	1071	1098	1164	2518		1986	
Capacidad (veh/h)	964	102	753	1622	45	317	944	100	684	2131	1915	1553		629	
Relación crítica v/c (X_i) (carril)	1.00	1.62	0.49	0.80	0.80	0.08	1.13	2.61	0.09	0.24	0.32	0.63		2.64	
Volumen del acceso (veh/h)	1128		370	1333			26	1323		61	1123		-----		
Demora del acceso (s)	73.67		19.24	28.40			15.70	224.45		14.68	0.37		3.90		326.4
NS del acceso	E		B	C			B	F		B	A		A		F
Demora de la intersección (s)	60.24			28.15			192.2			418		307.1			
Demora de control (s)	31.3	320.7	19.2	27.8	29.3	15.7	200.3		14.7	0.3	0.4	3.9		326.4	
Relación crítica v/c (X_c) (Intersección)	0.82			0.68			0.80			0.28		1.00			
NS DE LA INTERSECCIÓN	E			C			F			A		D			

Tabla 22: Resultados de capacidad y NS de las intersecciones por el software HCS-2010 y HCS-2000: Elaboración propia con HCS-2010 y HCS-2000

La tabla 23 muestra la comparación entre las condiciones actuales (color rosa) y la propuesta 2 (color verde) simulados en el HCS-2010. En general la capacidad promedio de cada acceso mejora en un 74%, es decir que cada acceso soporta mayor carga vehicular para los diferentes movimientos, aunque la capacidad está rebasada en un 36% de todos los accesos. Así mismo la demora de los accesos se reduce en un 15%, mientras que la demora

de control se reduce 10%, es decir que los viajeros no sufren mayores prolongaciones en sus tiempos de viaje. Finalmente la relación crítica X_i promedio para cada movimiento es menor a 1 (0.83), mejorando X_c en un 28%, lo que indica que la capacidad promedio de las intersecciones no está rebasada.

3 CARRILES-120 BUSES-CERO ESTACIONAMIENTOS-COORDINADO-CICLO DE 120 S											
	1			2			3			4	
Movimiento	6	16	14	6	16	14	6	16	14	6	16
Volumen (veh/h)	726	165	180	856	28	24	556	176	56	1050	1249
	886	152	340	1016	28	24	716	176	56	1210	1409
Volumen (veh/h)	789	165	196	451	15	26	346	110	61	186	221
volumen ajustado (veh/h)	963	165	370	1297	36	26	1062	261	61	518	604
Tasa de flujo de saturación (veh/h)	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Tasa de flujo de saturación ajustada (veh/h)	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
	1262	1262	1205	1262	1262	1015	1250	1250	1071	1154	1098
	1262	1262	1205	1262	1262	1015	1250	1250	1071	1098	1164
Capacidad (veh/h)	362	39	85	430	13	25	353	38	90	1120	72
	964	102	753	1622	45	317	944	100	684	2131	1915
	2.18	4.23	2.31	1.05	1.15	1.04	0.98	2.89	0.68	0.17	3.07
Relación crítica v/c (X_i) (carril)	1.00	1.62	0.45	0.80	0.80	0.08	1.13	2.61	0.05	0.14	0.32
	954		196	466		26	456		61		407
Volumen del acceso (veh/h)	1128		370	1333		26	1323		61		1123
	712.03		642.51	93.36		297.22	271.64		83.82		630.4
Demora del acceso (s)	73.67		19.24	28.40		15.70	224.45		14.68		0.37
NS del acceso	F		F	F		F	F		F		F
	E		B	C		B	F		B		A
Demora de la intersección (s)	700.2			104.16			249.49			630.4	
	60.24			28.15			192.2			418	
Demora de control (s)	543.5	1516.9	642.5	79.4	151.4	297.2	62.2	933.2	83.8	0.4	1160
	31.3	320.7	19.2	27.8	29.3	15.7	200.3		14.7	0.3	0.4
Relación crítica v/c (X_c) (Intersección)	2.37			1.05			1.07			0.34	
	0.82			0.68			0.80			0.28	
NS DE LA INTERSECCIÓN	F			F			F			F	
	E			C			F			A	

Tabla 23: Resultados de capacidad y NS de las intersecciones en condiciones operativas vs propuestas de mejora: Elaboración propia con HCS-2010 y HCS-2000

Los resultados arrojados por el software HCS 2010 de NS de la infraestructura vial urbana desde la perspectiva de los viajeros peatonales y en transporte público, se muestran en la ilustración 34.

CONDICIONES ACTUALES		CONDICIONES MEJORADAS	
1		2	
Facility Pedestrian Space	2.13	Facility Pedestrian Space	4.12
Facility Pedestrian Travel Speed	2.2	Facility Pedestrian Travel Speed	4.38
Facility Pedestrian LOS Score	2.8	Facility Pedestrian LOS Score	3.26
Facility Pedestrian LOS	F	Facility Pedestrian LOS	C
Facility Transit Travel Speed	0.07	Facility Transit Travel Speed	5.07
Facility Transit LOS Score	5.59	Facility Transit LOS Score	2.91
Facility Transit LOS	F	Facility Transit LOS	C

Ilustración 34: NS de la infraestructura vial urbana desde la perspectiva peatonal y de los viajeros en transporte público: Elaboración propia con software HCS 2010.

Para el caso de NS de la infraestructura desde la perspectiva peatonal ésta mejoró a C debido a que los peatones tienen acceso directo al CETRAM Santa Martha por medio del ingreso de las unidades de transporte público, sin la necesidad de caminar 741 metros de distancia hacia el CETRAM Santa Martha.

La tabla 24, muestra un comparativo de condiciones actuales y condiciones propuestas, de los indicadores de desempeño de la infraestructura vial urbana en estudio desde la perspectiva de los viajeros en transporte público. En general con la propuesta aumenta la velocidad de viaje de 0.031 a 5.07 m/s, mientras que el tiempo de viaje se reduce un 66%, pasando de 48.87 minutos a 14.57 minutos. El NS C describe que la operación en la infraestructura en vial urbana es estable. La capacidad de maniobrar y cambiar carriles en las ubicaciones de medio segmento puede ser restringida. Las colas más largas en las intersecciones fronterizas pueden contribuir a una menor velocidad de desplazamiento.

Intersección	1	2	3	4	1	2	3	4
Demora en la Intersección (s)	700.2	140.16	249.49	1624	60.24	28.15	192.2	307
Tiempo de viaje del automóvil(s)	218.1				292.51			
Tiempo de viaje de la unidad de transporte público (s)	2931.95				880.1			
Tiempo de viaje de la unidad de transporte público (min)	48.87				14.67			
Velocidad de viaje (m/s)	0.031				5.07			

Tabla 24: Resultados de velocidad y tiempo de viaje: Elaboración propia con software HCS 2010.

Lo anterior es un panorama general que muestra las ventajas de un carril mixto, desapareciendo la problemática de aquellos viajeros que tienen que caminar hasta el CETRAM Santa Martha y permitiendo el ingreso de los consumidores a los diferentes centros comerciales y equipamientos en vehículo particular.

Por ejemplo en la propuesta uno, entre los puntos 2 y 3 ningún vehículo podía ingresar a la plaza de la tecnología, ya que por ser carril exclusivo, no se permitía la circulación de otro tipo de vehículos que no fuera de transporte público.

Por otro lado, con la propuesta de carril mixto, las unidades de transporte público se almacenaran de manera continua corriente arriba, garantizando la realización de ascenso-descenso de pasajeros en el 51% de la infraestructura vial total. Así mismo existe la posibilidad de realizar maniobras de entrada y salida en el carril.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo al análisis realizado al tramo de la Carretera Federal México-Puebla en cercanías del CETRAM Santa Martha, se comprueba la hipótesis planteada en ésta tesis, ya que al eliminar estacionamientos, paradas de ascenso-descenso y ampliación de ancho efectivo, la capacidad y el NS del tramo de la Carretera Federal México-Puebla en cercanías del CETRAM Santa Martha desde la perspectiva de los viajeros en transporte público, mejora considerablemente.

Así mismo, con base en los resultados obtenidos en los software HCS-2000 y HCS-2010 y de acuerdo a las propuestas descritas en el capítulo anterior, se concluye que la propuesta 2 es la mejor opción a implementar para mejorar la capacidad y el NS del tramo de la Carretera Federal México-Puebla en cercanías del CETRAM Santa Martha desde la perspectiva de los viajeros en transporte público.

A continuación se presenta el resumen de resultados de la simulación en las tres condiciones de análisis: actuales (en franja amarilla), propuesta 1 (franja verde) y propuesta 2 (franja azul); con el fin de comparar la bondad de la propuesta 2.

1. La tabla 25, muestra un comparativo de resultados de capacidad de las intersecciones, demoras y NS de condiciones actuales (color anaranjado), propuesta 1 (color verde) y propuesta 2 (color azul).

COMPARACIÓN DE ESCENARIOS ACTUALES CON PROPUESTA DE MEJORA											
Intersección	1			2			3			4	
Movimiento	6	16	14	6	16	14	6	16	14	6	16
Volumen (veh/h)	726	165	180	856	28	24	556	176	56	1050	1249
	886	152	340	1016	28	24	716	176	56	1210	1409
volumen ajustado (veh/h)	886	152	340	1016	28	24	716	176	56	1210	1409
	789	165	196	451	15	26	346	110	61	186	221
Tasa de flujo de saturación (veh/h)	963	165	370	1256	35	26	1029	253	61	360	419
	963	165	370	1297	36	26	1062	261	61	518	604
Tasa de flujo de saturación ajustada (veh/h)	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Tasa de flujo de saturación ajustada (veh/h)	1262	1262	1205	1262	1262	1015	1250	1250	1071	1154	1098
	1262	1262	1205	1261	1262	1015	1250	1250	1071	823	871
	1262	1262	1205	1262	1262	1015	1250	1250	1071	1098	1164
Capacidad (veh/h)	362	39	85	430	13	25	353	38	90	1120	72
	921	157	415	1330	36	175	719	172	377	799	395
	964	102	753	1622	45	317	944	100	684	2131	1915
Relación crítica v/c (Xi) (carril)	2.18	4.23	2.31	1.05	1.15	1.04	0.98	2.89	0.68	0.17	3.07
	1.05	1.05	0.89	0.94	0.97	0.15	1.43	1.47	0.16	0.45	1.06
	1.00	1.62	0.49	0.80	0.80	0.08	1.13	2.61	0.09	0.24	0.32
Volumen del acceso (veh/h)	954	196	466	26	456	61	407				
	1128	370	1291	26	1282	61	780				
	1128	370	1333	26	1323	61	1123				
Demora del acceso (s)	712.03	642.51	93.36	297.22	271.64	83.82	630.4				
	54.00	44.92	46.6	17.89	229.81	16.82	34.57				
	73.67	19.24	28.40	15.70	224.45	14.68	0.37				
NS del acceso	F	F	F	F	F	F	F				
	D	D	D	B	F	B	C				
	E	B	C	B	F	B	A				
Demora de la intersección (s)	700.2	104.16	249.49	630.4							
	51.76	46.03	220.16	34.57							
	60.24	28.15	192.2	418							
Demora de control (s)	543.5	1516.9	642.5	79.4	151.4	297.2	62.2	933.2	83.8	0.4	1160
	50.3	58.9	44.9	45.8	47.4	17.9	216.7	244.1	16.8	1	62.7
	31.3	320.7	19.2	27.8	29.3	15.7	200.3	14.7	0.3	0.4	
Relación crítica v/c (Xc) (Intersección)	2.37	1.05	1.07	0.34							
	1.00	0.85	1.06	0.65							
	0.82	0.68	0.80	0.28							
NS DE LA INTERSECCIÓN	F	F	F	F							
	D	D	F	C							
	E	C	F	A							

Tabla 25: Resultados de capacidad, demoras y NS del tramo de la carretera en estudio: Elaboración propia con software HCS 2000 y HCS-2010.

2. Los resultados de velocidad y tiempo de viaje de los viajeros en transporte público en condiciones actuales (color anaranjado), propuesta 1 (color verde) y propuesta 2 (color azul) se muestran en la tabla 26.

SIMULACIÓN	CONDICIONES ACTUALES				CARRIL EXCLUSIVO				CARRIL MIXTO			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Intersección												
Demora en la Intersección (s)	700.2	140.16	249.49	1624	51.76	46.03	220.16	431	60.24	28.15	192.2	307
Tiempo de viaje del automóvil(s)	218.1				339.87				292.51			
Tiempo de viaje de la unidad de transporte público (s)	2931.95				1088.82				880.1			
Tiempo de viaje de la unidad de transporte público (min)	48.87				18.15				14.67			
Velocidad de viaje (m/s)	0.031				2.86				5.07			
NS DESDE LA PERSPECTIVA DEL VIAJERO EN TRANSPORTE PÚBLICO	F				E				C			

Tabla 26: Resultados de velocidad, tiempo de viaje y NS del tramo vial en estudio: Elaboración propia con software HCS 2000 y HCS-2010.

5.1 RECOMENDACIONES

La falta de reglamentos homólogos entre la CDMX y el Edo. de México, es una problemática que desde hace años se ha intentado atender y por diversas razones políticas hasta ahora no se ha resuelto. Por ejemplo, en la gaceta oficial de la CDMX (2013-2018), se habla de trabajo conjunto entre CDMX y Edo. de México, únicamente para actualizar la regulación del transporte de carga. Sin embargo, para el caso del transporte público, solo se menciona la modernización y el rediseño de los Centros de Transferencia Modal (CETRAM), ignorando los problemas que se deben atender en el entorno inmediato.

Así mismo como se mencionó en el capítulo 2, las rutas de transporte público que operan fuera del CETRAM, no pueden ingresar al mismo por que no cumplen con los reglamentos de la Coordinación de los Centros de Transferencia Modal, sin embargo, ¿Por qué si pueden circular en la red vial de la CDMX?.

Tanto CDMX como Edo. de México, coinciden en regular, ordenar y formalizar a los diferentes medios de movilidad públicos, y, pese a la creación de la Comisión Metropolitana de Transporte y Vialidad (COMETRAVI), ahora Comisión Metropolitana de Transporte y Movilidad (COMETRAM), no se ha dado seguimiento a los acuerdos que atienden los problemas de movilidad en las periferias de la CDMX y del Edo. de México.

Así mismo, no se destinan recursos económicos y materiales en favor del transporte público. Por ejemplo en el Edo. de México, se destinó un predio para la construcción de una universidad privada. Dicho predio, debido a su cercanía con el CETRAM, perfectamente pudo haber sido utilizado para la ampliación del CETRAM Santa Martha, maximizando su capacidad vehicular y reordenando al comercio ambulante.

Sin embargo, las autoridades del Edo. de México al autorizar éste tipo de obras sin la realización de estudios que midan los impactos presentes y futuros de movilidad, salud y ecología, solo muestran la existencia de intereses personales y/o políticos.

De acuerdo a lo ilustrado de uso de suelo del capítulo 2, el área de transferencia modal está rodeada de inmuebles comerciales y equipamientos de emergencia, por lo que al generar

mayores atractores a una zona que opera sólo con el 25% de su capacidad, provocará mayores concentraciones vehiculares y diversas problemáticas de seguridad y ecología.

Otra problemática que afecta la capacidad y el NS de la infraestructura vehicular y peatonal del tramo en estudio, son los estacionamientos de las rutas de transporte público sobre la vía y sus retornos para el ascenso-descenso de pasajeros, así como la invasión de comercios ambulantes.

Dicha problemática ha prevalecido debido a la existencia de organizaciones políticas (antorchistas, villistas, priistas, etc.) que expiden y facilitan permisos para la instalación de puestos fijos y móviles sobre la infraestructura peatonal (aceras) y/o parte de la vía, así como la utilización de retornos y estacionamientos por vehículos particulares y de transporte público.

Lo anterior además de reducir el espacio vial y peatonal para la circulación, aumenta los tiempos de viaje y reduce la velocidad de recorrido de los viajeros en transporte público, así como la complicación para el acceso y salida de los diferentes establecimientos comerciales y equipamientos aledaños, como el Hospital y/o el CETRAM Santa Martha.

Por ejemplo para el caso de los transeúntes, solamente el 1% del total de área de circulación de la infraestructura peatonal es utilizado como área de caminata por los peatones, debido a que el 99% del área de circulación de las aceras está invadido por los puestos ambulantes. Esto se justifica en el capítulo 2 y 4, ya que la mayoría de los peatones prefiere caminar sobre la vía y evitar obstáculos y/o interacciones con otros peatones.

5.1.2 En campo

- De acuerdo a lo observado en campo y a los datos obtenidos durante el aforo, en la infraestructura vial en estudio transita poco más del 60% de unidades de transporte público de baja capacidad como lo son combis y/o vagonetas. Se propone la realización de estudios de factibilidad que además de brindar un dimensionamiento óptimo de unidades, posibiliten el cambio de tipo de unidades de baja a mediana capacidad, como lo son autobuses.

Con esta propuesta de autobuses, además de maximizar la capacidad traslado de pasajeros, el de mejorar la calidad del servicio y economizar los gastos fijos y variables; disminuirá la ocupación espacial en la infraestructura vial, reduciendo 4 vagonetas por cada autobús urbano.

- Crear y/o re incentivar programas específicos que establezcan lineamientos para que se homologuen los reglamentos de tránsito de las dos entidades involucradas; Edo. de México y CDMX.
- Supervisar, monitorizar y capacitar a los operadores de transporte público.
- IT's como foto multas, que supervisen el comportamiento de los diferentes entes de la movilidad en el tramo vial.
- Se propone un punto de colaboración entre las diferentes ingenierías como la de Modelación Matemática, Software e Ingeniería en Sistemas de Transporte Urbano, a fin de diseñar software capaz de considerar y analizar las problemáticas que se padecen en la realidad.

5.1.3 El software

- Diseñar software que se adapte a las condiciones latinas, ya que los utilizados para la presente tesis, no contemplan muchas de las problemáticas afrontadas en campo, tales como: comercio ambulante, unidades de transporte público de baja capacidad (vagonetas), tiempos de espera de los viajeros no mayores a 5 minutos, tiempos de permanencia no mayores a 2 minutos, frecuencias de paso constantes, etc.

El software HCS-2010 Y HCS-2000 es una herramienta útil pero limitada ante estas condiciones de uso, por lo que se requiere de desarrollos adaptados a otras condiciones de estudio.

- Así mismo se requiere de software que trabaje y analice las condiciones reales, ya que las metodologías del HCS-2010 se basan en el análisis de condiciones de tráfico estables y, como tal, no son adecuadas para la evaluación de condiciones inestables (por ejemplo, congestión, spillback en cola, prevención de señal).

Fuentes de consulta Bibliográfica

- ✓ Rafael Cal y Mayor R. y James Cárdenas G. (2015). Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones. México: Alfaomega.
- ✓ Nicholar J. Garber y Lester A. Hoel (2005). Ingeniería de Tránsito y Carreteras: CEngage Learning.
- ✓ TBR (2010). Highway Capacity Manual HCM: EUA: WC
- ✓ “Manual de Capacidad de Carreteras” (2010); Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C.; versión española.
- ✓ Box, Paul C; Oppnlander Joseph C. Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito
- ✓ “Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras”; Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaria de Infraestructura; México, D.F. 1986
- ✓ Roberto Hernández Sampieri (2010); Metodología del Enfoque de la Investigación; México; McGraw-Hill Education.
- ✓ Ley de Movilidad del Estado de México (4/08/2017). Gobierno del Estado de México. Disponible en:
<http://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/ley/vig/leyvig222.pdf>
- ✓ Ley de Movilidad de la Ciudad de México (4/08/2017). Gaceta Oficial del Distrito Federal. Disponible en:
<http://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/uploads/public/5a6/78d/fd9/5a678dfd96d28237463389.pdf>
- ✓ Trejo Velásquez M. A. (4/08/2017). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México: Ciudad de México. Disponible en:
<http://siglo.inafed.gob.mx/enciclopedia/EMM09DF/delegaciones/09007a.html>
- ✓ INEGI. (4/08/2017). Encuesta Intercensal 2015: Ciudad de México. Disponible en:
<http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/>
- ✓ Colonias df. (4/08/2017). Colonias de Iztapalapa. Ciudad de México. Disponible en:
<http://eldefe.com/mapa-colonias-delegacion-iztapalapa/>

- ✓ J.U.D. (4/08/2017). Demografía. Ciudad de México. Disponible en: <http://www.iztapalapa.cdmx.gob.mx/delegacion/demografia/index.html>
- ✓ Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de Iztapalapa. (9/08/2017). Ciudad de México. Disponible en: [http://www.sideso.cdmx.gob.mx/documentos/progdelegacionales/iztapala\[1\].pdf](http://www.sideso.cdmx.gob.mx/documentos/progdelegacionales/iztapala[1].pdf)
- ✓ Secretaría de Transporte y Vialidad. SETRAVI, (9/08/2017). Ciudad de México. Disponible en: <http://www.semovi.cdmx.gob.mx/>
- ✓ PMDU (09/08/2017) La Paz. Estado de México. Disponible en: http://seduv.edomexico.gob.mx/planes_municipales/paz_la/PMDU%20la%20paz.pdf
- ✓ Secretaría de Comunicaciones y Transportes 2014. (09/08/2017) Norma Oficial Mexicana. Disponible en: http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Normas_Oficiales_Mexicanas/NOM-012-SCT-2-2014_sct_14nov14.pdf
- ✓ STC Metro. (11/08/2017). SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO. Ciudad de México. Disponible en: <http://www.metro.cdmx.gob.mx/la-red/linea/santa-marta>
- ✓ Secretaría de Movilidad. (12/08/2017). Centros de Transferencia Modal. Ciudad de México. Disponible en: <http://www.semovi.cdmx.gob.mx/busqueda?q=cetram>
- ✓ Transparencia y Certeza Jurídica. (12/08/2017). Trámites CDMX. Ciudad de México. Disponible en: Solicitud de Acceso Vehicular al CETRAM (22/09/2017) Centros de Transferencia Modal de la Ciudad de México. Disponible en: http://www.tramites.cdmx.gob.mx/tramites_servicios/muestraInfo/941

Apéndice

Tablas de aforo vehicular por movimiento durante la hora de estudio en el tramo de la Carretera Federal México-Puebla.

Cada tabla corresponde a un movimiento direccional dentro de la infraestructura vial y dicho movimiento se identifica a través del título de la misma.

El color anaranjado encierra la hora de máxima demanda (periodo de estudio) mientras que el color verde intenso, indica el cuarto de hora más cargado (periodo de análisis).

Concepto	CARRETERA (ENTRAN)					
	Tipo de Vehículos					
Periodo	Ligeros	Medianos	Micro	Combi	Camión (Bús)	Pesados
1:10-1:25	43	0	4	63	2	0
1:25-1:40	50	1	1	66	0	1
1:40-1:55	43	0	2	46	1	0
1:55-2:10	27	0	0	47	1	0
2:10-2:25	36	0	1	45	3	0
2:25-2:40	49	0	6	82	5	1
2:40-2:55	56	0	5	105	2	1
2:55-3:10	57	0	3	72	1	1
3:10-3:25	64	1	4	98	2	0
3:25-3:40	37	0	2	68	3	1
3:40-3:55	35	0	3	80	2	0
3:55-4:10	43	0	2	66	2	1

Concepto	DIAGONAL					
	Tipo de Vehículos					
Periodo	Ligeros	Medianos	Micro	Combi	Camión (Bús)	Pesados
1:10-1:25	42	4	2	18	2	0
1:25-1:40	44	1	2	20	1	1
1:40-1:55	55	1	2	34	1	0
1:55-2:10	35	2	2	40	2	1
2:10-2:25	48	2	1	51	1	1
2:25-2:40	34	0	1	25	2	0
2:40-2:55	51	6	1	27	3	0
2:55-3:10	34	0	2	17	2	0
3:10-3:25	41	2	0	26	0	0
3:25-3:40	33	0	3	31	2	1
3:40-3:55	32	1	0	15	1	0
3:55-4:10	26	1	2	28	2	0

Concepto	RETORNO 1					
	Tipo de Vehículos					
Periodo	Ligeros	Medianos	Micro	Combi	Camión (Bús)	Pesados
1:10-1:25	15	4	0	8	0	0
1:25-1:40	50	2	0	12	0	0
1:40-1:55	38	3	0	13	0	0
1:55-2:10	33	3	0	9	0	0
2:10-2:25	28	6	0	13	2	0
2:25-2:40	35	5	0	15	0	0
2:40-2:55	40	5	1	12	3	0
2:55-3:10	35	0	0	15	0	0
3:10-3:25	48	8	0	13	0	0
3:25-3:40	32	5	0	14	0	0
3:40-3:55	43	7	0	17	2	0
3:55-4:10	41	2	0	15	1	0

Concepto	TABACHINES (SALEN)					
	Tipo de Vehículos					
Periodo	Ligeros	Medianos	Micro	Combi	Camión (Bús)	Pesados
1:10-1:25	2	0	3	6	0	0
1:25-1:40	0	0	3	4	0	0
1:40-1:55	0	0	1	5	0	0
1:55-2:10	3	0	0	6	0	0
2:10-2:25	0	0	0	2	0	0
2:25-2:40	0	1	2	0	0	0
2:40-2:55	0	0	0	6	0	0
2:55-3:10	0	0	0	4	0	0
3:10-3:25	0	0	1	3	0	0
3:25-3:40	1	0	0	4	0	0
3:40-3:55	0	0	1	0	0	0
3:55-4:10	2	0	1	2	0	0

Concepto	TABACHINES (ENTRAN)					
	Tipo de Vehículos					
Periodo	Ligeros	Medianos	Micro	Combi	Camión (Bús)	Pesados
1:10-1:25	0	0	3	9	0	0
1:25-1:40	2	0	4	7	0	0
1:40-1:55	0	0	0	8	0	0
1:55-2:10	0	0	0	6	0	0
2:10-2:25	0	0	0	6	0	0
2:25-2:40	1	0	0	9	0	0
2:40-2:55	0	0	2	4	0	0
2:55-3:10	0	0	0	8	0	0
3:10-3:25	0	2	3	6	0	0
3:25-3:40	2	0	0	9	0	0
3:40-3:55	0	0	0	2	0	0
3:55-4:10	0	0	0	0	0	0

Concepto	RETORNO 2					
	Tipo de Vehículos					
Periodo	Ligeros	Medianos	Micro	Combi	Camión (Bús)	Pesados
1:10-1:25	5	0	2	25	0	0
1:25-1:40	2	0	0	21	0	0
1:40-1:55	4	0	1	30	0	0
1:55-2:10	3	0	0	29	0	0
2:10-2:25	1	0	1	23	0	0
2:25-2:40	1	0	0	21	0	0
2:40-2:55	1	0	0	40	0	0
2:55-3:10	3	0	0	30	0	0
3:10-3:25	6	0	0	28	0	0
3:25-3:40	5	0	0	31	0	0
3:40-3:55	4	0	1	29	0	0
3:55-4:10	3	0	0	28	0	0

Concepto	CARRETERA (DIRECTO)					
	Tipo de Vehículos					
Periodo	Ligeros	Medianos	Micro	Combi	Camión (Bús)	Pesados
1:10-1:25	43	4	6	79	10	0
1:25-1:40	48	7	3	42	6	1
1:40-1:55	53	5	8	62	4	1
1:55-2:10	40	2	8	57	10	0
2:10-2:25	34	4	8	76	3	0
2:25-2:40	36	4	8	67	3	0
2:40-2:55	35	2	5	60	3	1
2:55-3:10	42	3	4	63	5	1
3:10-3:25	30	4	4	53	3	1
3:25-3:40	29	4	3	52	3	0
3:40-3:55	31	4	3	51	3	0
3:55-4:10	33	5	4	53	3	0

Concepto	ENTRAN AL CETRAM (POR CARRETERA)					
	Tipo de Vehículos					
Periodo	Ligeros	Medianos	Micro	Combi	Camión (Bús)	Pesados
1:10-1:25	5	0	0	22	1	0
1:25-1:40	5	0	2	15	0	0
1:40-1:55	3	0	3	22	2	0
1:55-2:10	2	0	3	34	4	0
2:10-2:25	4	0	5	46	12	0
2:25-2:40	1	0	0	35	2	0
2:40-2:55	1	0	2	25	0	0
2:55-3:10	0	0	0	22	0	0
3:10-3:25	0	0	3	19	3	0
3:25-3:40	2	0	4	23	6	0
3:40-3:55	1	0	6	26	0	0
3:55-4:10	0	0	2	31	2	0

Concepto	ENTRA AL CETRAM (POR RETORNO)					
	Tipo de Vehículos					
Periodo	Ligeros	Medianos	Micro	Combi	Camión (Bús)	Pesados
1:10-1:25	0	0	5	3	5	0
1:25-1:40	0	0	8	4	6	0
1:40-1:55	0	0	7	8	4	0
1:55-2:10	0	0	8	10	6	0
2:10-2:25	0	0	7	7	9	0
2:25-2:40	0	0	7	5	6	0
2:40-2:55	0	0	12	10	5	0
2:55-3:10	0	0	0	0	0	0
3:10-3:25	0	0	9	6	9	0
3:25-3:40	0	0	6	4	6	0
3:40-3:55	0	0	3	9	5	0
3:55-4:10	0	0	8	2	6	0

Concepto	DE RETORNO DE CETRAM SE INCORPORA A CARRETERA					
	Tipo de Vehículos					
Periodo	Ligeros	Medianos	Micro	Combi	Camión (Bús)	Pesados
1:10-1:25	2	0	4	3	0	0
1:25-1:40	1	2	2	6	0	0
1:40-1:55	0	0	14	4	0	0
1:55-2:10	0	2	15	9	0	0
2:10-2:25	2	0	15	5	0	0
2:25-2:40	3	2	5	4	0	0
2:40-2:55	3	0	5	6	0	0
2:55-3:10	1	0	9	8	0	0
3:10-3:25	0	6	6	7	0	0
3:25-3:40	0	0	18	9	0	0
3:40-3:55	0	0	6	6	0	0
3:55-4:10	4	0	0	8	0	0

Concepto	SALEN DE CETRAM HACIA CARRETERA					
	Tipo de Vehículos					
Periodo	Ligeros	Medianos	Micro	Combi	Camión (Bús)	Pesados
1:10-1:25	0	0	8	2	4	0
1:25-1:40	0	0	4	5	1	0
1:40-1:55	0	0	3	7	6	0
1:55-2:10	0	0	1	4	7	0
2:10-2:25	0	0	2	4	10	0
2:25-2:40	0	0	2	5	7	0
2:40-2:55	0	0	2	6	4	0
2:55-3:10	0	0	0	0	0	0
3:10-3:25	0	0	6	6	9	0
3:25-3:40	0	0	9	2	7	0
3:40-3:55	0	0	7	3	6	0
3:55-4:10	0	0	8	9	8	0

Concepto	SALE DE CETRAM HACIA RETORNO					
	Tipo de Vehículos					
Periodo	Ligeros	Medianos	Micro	Combi	Camión (Bús)	Pesados
1:10-1:25	0	0	3	2	2	0
1:25-1:40	0	0	0	0	0	0
1:40-1:55	0	0	4	4	3	0
1:55-2:10	0	0	0	2	0	0
2:10-2:25	0	0	1	5	2	0
2:25-2:40	0	0	1	3	2	0
2:40-2:55	0	0	0	7	0	0
2:55-3:10	0	0	0	0	0	0
3:10-3:25	0	0	2	3	1	0
3:25-3:40	0	0	1	4	2	0
3:40-3:55	0	0	0	6	2	0
3:55-4:10	0	0	2	2	0	0

Concepto	RETORNO 3 (SE INCORPORAN A CARRETERA)					
	Tipo de Vehículos					
Periodo	Ligeros	Medianos	Micro	Combi	Camión (Bús)	Pesados
1:10-1:25	3	0	6	2	0	0
1:25-1:40	0	0	9	3	0	0
1:40-1:55	1	0	11	1	0	0
1:55-2:10	5	0	13	3	0	0
2:10-2:25	0	0	9	0	0	0
2:25-2:40	0	0	16	0	0	0
2:40-2:55	3	0	8	2	0	0
2:55-3:10	0	0	7	0	0	0
3:10-3:25	0	0	3	1	0	0
3:25-3:40	1	0	9	0	0	0
3:40-3:55	2	0	8	1	0	0
3:55-4:10	0	0	10	0	0	0

Concepto	RETORNO 3 (SALEN DE CARRETERA)					
	Tipo de Vehículos					
Periodo	Ligeros	Medianos	Micro	Combi	Camión (Bús)	Pesados
1:10-1:25	2	0	0	3	0	0
1:25-1:40	4	0	1	0	0	0
1:40-1:55	0	0	3	3	0	0
1:55-2:10	0	0	0	0	0	0
2:10-2:25	1	0	0	6	0	0
2:25-2:40	0	0	2	2	0	0
2:40-2:55	0	0	0	1	0	0
2:55-3:10	2	0	0	0	0	0
3:10-3:25	0	0	0	0	0	0
3:25-3:40	0	0	0	3	0	0
3:40-3:55	0	0	1	3	0	0
3:55-4:10	0	0	0	0	0	0

Comparación de escenarios (coordinado y no coordinado)

Comparativo de escenarios con 2 y 3 carriles por intersección y movimiento, para semáforos con operación coordinada y no coordinada.

Esta comparación se realizó con la finalidad de identificar las diferentes posibilidades en las que la infraestructura vial podía operar. Así mismo, la comparación ayudo a identificar la posible solución y las diversas mejoras a implementar.

CORRDINADO						
Condición	2 carriles			3 carriles		
Intersección	1			1		
Movimiento	6	16	14	1	16	14
Relación crítica v/c (Xi)	2.18	4.23	2.31	0.82	4.23	2.2
Demora del Acceso	712.03		642.51	270.15		433.87
NS del acceso	F	F	F	F	F	F
Relación crítica v/c (Xc)	2.37			1.13		
Demora de la intersección	700.2			315.85		
NS de la intersección	F			F		

COORDINADO						
Condición	2 carriles			3 carriles		
Intersección	2			2		
Movimiento	6	16	14	6	16	14
Relación crítica v/c (Xi)	1.05	1.15	1.04	2.1	2.07	1.04
Demora del Acceso	93.36		297.22	49.12		297.22
NS del acceso	F	F	F	D	D	F
Relación crítica v/c (Xc)	1.05			2.047		
Demora de la intersección	104.16			55.51		
NS de la intersección	F			F		

COORDINADO						
Condición	2 carriles			3 carriles		
Intersección	3			3		
Movimiento	6	16	14	6	16	14
Relación crítica v/c (Xi)	0.98	2.89	0.68	0.78	6.37	0.84
Demora del Acceso	271.64		83.82	632.48		83.82
NS del acceso	F	F	F	F	F	F
Relación crítica v/c (Xc)	1.07			0.989		
Demora de la intersección	249.49			600.42		
NS de la intersección	F			F		

COORDINADO								
Realización	HCS-2000				HCS-2000			
Condición	4 carriles				5 Carriles			
Intersección	4				4			
Movimiento	6	16	3	8	6	16	3	8
Relación crítica v/c (Xi)	1.66		5.76		0.91		6.2	
Demora del Acceso	329.2		2189		18.1		2388	
NS del acceso	F		F		B		F	
Relación crítica v/c (Xc)	3.16				2.85			
Demora de la intersección	1624				1668			
NS de la intersección	F				F			

NO CORRINADO						
Condición	2 carriles			3 carriles		
Intersección	1			1		
Movimiento	6	16	14	6	16	14
Relación crítica v/c (Xi)	2.69	4.23	3.63	0.8	4.1	1.83
Demora del Acceso	899.9		1591.6	257.6		427.51
NS del acceso	F	F	F	F	F	F
Relación crítica v/c (Xc)	2.98			1.02		
Demora de la intersección	1017.5			287.28		
NS de la intersección	F			F		

NO COORDINADO						
Condición	2 carriles			3 carriles		
Intersección	2			2		
Movimiento	6	16	14	6	16	14
Relación crítica v/c (Xi)	0.9	0.92	1	0.92	0.97	1
Demora del Acceso	44.62		276.97	22.98		276.97
NS del acceso	D	D	F	C	C	F
Relación crítica v/c (Xc)	0.9			0.92		
Demora de la intersección	60.86			29.93		
NS de la intersección	F			C		

NO COORDINADO						
Condición	2 carriles			3 carriles		
Intersección	3			3		
Movimiento	6	16	14	6	16	14
Relación crítica v/c (Xi)	1.26	2.29	0.66	0.9	7.21	0.66
Demora del Acceso	273.09		107.63	693.55		74.92
NS del acceso	F	F	F	F	F	E
Relación crítica v/c (Xc)	1.22			1.09		
Demora de la intersección	249.28			662.23		
NS de la intersección	F			F		

NO COORDINADO								
Realización	HCS-2000				HCS-2000			
Condición	4 Carriles				5 Carriles			
Intersección	4				4			
Movimiento	6	16	3	8	6	16	3	8
Relación crítica v/c (Xi)	1.83		2.55		1.16		4.96	
Demora del Acceso	2123		1829		945.7		1829	
NS del acceso	F		F		F		F	
Relación crítica v/c (Xc)	3.34				2.75			
Demora de la intersección	1930				1523			
NS de la intersección	F				F			

Comparativo de resultados entre par de escenarios (2 y 3 carriles) con controladores de semáforo coordinados y no coordinados.

	COORDINADOS							
	2 Carriles				3 Carriles			
Intersección	1	2	3	4	1	2	3	4
Demora en la Intersección (s)	700.2	140.16	249.49	1624	315.85	55.51	600.42	1668
Demora promedio (s)	678.4625				659.945			
Mejoramiento de la intersección (%)	3%							
Relación crítica v/c (Xc) (Intersección)	2.37	1.05	1.07	3.16	1.131	2.04	0.98	2.85
Relación crítica promedio de la intersección (Xc)	1.91				1.75			
Mejoramiento en la capacidad de las intersecciones (%)	9%							
Tiempo de viaje del automóvil(s)	218.1				129.71			
Tiempo de viaje de la unidad de transporte público (s)	2931.95				2769.49			
Tiempo de viaje de la unidad de transporte público (min)	48.87				46.16			
Velocidad de viaje (m/s)	0.031				3.87			

	NO COORDINADOS							
	2 Carriles				3 Carriles			
Intersección	1	2	3	4	1	2	3	4
Demora en la Intersección (s)	1017.5	60.86	249.28	1930	287.28	26.85	662.23	1529
Demora promedio (s)	814.41				626.34			
Mejoramiento de la intersección (%)	30%							
Relación crítica v/c (Xc) (Intersección)	2.98	0.9	1.22	3.34	1.02	0.92	1.09	2.75
Relación crítica promedio de la intersección (Xc)	2.11				1.56			
Mejoramiento en la capacidad de las intersecciones (%)	35%							
Tiempo de viaje del automóvil(s)	1350.5				107.54			
Tiempo de viaje de la unidad de transporte público (s)	4608.14				2612.9			
Tiempo de viaje de la unidad de transporte público (min)	76.80				43.55			
Velocidad de viaje (m/s)	0.37				0.048			