



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

**PROPUESTA DE RUTAS TRONCALES PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO DE
PASAJEROS DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

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

PRESENTA:
ING. ADRIANA AVALOS HERNÁNDEZ

TUTORES PRINCIPALES
DR. BENITO SÁNCHEZ LARA Y DR. RICARDO ACEVES GARCÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA

CIUDAD DE MÉXICO, MAYO 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Sánchez Lara Benito
Secretario: M. I. Rivera Colmenero José Antonio
Vocal: Dr. Aceves García Ricardo
1^{er.} Suplente: M. I. Reséndiz López Héctor Daniel
2^{do.} Suplente: M. en I. Romero Pimentel Roberto

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Universidad Nacional Autónoma de México

TUTORES DE TESIS:

Dr. Benito Sánchez Lara y Dr. Ricardo Aceves García

FIRMA

(Segunda hoja)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a CONACYT por haberme aceptado como becaria hace dos años, así como a la Universidad Nacional Autónoma de México que me aceptó en sus aulas cuando yo lo veía como un sueño imposible, y no siendo suficiente, me proporcionó los conocimientos aquí vertidos.

Agradezco también, a las personas que colaboraron para que mi tesis llegara a su fin, a mis profesores, particularmente a quienes desafortunadamente perdí durante el transcurso de mi estancia escolar: el Dr. Juan Pablo Antún y el Mtro. Gustavo Murillo (qepd).

A mis compañeros de aula y de generación que fueron parte fundamental de este entramado y muy especialmente a José, Fidel, Maricela, Omar y Karla.

A mi tutor, el Dr. Benito Sánchez Lara que además de mantener una larga amistad, me proporcionó oportunidades jamás imaginadas para seguir incrementando mi experiencia y capacidades. A mis sinodales por su asesoría y disponibilidad para colaborar en la revisión de mi trabajo de tesis.

A Víctor Alvarado de El Poder del Consumidor, quien confió en mí proveyendo información primordial.

A mis padres Romualda y Alberto que son mi motor y también calman el vértigo.

A mis hermanos Rosa, Alberto, Liliana y Alfredo que fueron gran apoyo y a todos aquellos amigos que se preocuparon por mí durante esta travesía, sin su presencia esto habría sido una experiencia totalmente diferente.

Y a los pequeños animales de compañía que demandaron tiempo pero que también hicieron más llevadero el proceso en esas largas noches de escuela.

A todos ellos

¡Muchas gracias!

Contenido

| | |
|---|-----|
| AGRADECIMIENTOS | iii |
| RESUMEN..... | x |
| ABSTRACT | xi |
| INTRODUCCIÓN..... | xii |
| CAPÍTULO I. SITUACIÓN ACTUAL DE LA MOVILIDAD EN LA CIUDAD DE MÉXICO | 1 |
| 1.1 Densidad poblacional | 1 |
| 1.2 Viajes en la CDMX..... | 2 |
| 1.3 Viajes por modo en la CDMX | 4 |
| 1.4 Motivos de viaje en la CDMX..... | 9 |
| 1.5 Tiempo de viaje en la CDMX | 11 |
| 1.6 Líneas de deseo en la CDMX | 12 |
| 1.7 Sistemas de transporte en la CDMX | 15 |
| 1.8 Centros de Transferencia Modal (CETRAM) | 18 |
| Planteamiento del problema..... | 19 |
| Preguntas de investigación | 21 |
| Objetivo general: | 21 |
| Objetivos particulares..... | 22 |
| Justificación..... | 22 |
| CAPÍTULO II. LA NATURALEZA DE LA OFERTA, LAS RUTAS TRONCALES Y SU OPERACIÓN | 24 |
| 2.1 Modelos de oferta | 24 |
| 2.2 La ruta más corta | 27 |
| 2.2.1 Algoritmo de Dijkstra | 29 |
| 2.3 Rutas de transporte..... | 30 |

| | | |
|---|--|----|
| 2.4 | Troncales | 33 |
| 2.4.1 | Aspectos operacionales de las troncales | 34 |
| 2.5 | Determinación del sistema con base en volúmenes | 41 |
| 2.6 | Indicadores de operación para la programación del servicio | 43 |
| CAPÍTULO III. ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN | | 46 |
| CAPÍTULO IV. PROPUESTA DE RED TRONCAL Y POLÍTICAS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE ASOCIADO | | 52 |
| 4.1 | <i>Generación de viajes</i> | 52 |
| 4.1.1 | Identificación de los nodos y arcos para integrar la red troncal | 52 |
| 4.1.2 | Selección de los nodos O-D para la red | 53 |
| 4.1.3 | Selección de los arcos que integran la red | 55 |
| 4.2 | <i>Distribución de viajes</i> | 56 |
| 4.2.1 | Procesamiento y simplificación de la red generada | 56 |
| 4.2.2 | Diseño de la red troncal | 59 |
| 4.2.3 | Diseño de la red alimentadora | 63 |
| 4.3 | <i>Partición modal de viajes</i> | 66 |
| 4.3.1 | Operación del sistema de transporte propuesto | 67 |
| 4.3.2 | Estimación de la demanda | 67 |
| 4.3.3 | Estimación de la capacidad | 70 |
| 4.4 | <i>Asignación de viajes</i> | 74 |
| 4.4.1 | Determinación y espaciado entre paradas | 74 |
| 4.4.2 | Determinación de la frecuencia de paso e intervalos de tiempo | 77 |
| 4.4.3 | Velocidades de operación | 85 |
| CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS | | 90 |
| 5.1 | Comparativas operativas entre rutas de la red troncal propuesta y corredores de transporte | 90 |

| | |
|---|-----|
| CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 100 |
| 6.1 Conclusiones | 100 |
| 6.2 Recomendaciones | 101 |
| REFERENCIAS..... | 103 |
| APÉNDICES..... | 106 |
| A. Ramales que operan en cada CETRAM..... | 106 |
| B. Líneas de deseo en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) .. | 120 |
| C. Selección de CETRAM con respecto a la oferta | 121 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Izquierda: Densidad Poblacional, Derecha: Mayoría Poblacional..... | 1 |
| Figura 2. Líneas de deseo en la CDMX (sin modo asignado). Elaboración propia. Fuente EOD 2017..... | 14 |
| Figura 3. Red de rutas en la CDMX..... | 18 |
| Figura 4. CETRAM existentes en la Ciudad de México, incluyendo 4 nodos ficticios para el estudio | 19 |
| Figura 5. Adaptación de la Estructura de los modelos del sistema de transporte. Elaboración propia con base en Cascetta (2009)..... | 26 |
| Figura 6. Ejemplo de ejecución de Algoritmo de Dijkstra. Fuente: Delgado, UPM ... | 30 |
| Figura 7. Rutas radiales | 31 |
| Figura 8. Rutas diametrales | 32 |
| Figura 9. Rutas tangenciales | 32 |
| Figura 10. Rutas con lazo..... | 33 |
| Figura 11. Rutas circulares..... | 33 |
| Figura 12. Metro de Ciudad de México. Fuente: STC-Metro..... | 37 |
| Figura 13. Red del Stuttgart Stadtbahn, Fuente: Maximilian Dörrbecker y Open Street Maps..... | 38 |
| Figura 14. Túnel Lincoln, acceso Nueva Jersey. Fuente: abc7 NY | 39 |
| Figura 15. Diferencia entre ramal y alimentador. Fuente Molinero,1998 | 39 |

| | |
|---|----|
| Figura 16. Caso 1, dos ramales con iguales atributos. Fuente Molinero,1998 | 40 |
| Figura 17. Caso 2, dos ramales con pasajeros y unidades de tamaño distinto. Fuente Molinero,1998 | 40 |
| Figura 18. Caso 3, dos ramales con pasajeros y frecuencias distintas. Fuente Molinero,1998 | 41 |
| Figura 19. Caso 4, dos ramales con pasajeros, unidades y frecuencias distintas. Fuente Molinero,1998 | 41 |
| Figura 20. Modo de transporte a emplear de acuerdo con el volumen de pasajeros y la velocidad de operación proyectada, Fuente: (CTS EMBARQ México, 2015)..... | 42 |
| Figura 21. Modelo clásico del transporte..... | 46 |
| Figura 22. Variación al modelo clásico de transporte. | 47 |
| Figura 23. Etapa de generación..... | 48 |
| Figura 24. Etapa de distribución | 49 |
| Figura 25. Etapa de partición modal | 50 |
| Figura 26. Etapa de asignación | 51 |
| Figura 27. Nodos de importancia elegidos | 54 |
| Figura 28. Red generada con nodos | 56 |
| Figura 29. Mapa general de nuevas rutas generadas..... | 59 |
| Figura 30. Rutas superpuestas en el mismo derrotero | 60 |
| Figura 31. Tramos enumerados con rutas traslapadas | 61 |
| Figura 32. Red troncal generada..... | 63 |
| Figura 33. Rutas alimentadoras diseñadas..... | 65 |
| Figura 34. Red integral de troncales y alimentadores..... | 66 |
| Figura 35. Extracto ilustrativo de la EOD STC. Fuente: STC (2007)..... | 68 |
| Figura 36. Volúmenes de demanda para la red de rutas troncales | 70 |
| Figura 37. Ubicación del dimensionamiento del sistema, el cruce de las líneas punteadas revela la elección del sistema. Fuente: (CTS EMBARQ México, 2015) | 72 |
| Figura 38. Elección de la tecnología por demanda. Fuente (CTS EMBARQ México, 2015) | 72 |
| Figura 39. Paradas a lo largo de las troncales propuestas (325 paradas) | 75 |

| | |
|---|----|
| Figura 40. Paradas después de la verificación de aspectos operativos (317 paradas en una red de 226.46 km)..... | 76 |
| Figura 41. Separación de troncales para su correcto estudio | 78 |
| Figura 42. Número de vehículos en hora valle en los tramos de troncal. | 83 |
| Figura 43. Número de vehículos requeridos en hora de máxima demanda para los tramos de troncal | 84 |
| Figura 44. Velocidad comercial en Horas de Máxima Demanda en la red. | 86 |
| Figura 45. Tramos troncales con sus respectivas paradas | 87 |
| Figura 46. Corredor Revolución: Chapultepec a San Ángel | 91 |
| Figura 47. Propuesta de tramo troncal diseñado | 92 |
| Figura 48. Corredor ESASA, Enlaces Suburbanos Aragón S.A. | 93 |
| Figura 49. Propuesta de dos tramos de troncal diseñada | 94 |
| Figura 50. Corredor ATROLSA o Autobuses Troncales S.A. Fuente: Google maps. .. | 95 |
| Figura 51. Propuesta para el segmento de Bosques de las Lomas a Metro Chapultepec | 96 |
| Figura 52. Corredor Toreo Buenavista S.A., COTOBUSA. Fuente: Moovit. | 97 |
| Figura 53. Propuesta para el segmento de Metro Cuatro Caminos a Metro Buenavista | 98 |

Índice de gráficos

| | |
|---|----|
| Gráfico 1. Viajes por modo de transporte, EOD 2007 | 6 |
| Gráfico 2. Encuesta de percepción del usuario. Fuente: (CTS EMBARQ, 2019) | 8 |
| Gráfico 3. Propósito del viaje, EOD 2007 | 9 |
| Gráfico 4. Distribución porcentual de viajes realizados un día entre semana por la población de 6 años y más según propósito de viaje, EOD 2017 | 10 |
| Gráfico 5. Propósito de los viajes, EOD 2017 | 10 |
| Gráfico 6. Tiempos de viaje en la ZMVM | 11 |
| Gráfico 7. Diagrama de Pareto para elegir los tramos más relevantes de la red, elaboración propia..... | 62 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Vehículos y viviendas según entidad, EOD 2007 | 3 |
| Tabla 2. Totales de viviendas, hogares y población por área geográfica, EOD 2017 | 3 |
| Tabla 3. Distribución porcentual de los hogares por disponibilidad de vehículo y tipo, según área geográfica (%), EOD 2017..... | 4 |
| Tabla 4. Viajes de los residentes por tipo y modo de transporte, EOD 2007 | 4 |
| Tabla 5. Población de 6 años y más que realizó viajes en un día entre semana, por tipo y modo de transporte utilizado en al menos uno de los tramos de sus viajes, EOD 2017..... | 5 |
| Tabla 6. Porcentaje de viajes realizados en un día entre semana por la población de 6 años y más, por tipo y modo de transporte utilizado en al menos uno de sus tramos, según área geográfica de origen del viaje, EOD 2017 | 7 |
| Tabla 7. Parejas de distritos con mayor movilidad entre sí | 12 |
| Tabla 8. Cobertura de kilometraje por sistema de transporte | 16 |
| Tabla 9. Rangos de volumen de pasajeros por hora por sentido con respecto al modo de transporte | 43 |
| Tabla 10. CETRAM considerados nodos de importancia | 55 |
| Tabla 11. Frecuencias de rutas en tramos de vialidad | 62 |
| Tabla 12. Rutas seleccionadas como alimentadoras..... | 64 |
| Tabla 13. Volúmenes de viajes diarios en CETRAM | 69 |
| Tabla 14. Volúmenes críticos para 19 horas de servicio | 71 |
| Tabla 15. Parámetros de dimensionamiento en la red general..... | 77 |
| Tabla 16. Factores operativos por tramo de troncal para la programación del servicio . | 79 |
| Tabla 17. Valores operativos por tramo de troncal para diseño | 81 |
| Tabla 18. Tiempo de paradas suponiendo que el autobús se detiene en todas las estaciones | 88 |
| Tabla 19. Comparación de la operación actual contra la propuesta..... | 92 |
| Tabla 20. Comparación de la operación actual contra la propuesta | 94 |
| Tabla 21. Comparación de la operación actual contra la propuesta | 96 |
| Tabla 22. Comparación de la operación actual contra la propuesta..... | 98 |
| Tabla 23. Ventajas y desventajas de la propuesta | 99 |

RESUMEN

La red de transporte de la Ciudad de México mueve a más personas que a sólo sus habitantes. La oferta de rutas y vehículos para mover la demanda lleva al límite la capacidad vial generándose embotellamientos, pérdidas económicas por la inversión de horas hombre en los traslados y en contaminación. Datos recientes revelan que más de tres cuartos de los viajes hechos en la ciudad son realizados en transporte concesionado a bordo de unidades sin capacidad regulada, con rutas que modifican los operadores, mismos que continuamente están envueltos en percances viales o de inseguridad. No obstante, el transporte concesionado absorbe una parte significativa de la demanda porque atiende la que el transporte masivo es incapaz de acoger. En este contexto es oportuno preguntarse: ¿qué pasaría si se reordenaran las rutas de transporte más demandadas y se ofreciera un esquema de transporte que tratara de menguar lo negativo del transporte concesionado?

Un escenario posible es el que se sugiere en este trabajo de investigación, una red de rutas troncales para el transporte concesionado con factores operativos que pretenden mejorar el tiempo de traslado. Para formular la propuesta se utilizó el método de las cuatro fases o el modelo clásico del transporte. En específico se utiliza la idea de modelar la oferta de lo que se origina en una red a la cual posteriormente se ajustan volúmenes de demanda y parámetros de operación.

Para el desarrollo de la propuesta se tomó como base la red de transporte de Mapatón CDMX y los resultados de las encuestas de origen destino de INEGI. Con datos de STC-Metro se estimaron volúmenes de usuarios. ArcGIS fue útil en la simulación de rutas y en la creación de la red troncal.

La finalidad de la propuesta es reordenar las rutas para concentrar los flujos de demanda con lo cual reducir el tiempo de traslado entre los nodos definidos. La simulación de rutas reveló que ambos fines son técnicamente factibles. La viabilidad operativa de la propuesta está sujeta al establecimiento de políticas públicas hacia las rutas troncales que constituyan un sistema robusto e integrado.

ABSTRACT

Mexico City's transportation network moves more people than only its inhabitants. The supply of routes and vehicles to move the demand leads to the limit of the road capacity generating bottlenecks, economic losses by the investment of man hours in the transfers and in pollution. Recent data reveal that more than three quarters of the trips made in the city are carried out in transport concession aboard units without regulated capacity, with routes that modify the operators, same that continually are involved in road mishaps or of insecurity. However, concession transport absorbs a significant part of the demand because it caters for which mass transport is unable to accommodate. In this context, it is appropriate to ask: what would happen if the most demanded transport routes were rearranged and a transport scheme was offered that would try to reduce the negative of the concession transport?

A possible scenario is that suggested in this research work, a network of trunk routes for transport concession with operational factors that seek to improve the time of transfer. The four-phase method or the classic transport model was used to formulate the proposal. Specifically, the idea of modeling the supply of what originates in a network to which the demand volumes and operating parameters are adjusted is used.

For the development of the proposal was based on the transport network of Mapatón CDMX and the results of the surveys of Origin Destination from INEGI. With data from STC-Metro, volumes of users were estimated. ArcGIS was useful in route simulation and creating the trunk network.

The purpose of the proposal is to rearrange the routes to concentrate the demand flows so as to reduce the transfer time between the defined nodes. Route simulation revealed that both ends are technically feasible. The operational viability of the proposal is subject to the establishment of public policies towards the backbone routes that constitute a robust and integrated system.

INTRODUCCIÓN

La Ciudad de México es una fracción de una megalópolis denominada Valle de México compuesta por las dieciséis alcaldías de la ciudad de México, 59 municipios del Estado de México y uno de Hidalgo (Consejo Nacional de Población, 2019); las necesidades de transporte resultado de las actividades económicas entre dichas entidades se distinguen principalmente por largos traslados, alta demanda de viajes en horarios laborales debido a la centralización de las actividades y congestión vehicular.

El transporte masivo de la Ciudad de México consiste en 12 líneas de transporte subterráneo y 7 de autobuses bajo el esquema BRT¹, los viajes realizados en un día hábil en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) son 15.62 millones y en el Metro se trasladan 2.39 millones de usuarios y en Metrobús son 620 mil viajes (según datos de la EOD 2017). En contraste, la mayoría de los traslados son atendidos por sistemas de transporte concesionado que muchas de las veces operan con vehículos en mal estado, en rutas largas y tortuosas, lo que se traduce en lapsos de traslado superiores a la media internacional. Concentrar estas rutas de transporte concesionado proponiendo rutas troncales con atención en orígenes y destinos propios de la demanda de los viajes diarios de la ciudad podría mejorar el aprovechamiento del espacio, así como menores tiempos de ciclo.

En relación a la estrategia de investigación: para determinar la situación actual del transporte se analizaron las Encuestas Origen Destino de 2007 y 2017 comparando sus resultados. El Modelo Clásico del Transporte con énfasis en la etapa de Asignación se empleó para el desarrollo de la propuesta. Con base en Modelos de Oferta se ideó la concentración de rutas y la adecuación de la demanda a la red troncal. La elección del modo de transporte para la red troncal se realizó con base en los volúmenes de carga calculados a partir de los esquemas recomendados por CTS EMBARQ México, actualmente WRI México (2015). Con base en Molinero y Sánchez (2002) se calcularon los parámetros de operación. Se identificaron 33 nodos de importancia y 27 tramos

¹ BRT son las siglas de Bus Rapid Transit o Autobuses de Tránsito Rápido, es un sistema de buses de alta calidad, que proporciona movilidad urbana rápida, cómoda y con un costo-beneficio favorable a través de la provisión de infraestructura segregada de uso exclusivo, operaciones rápidas y frecuentes, y excelencia en mercadeo y servicio al usuario/cliente (ITDP, 2010).

troncales, se contaron 329 paradas y entre ellas 45 estaciones de transbordo, todas ellas están conectadas al menos con dos de los tramos troncales de la red. La operación del sistema se simuló con 700 vehículos circulando consiguiéndose velocidades de 12 km/h en horas de máxima demanda y de 29 km/h en horarios valle. Finalmente, se compararon sistemas que operan con tramos troncales y se mejoraron los parámetros de operación.

En la red troncal, los nodos considerados están ubicados en la Ciudad de México lo que hace necesario realizar estudios que integren al Estado de México y a Hidalgo con lo que se podría observar cómo se modificaría la movilidad en la megalópolis.

La red troncal propuesta es técnicamente factible según las comparaciones con corredores que operan en la red actual, con este proceso de comparación se detectaron fallos de diseño, por ejemplo, si una ruta es larga o sinuosa los parámetros empeoran la situación de movilidad.

CAPÍTULO I. SITUACIÓN ACTUAL DE LA MOVILIDAD EN LA CIUDAD DE MÉXICO

Este capítulo es dedicado a identificar el comportamiento de los viajes de la población de la CDMX, con este fin se utilizaron las Encuestas Origen Destino 2007 y 2017 para profundizar en los detalles de estos, logrando identificar los modos de transporte más empleados, además se investigaron los principales nodos de transferencia y se finalizó con la propuesta de este trabajo de investigación.

1.1 Densidad poblacional

Según el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI, 2015), la Ciudad de México tiene una población de 8,918,653 habitantes y se tiene una densidad poblacional de 5,920 habitantes por kilómetro cuadrado. Evaluando las dieciséis alcaldías pertenecientes a la entidad, se identifica que la más densamente poblada es Iztacalco, le sigue Cuauhtémoc, posteriormente Iztapalapa, Benito Juárez y Gustavo A. Madero como se muestra en la Figura 1 (izquierda).

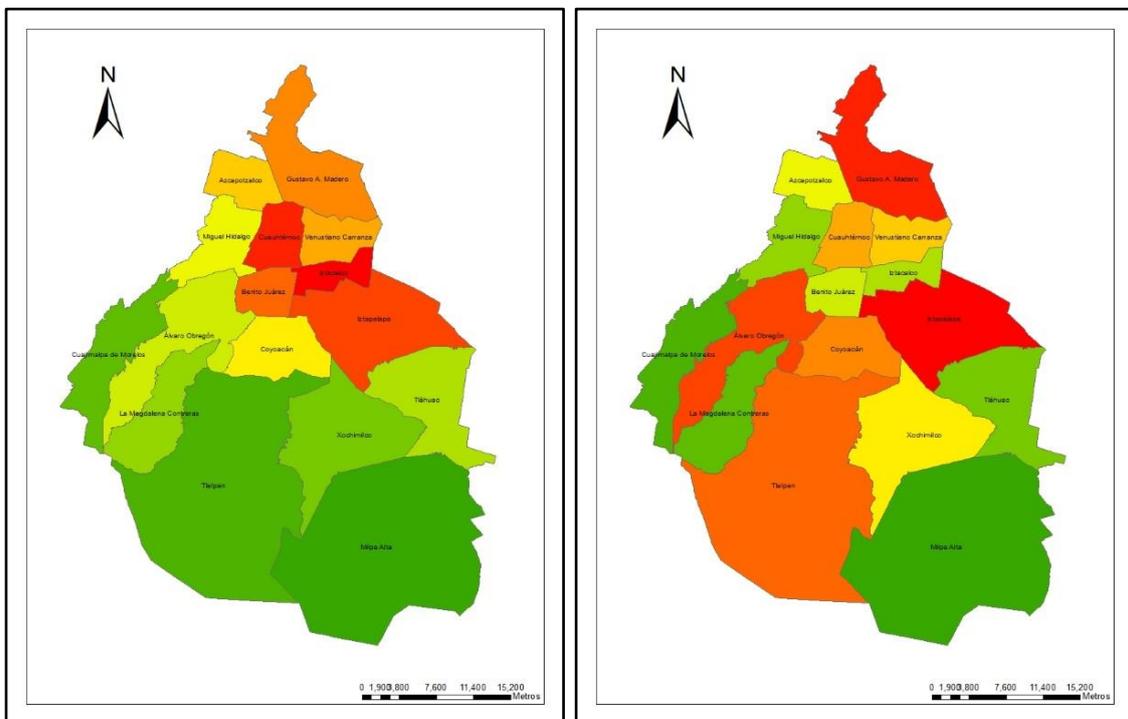


Figura 1. Izquierda: Densidad Poblacional, Derecha: Mayoría Poblacional

La figura anterior muestra que las alcaldías que se encuentran más cercanas al centro de la ciudad corresponden a las que tienen el mayor número de habitantes por kilómetro cuadrado, y son a su vez las más pequeñas, por lo que su densidad poblacional es mayor. La Figura 1 lado derecho muestra que las alcaldías que tienen la más alta población son las que se encuentran rodeando al centro de la ciudad, como es el caso de las alcaldías Iztapalapa, Gustavo A. Madero y Tlalpan.

En la Figura 1 lado izquierdo se señala que la mayoría de los habitantes de la Ciudad de México viven en las alcaldías que se encuentran al nororiente, es decir, lo más probable es que de estas zonas dormitorio, surjan viajes hacia las zonas industriales, de negocios y de empresas de servicios donde habitualmente se encuentran las oportunidades laborales como lo son las alcaldías de Miguel Hidalgo, Álvaro Obregón y Benito Juárez.

Lo anterior es importante pues se han identificado las zonas dormitorio, y aquellas que funcionan como zonas de actividades laborales, ello puede dar una idea de los volúmenes de pasajeros que es necesario transportar, pero el análisis más detallado de las Encuestas Origen Destino 2007 y 2017 (EOD 2007 y 2017, respectivamente) proporcionan mayores datos sobre estas apreciaciones a continuación.

1.2 Viajes en la CDMX

La EOD 2007, fue llevada a cabo en las dieciséis alcaldías del entonces Distrito Federal y cuarenta de los cincuenta y nueve municipios del Estado de México.

Para la aplicación de la encuesta en las 16 alcaldías de la Ciudad de México y los 40 municipios del Estado de México, el territorio fue fragmentado en 156 distritos de los cuales 84 correspondieron a la Ciudad de México y 72 al Estado de México.

El tamaño de la muestra fue calculado tomando como base el promedio de viajes por vivienda correspondiente a 360 viviendas por distrito. El total de la muestra para la Ciudad de México considerando solo 84 distritos fue de 29,880 viviendas y considerando 72 distritos para el Estado de México se tuvieron 25,920 viviendas, de manera que la muestra total fue de 55,800 viviendas.

Por su parte, la Encuesta Origen Destino 2017 fue un esfuerzo realizado por el INEGI en colaboración con la Universidad Nacional Autónoma de México a petición de los gobiernos de la Ciudad de México y el Estado de México, acordando su aplicación en hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México. El periodo de levantamiento de información fue del 23 de enero al 3 de marzo de 2017, con un tamaño de muestra compuesta de 66,625 viviendas además un cuestionario de seis secciones y tarjeta de viajes que se asignaron a cada entrevistado. La cobertura geográfica consistió en 16 alcaldías en la CDMX equivalentes a 86 distritos; 59 municipios conurbados en el Estado de México (EDOMEX) equivalentes a 108 distritos y 1 municipio de Hidalgo (HGO) equivalente a 1 distrito.

Datos de la EOD 2007 mencionan que la Zona Metropolitana del Valle de México tiene una población de más de 20 millones de personas, 8.9 millones de personas habitan la Ciudad de México, y los más de 12 millones de habitantes residen en los 59 municipios conurbados del Estado de México y en Tizayuca, Hidalgo, esta distribución se muestra en las Tablas 1 y 2, respectivamente, la columna Promedio se refiere al porcentaje de viviendas que cuentan con vehículo.

Tabla 1. Vehículos y viviendas según entidad, EOD 2007

| | Viviendas | Vehículos | Promedio |
|---|------------------|------------------|-------------|
| Total | 4,778,891 | 2,960,852 | 0.62 |
| Ciudad de México | 2,316,992 | 1,515,022 | 0.65 |
| 40 municipios del Estado de México | 2,461,899 | 1,445,830 | 0.59 |

Fuente. EOD 2007

En comparación con las viviendas de la encuesta realizada diez años después que se muestra en la Tabla 2, se observa un fuerte incremento de casi un millón de viviendas. Para presentar los datos en forma similar, se puede tomar una tabla más de la EOD 17 para conocer los vehículos por persona.

Tabla 2. Totales de viviendas, hogares y población por área geográfica, EOD 2017

| Área geográfica | Viviendas | Hogares | Población | Población de 6 años y más |
|-------------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------------|
| ZMVM | 5,757,890 | 5,967,469 | 20,886,703 | 19,383,068 |
| CDMX | 2,570,125 | 2,666,893 | 8,801,597 | 8,255,399 |
| HGO/EDOMEX | 3,187,765 | 3,300,576 | 12,085,106 | 11,127,669 |

Fuente. EOD 2017

1.3 Viajes por modo en la CDMX

En la Ciudad de México se tienen diversos sistemas de transporte público, el Metro es el de mayor capacidad, le sigue el Metrobús, tren ligero y el transporte concesionado, constituido por autobuses y combis.

De la población que conforma los 5.9 millones de hogares de toda la ZMVM mostrados en la Tabla 2, al menos en 3.2 se cuenta con un vehículo para transportarse, ya sea automóvil, camioneta, motocicleta o bicicleta, esto se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Distribución porcentual de los hogares por disponibilidad de vehículo y tipo, según área geográfica (%), EOD 2017

| Área geográfica | Sí disponen de vehículos | Tipo de vehículo | | | No disponen de vehículos |
|-----------------|--------------------------|------------------|--------------|------------|--------------------------|
| | | Automóviles | Motocicletas | Bicicletas | |
| ZMVM | 53.2 | 77 | 10 | 35.9 | 46.8 |
| CDMX | 53.1 | 83.3 | 8.3 | 28 | 46.9 |
| HGO y EDOMEX | 53.3 | 72 | 11.3 | 42.3 | 46.7 |

Fuente. EOD 2017

En la EOD de 2007, los residentes del área de estudio efectuaban casi 22 millones de viajes diariamente, de los cuales, poco más de dos terceras partes (14.8 millones) se realizaban en transporte público, casi una tercera parte (6.8 millones) en transporte privado y algunos pocos en transporte mixto (público y privado) y algún otro tipo de transporte Tabla 4.

Tabla 4. Viajes de los residentes por tipo y modo de transporte, EOD 2007

| Tipo y modo de transporte | Viajes | Porcentaje |
|---------------------------|-------------------|-------------|
| Total | 21,954,157 | 100 |
| Transporte Público | 14,811,970 | 67.5 |
| En un solo modo | 8,131,745 | 54.9 |
| Metro | 664,855 | 8.2 |
| Tren Ligero | 3,787 | 0 |
| Metrobús | 42,633 | 0.5 |
| Trolebús | 71,224 | 0.9 |
| Colectivo | 5,243,743 | 64.5 |
| Autobús RTP | 185,525 | 2.3 |
| Autobús Suburbano | 589,694 | 7.3 |
| Taxi | 1,330,284 | 16.4 |
| En dos o más modos | 6,680,225 | 45.1 |

| | | |
|---------------------------|------------------|------------|
| Transporte privado | 6,806,735 | 31 |
| En un solo modo | 6,804,767 | 100 |
| Automóvil | 6,278,824 | 92.3 |
| Bicicleta | 433,981 | 6.4 |
| Motocicleta | 91,962 | 1.4 |
| En dos o más modos | 1,968 | 0 |
| Transporte mixto | 61,988 | 0.3 |
| Otros | 273,464 | 1.2 |
| En un solo modo | 200,641 | 73.4 |
| En dos o más modos | 72,823 | 26.6 |

Fuente. EOD 2007

Según la EOD 2017, se generaron 15.62 millones de viajes en un día hábil, la partición modal de dichos viajes es como se muestran en la Tabla 5, caminar en la calle y andar en bicicleta se consideraron como dos medios independientes de los demás modos de transporte.

Tabla 5. Población de 6 años y más que realizó viajes en un día entre semana, por tipo y modo de transporte utilizado en al menos uno de los tramos de sus viajes, EOD 2017

| Tipo y modo de transporte | Total | |
|--|-------------------|-------------|
| | Viajes | % |
| ZMVM | 15,620,000 | |
| Transporte Público | 7,960,000 | 50.9 |
| Colectivo | 6,090,000 | 76.6 |
| Taxi (sitio, calle o aplicación) | 1,070,000 | 13.4 |
| Metro | 2,390,000 | 30 |
| Metrobús o Mexibús | 620,000 | 7.8 |
| Transporte Privado | 3,480,000 | 22.3 |
| Automóvil | 3,150,000 | 90.5 |
| Otro (motocicleta, transporte escolar y de personal) | 360,000 | 10.2 |
| Caminar en la calle | 10,300,000 | 65.9 |
| Bicicleta | 340,000 | 2.2 |

Fuente. EOD 2017

Para la EOD 2017, el transporte público más utilizado de la ZMVM es el colectivo y los menos usados son Metrobús y Mexibús. Para el transporte privado, el modo favorito de transporte es el automóvil y los menos favoritos son todos los demás. Una gran parte de la población realiza sus viajes a pie o en bicicleta, la comparación obligada entre ambas EOD arroja que en general, en diez años, el total de los viajes aumentaron, pues ahora se cuentan con 34.56 millones de viajes. Es importante hacer

notar que puede que una persona utilice más de un modo de transporte durante un viaje de principio a fin, además, en la EOD 2017 se consideraron los viajes realizados a pie como un modo, y no como un auxiliar como el caso de 2007.

Siguiendo con los modos, en 2007, los principales modos utilizados en toda la muestra encuestada fueron en primer lugar Colectivo, como segunda opción Automóvil, Metro, Suburbano, Taxi, RTP y Bicicleta como los más representativos, estos resultados se muestran en el Gráfico 1:

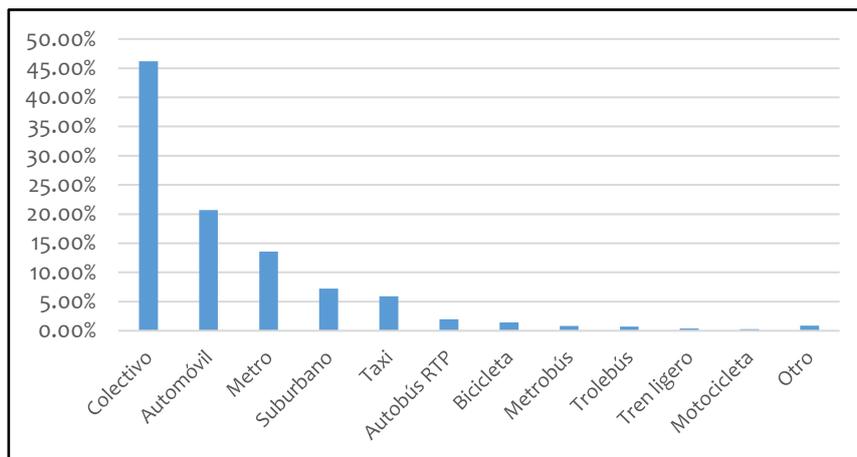


Gráfico 1. Viajes por modo de transporte, EOD 2007

Para 2007, la alcaldía con mayor número de viajes producidos y atraídos a la Ciudad de México fue Iztapalapa, que produjo 1,821,880 y atrajo 1,812,574. En el Estado de México el municipio que produce y atrae más viajes es Ecatepec de Morelos con una atracción de 1,442,070 y una producción de 1,439,748.

Considerando los viajes de la EOD 2017, ésta arroja que entre semana en la ZMVM se realizan 34.56 millones de viajes, de los cuales 11.15 corresponden al modo caminar, y 23.41 millones de viajes se llevan a cabo en transporte público o privado. Comparando estos datos con los obtenidos de la EOD 2007, donde el número de viajes totales fue de 21.9 millones, se tiene un aumento de 12.6 millones de viajes (ver Tabla 6), El transporte público sigue liderando las preferencias de los pasajeros y en este rubro, la CDMX lidera probablemente debido al STC Metro.

Tabla 6. Porcentaje de viajes realizados en un día entre semana por la población de 6 años y más, por tipo y modo de transporte utilizado en al menos uno de sus tramos, según área geográfica de origen del viaje, EOD 2017

| Modo de transporte | Millones de viajes 2017 | | |
|--------------------------|-------------------------|-------------|--------------|
| | ZMVM | CDMX | HGO Y EDOMEX |
| Total | 34.56 | 17.3 | 17.09 |
| Transporte público | 15.57 | 8.62 | 6.88 |
| Transporte privado | 7.29 | 4.06 | 3.17 |
| Bicicleta | 0.72 | 0.24 | 0.48 |
| Exclusivamente caminando | 11.15 | 4.5 | 6.62 |
| Otro modo de transporte | 0.04 | 0.02 | 0.02 |

Fuente. EOD 2017

Derivado de la Tabla 5 donde se revela que el modo de transporte concesionado es el más usado por los usuarios, es preciso aportar, que este modo de transporte opera en la CDMX con 28,960 unidades de las cuales 15,000 unidades ya cuentan con más de 20 años de operación que acarrear externalidades como accidentes, contaminación o la imposibilidad de operar sus jornadas completas (CTS EMBARQ, 2019).

La consultora CTS EMBARQ -ahora WRI- realizó una encuesta de percepción del usuario sobre dos corredores de transporte, el transporte concesionado y el sistema Metrobús; dado que en este trabajo de investigación el interés se centra en conocer las características de la operación del transporte concesionado, se compara a éste con el sistema Metrobús, ya que tampoco es claro qué corredores de transporte fueron los analizados. En general se obtuvieron los resultados del Gráfico 2.

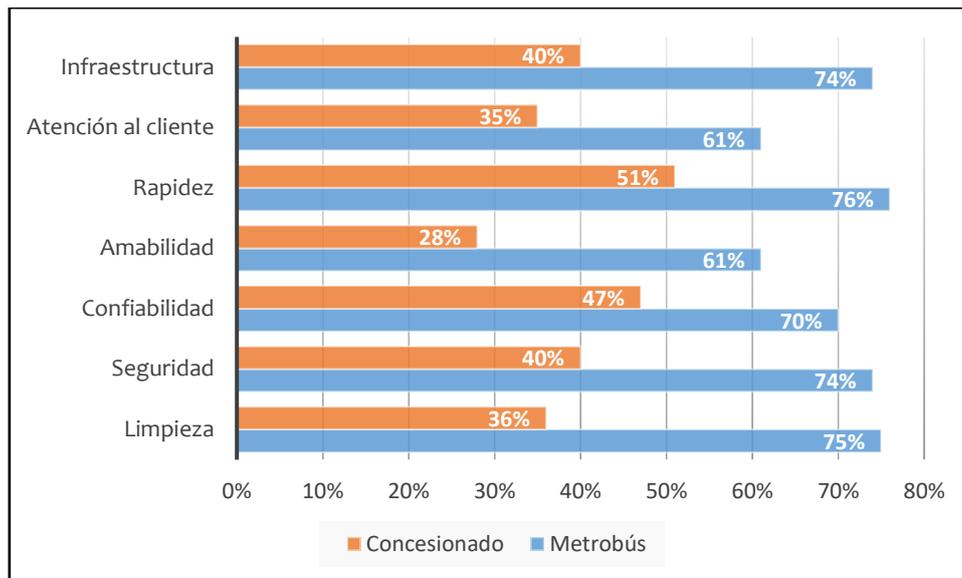


Gráfico 2. Encuesta de percepción del usuario. Fuente: (CTS EMBARQ, 2019)

Los resultados de la encuesta de percepción del usuario sobre el transporte concesionado (que se muestran en el Gráfico 2) evidencian lo poco conveniente que resulta para los pasajeros hacer uso de ese modo de transporte, en la mayoría de los rubros evaluados obtiene una calificación reprobatoria, la mayor evaluación la obtienen en categorías “rapidez”, lo que puede dar una idea de su elección frente a otras opciones como trolebús, autobuses de la RTP o taxi. Sin embargo, que todas las categorías estén reprobadas revela que la demanda es cautiva de este modo, el usuario utiliza este sistema porque no tiene otra opción más veloz, esto es, cuando no hay transporte masivo. Un usuario utilizaría Metrobús o Metro, pero dado que no existe esa alternativa se decide por el transporte concesionado aún con los niveles de servicio.

La “amabilidad” es el atributo peor evaluado del transporte concesionado, se refiere a las prácticas que los operadores tienen de saturar las unidades, y a la manera en que realizan ascensos y descensos, con esto se trasluce que se tiene un conflicto con el ejercicio de las políticas de operación (hacer ascensos y descensos en alto total, no saturar las unidades, permitir el flujo del tránsito), es decir, estas no son cumplidas a cabalidad, urge un ente regulador que ejerza el cumplimiento disciplinado de las reglas de operación.

1.4 Motivos de viaje en la CDMX

Los principales motivos de viaje realizados entre semana para la EOD 2007 que se puede ver en el Gráfico 3 fue Regresar a casa, mientras que para la EOD 2017, fue Regresar al hogar (ver Gráfico 4), con lo que se confirma que los motivos de viaje siguen siendo los mismos, es decir, que en diez años la ciudad no ha cambiado sus hábitos de desplazamiento y volver a casa o al hogar son los propósitos preferidos porque equivalen a la suma de aquellos que salen a la escuela, al trabajo, de compras o a divertirse pero que requieren volver a casa. También es conveniente añadir que para la EOD 2017 ya no se utilizaron los motivos “Ir a comer”, ni “Relacionado con el trabajo”, ambas categorías podrían haberse considerado como el motivo “Otro propósito”.

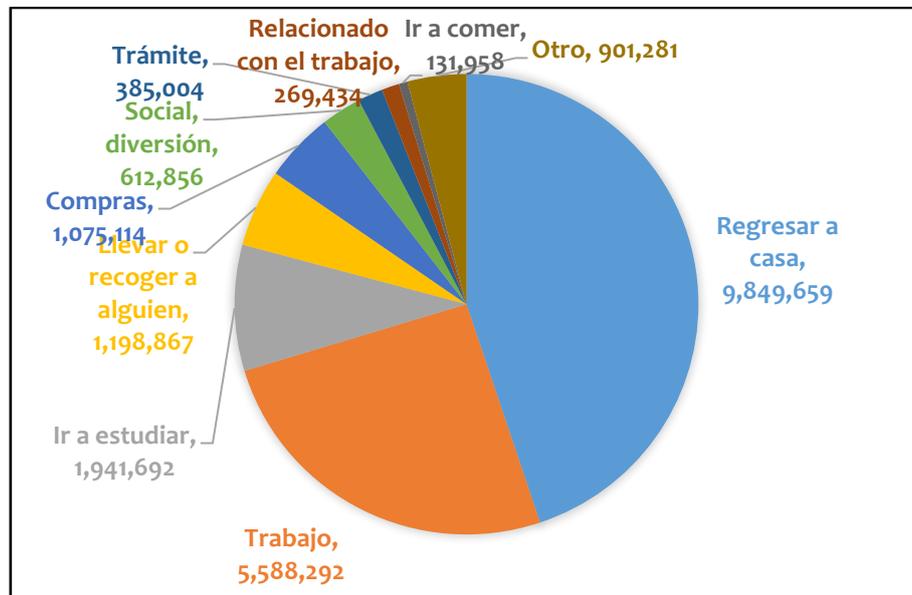


Gráfico 3. Propósito del viaje, EOD 2007

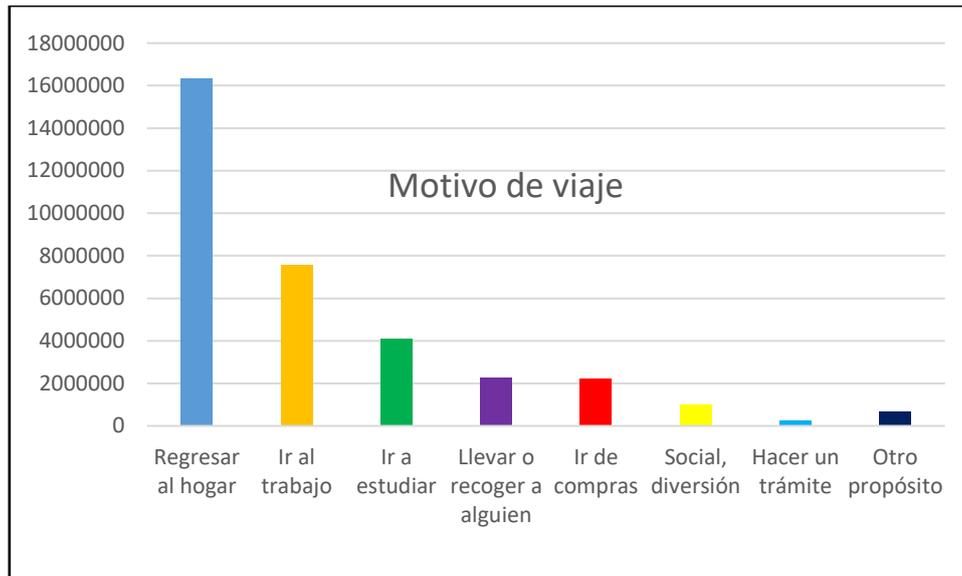


Gráfico 4. Distribución porcentual de viajes realizados un día entre semana por la población de 6 años y más según propósito de viaje, EOD 2017

Según el Gráfico 5 basado en la EOD 2017, puede apreciarse cómo las actividades laborales en la ZMVM siguen fuertemente arraigadas a los horarios de entrada y de salida, pues el pico del propósito “Ir a trabajar” ocurre justo de las 7:00 a las 7:59 horas. El propósito “Ir a estudiar” tiene altos volúmenes de viajes desde las 6:00 a las 8:00 horas, la tendencia es que el mayor volumen se presenta cuando el motivo “Regresar a casa” se hace presente, es decir, en la hora que va de las 18:00 a las 18:59 que es cuando terminan la mayoría de las actividades laborales y escolares.

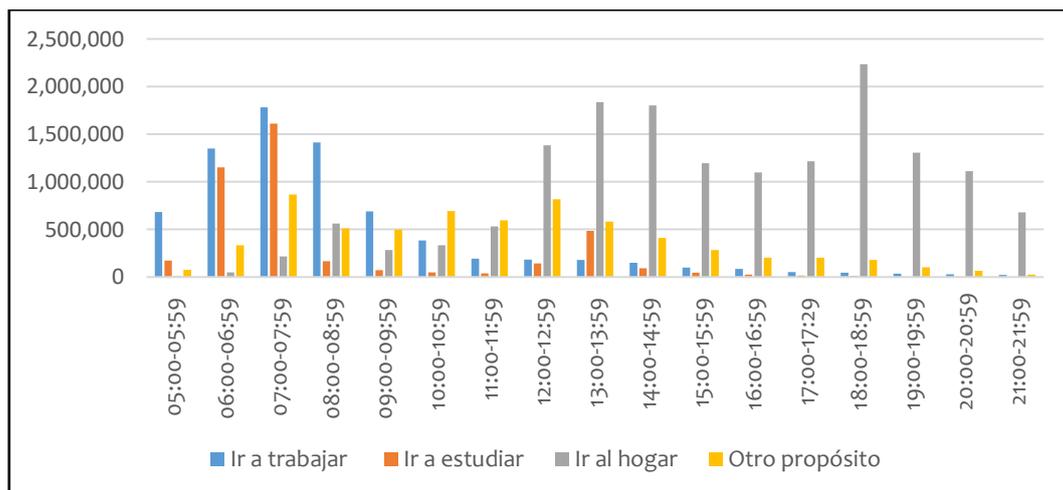


Gráfico 5. Propósito de los viajes, EOD 2017

1.5 Tiempo de viaje en la CDMX

El tiempo de viaje es uno de los factores más relevantes para la CDMX, en este rubro también se comparan los municipios conurbados pertenecientes a la ZMVM pues estos parecen tener una situación más preocupante en los tiempos de traslado, estos se muestran en el Gráfico 6.

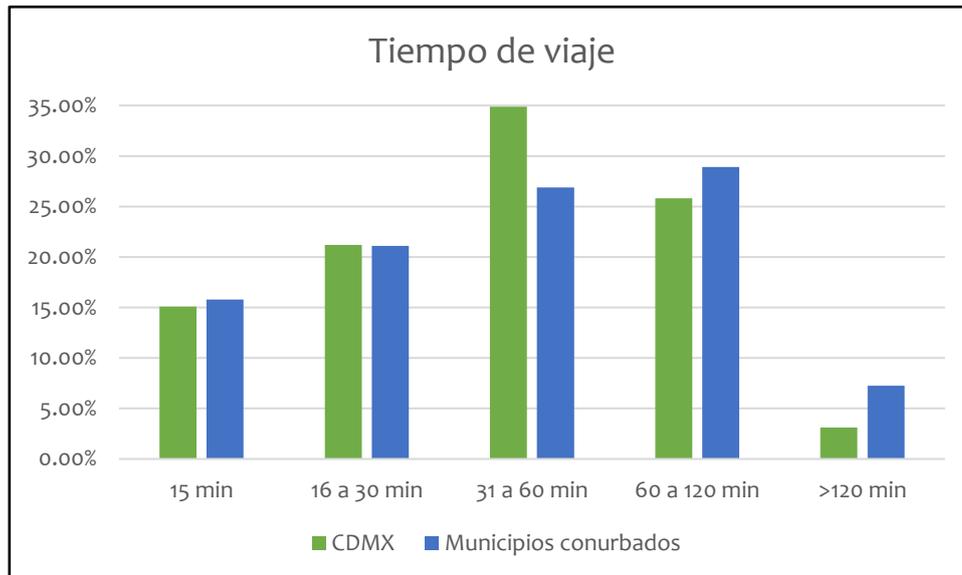


Gráfico 6. Tiempos de viaje en la ZMVM

En la CDMX casi el 35% de viajes son realizados en un periodo de los 31 a los 60 minutos, mientras que en el resto de la ZMVM casi el 30% de los viajes se realizan en un tiempo que va de los 60 a los 120 minutos.

A propósito de esta información, el servicio en tiempo real en línea llamado Tomtom City publicó un índice de tráfico de 189 ciudades alrededor del mundo, la CDMX se encuentra en el primer lugar mundial con un nivel de congestión del 66%, con picos de congestión matutinos de 96% y vespertinos de 101% (sic), además mencionó que los días más congestionados suelen ser los viernes y que se pierden 59 minutos extra de tiempo de viaje debido a la congestión (Tomtom City, 2016), como sucede con los usuarios de transporte de los municipios conurbados de la ZMVM, esta condición deteriora la salud de los usuarios porque genera contaminación ambiental y acústica.

1.6 Líneas de deseo en la CDMX

La Tabla 7 muestra distritos con un prefijo correspondiente a tres caracteres numéricos, las etiquetas numéricas con un número menor a 100 corresponden a distritos que pertenecen a la CDMX, mientras que aquellos en los que su etiqueta es mayor a 100 se encuentran en los municipios conurbados del Estado de México e Hidalgo, se muestra una columna nombrada Distrito Origen y otra Distrito Destino, ambas columnas están relacionadas pues se muestran los viajes entre ellos, la Tabla 7 muestra a los 20 pares de distritos con el mayor número de viajes.

Tabla 7. Parejas de distritos con mayor movilidad entre sí

| Distrito de origen | Distrito de destino | Miles de viajes | Distrito de origen | Distrito de destino | Miles de viajes |
|---|---|-----------------|--|---|-----------------|
| 064 Villa Olímpica | 066 San Pedro Mártir | 29.1 | 078 Desarrollo Urbano Quetzalcóatl | 079 Buenavista Iztapalapa | 20.8 |
| 066 San Pedro Mártir | 064 Villa Olímpica | 29 | 200 Alfredo Baranda | 199 CC Sendero Valle de Chalco Santiago | 20.4 |
| 065 Padierna | 063 La Magdalena Contreras | 26.6 | 021 La Raza | 020 Industrial Vallejo | 20.3 |
| 063 La Magdalena Contreras | 065 Padierna | 26.5 | 199 de Chalco CC Sendero Valle -Santiago | 200 Alfredo Baranda | 20.2 |
| 187 Barrio Labradores Jardines Acuitlapilco | 188 Talladores-Central de Abastos Chicoloapan | 26.4 | 069 Noria | 070 Nativitas | 20.2 |
| 188 Talladores-Central de Abastos Chicoloapan | 187 Barrio Labradores Jardines Acuitlapilco | 26.2 | 070 Nativitas | 069 Noria | 19.9 |
| 192 Valle de los Reyes | 193 Metro La Paz-Los Reyes | 24.4 | 003 Tlatelolco | 002 Buenavista-Reforma | 19.9 |
| 193 Metro La Paz-Los Reyes | 192 Valle de los Reyes | 23.5 | 002 Reforma Buenavista- | 003 Tlatelolco | 19.8 |
| 196 Ixtapaluca Centro Acozac | 198 CC Sendero y Galerías Ixtapaluca | 23.2 | 161 Morelos Jardines de | 169 Termoeléctrica del Valle de México | 19.8 |

| Distrito de origen | Distrito de destino | Miles de viajes | Distrito de origen | Distrito de destino | Miles de viajes |
|---|---|------------------------|--|--|------------------------|
| 198 CC Sendero y Galerías Ixtapaluca | 196 Ixtapaluca Centro Acozac | 23 | 169 Valle de México Termoeléctrica del | 161 Jardines de Morelos | 19.8 |
| 108 CC Lomas Verdes Cerro de Moctezuma | 109 Cd Satélite Poniente | 22.6 | 172 Tepexpan Texcoco Norte- | 174 Texcoco Centro Chapingo- | 19.4 |
| 109 Cd Satélite Poniente | 108 CC Lomas Verdes Cerro de Moctezuma | 22.4 | 020 Industrial Vallejo | 021 La Raza | 19.1 |
| 101 CC Interlomas Lomas de Tecamachalco | 059 Cuajimalpa | 22.4 | 206 Industrial Chalco Tenango del Aire | 203 Chalco de Díaz Covarrubias | 19.1 |
| 164 Los Héroes Tecámac - Bosques y Jardines | 165 Ojo de Agua | 21.8 | 174 Texcoco Centro Chapingo | 172 Texcoco Norte Tepexpan | 19.1 |
| 059 Cuajimalpa | 101 CC Interlomas Lomas de Tecamachalco | 21.6 | 203 Chalco de Díaz Covarrubias | 206 Industrial Chalco Tenango del Aire | 19.1 |
| 165 Ojo de Agua | 164 Los Héroes Tecámac - Bosques y Jardines | 21.2 | 017 Panteones | 016 Chapultepec Polanco | 19 |
| 079 Buenavista Iztapalapa | 078 Desarrollo Urbano Quetzalcóatl | 20.9 | 076 Santa Catarina | 075 Mixquic | 18.8 |

Fuente. EOD 2017

La gráfica de líneas de deseo es una representación de los desplazamientos con mayor preferencia en la ZMVM, es decir aquellos pares origen- destino que más se repiten en el total de desplazamientos.

La Figura 2 muestra en color rosa las líneas de deseo con menos de 3,420 viajes, en color naranja líneas de deseo entre 3,421 a 13,500 viajes y en color azul las líneas de deseo con preferencia de viajes de 13,501 a 29 mil desplazamientos.

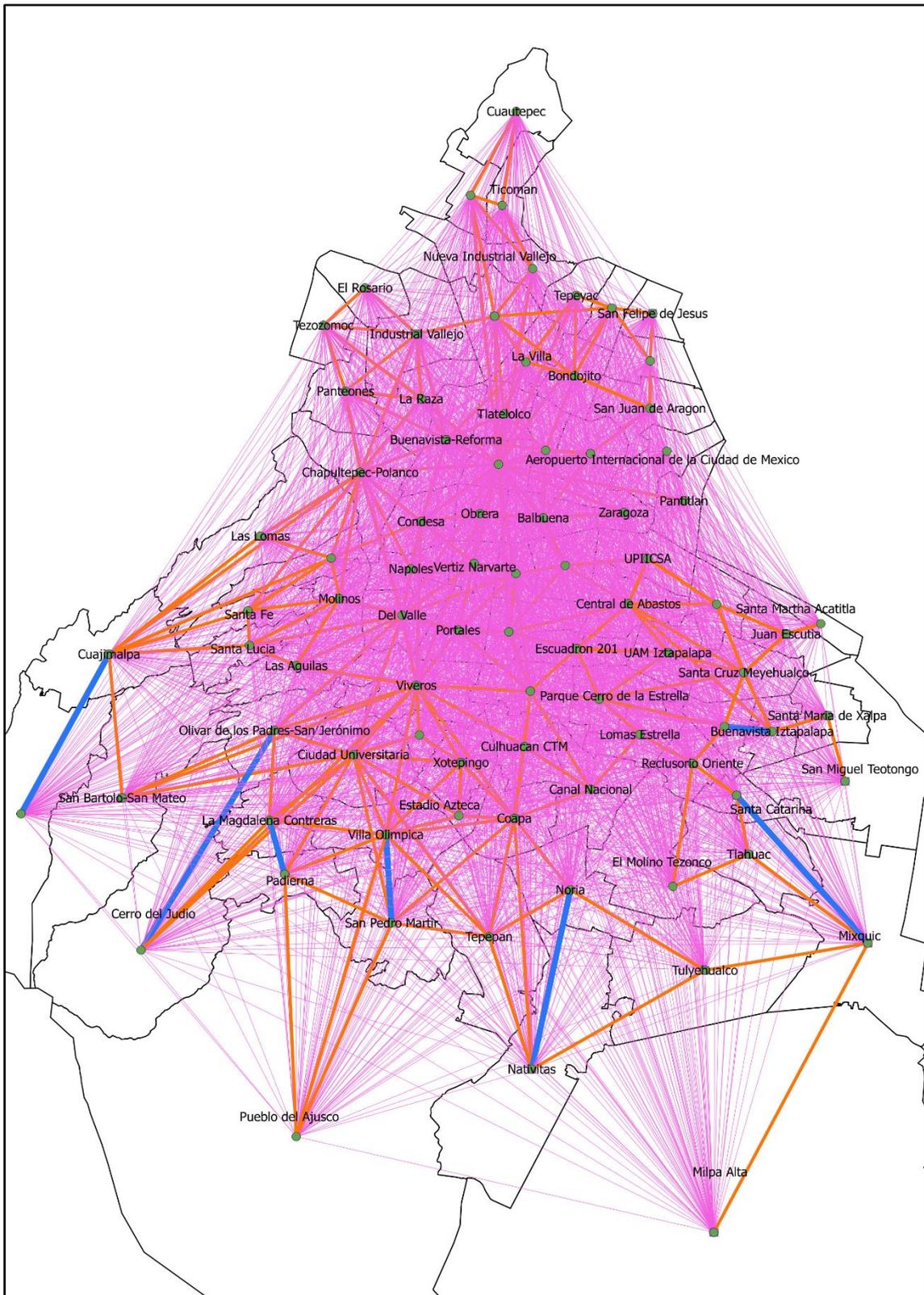


Figura 2. Líneas de deseo en la CDMX (sin modo asignado). Elaboración propia. Fuente EOD 2017

La figura 2 representa exclusivamente viajes que se generan en la CDMX porque es la zona de estudio de este trabajo, las líneas de deseo azules representan la mayoría de

los desplazamientos, en la figura pueden verse principalmente viajes en distritos situados en las alcaldías que se encuentran en el sur, aunque es preciso aclarar que esta figura no tiene un modo asignado, es decir es el conjunto de viajes. Un análisis modal más detallado podría inferir necesidades de transporte masivo o, si es el caso, mejora de caminos peatonales. El comportamiento de los viajes en toda la ZMVM puede verse en el Apéndice C, en donde se muestran todos los distritos pertenecientes a la EOD 2017 y los desplazamientos excepto los que pertenecen al modo caminar.

Lo que puede extraerse de las EOD y que es provechoso para este trabajo, son los viajes en transporte concesionado que, pasados diez años, continúan siendo el modo de transporte más utilizado de la mayoría de los habitantes, inclusive después de la construcción de una línea adicional de metro que contribuiría a la disminución de tiempos de recorrido de los viajes originados en los distritos de la zona oriente con destino a los de la zona poniente. En tales rutas de transporte se basó este trabajo generando una propuesta de ordenamiento.

1.7 Sistemas de transporte en la CDMX

Los principales sistemas de transporte en la Ciudad de México se categorizan de diversas maneras, una que es útil para este trabajo es la que depende de sus volúmenes de carga, es decir los masivos como el Metro, Metrobús, Tren Ligero y Tren Suburbano; semimasivos como la red de transporte de pasajeros y las rutas de trolebuses, y, finalmente, los de baja capacidad o rutas de transporte concesionado. Las categorías están organizadas como se muestra en la Tabla 8.

Se contempla en la categoría de Sistemas Masivos al Sistema de Transporte Colectivo Metro, al Tren Ligero, al Metrobús y al Tren Suburbano (**GDF, UNAM, 2009**), se les llama así porque son los sistemas con mayor capacidad de movilización de usuarios, es decir, integran la capacidad de sus unidades, los derechos de vía (generalmente exclusivo) y una estricta operación para poder movilizar grandes volúmenes de pasajeros. La cobertura de las líneas de dichos modos se compone como muestra la Tabla 8.

Tabla 8. Cobertura de kilometraje por sistema de transporte

| Línea | Cobertura |
|--|-----------|
| Sistema de Transporte Colectivo Metro | |
| Línea 1 | 16.654 km |
| Línea 2 | 20.713 km |
| Línea 3 | 21.278 km |
| Línea 4 | 9.363 km |
| Línea 5 | 14.435 km |
| Línea 6 | 11.434 km |
| Línea 7 | 17.011 km |
| Línea 8 | 17.679 km |
| Línea 9 | 13.033 km |
| Línea A | 14.893 km |
| Línea B | 20.278 km |
| Línea 12 | 24.826 km |
| % de la red primaria 2.3% | |
| Tren Ligero | |
| Línea 1 | 12.50 km |
| % de la red primaria 0.15% | |
| Metrobús | |
| Línea 1 | 30 km |
| Línea 2 | 20 km |
| Línea 3 | 17 km |
| Línea 4 | 28 km |
| Línea 5 | 10 km |
| Línea 6 | 20 km |
| % de la red primaria 1.55% | |
| Tren Suburbano | |
| Línea 1 | 17.66 km |
| % de la red primaria 0.22% | |

Fuente. Datos recopilados de la página de internet de cada sistema, 2018.

Al comienzo de esta sección, se estableció que la Red de Transporte de Pasajeros es parte del sistema de transporte semimasivo, ésta es una red de rutas alimentadoras operada por el Gobierno de la Ciudad de México que cuenta con 93 rutas, de las cuales:

- 19 corresponden a rutas que operan mediante el servicio ordinario, que son paradas convencionales.
- 20 son operadas mediante el esquema Expreso que se refieren a un esquema con una menor cantidad de paradas que el esquema ordinario
- 52 correspondientes al esquema Atenea o autobuses para mujeres, niños y personas de la tercera edad que operan bajo el esquema ordinario y su cromática es rosa mexicano.

- Finalmente 2 rutas con esquema Ecobús ambas con terminal en Santa Fe operando con autobuses de la marca Hyundai, que tienen sistemas alimentados con gas natural comprimido que pretende la disminución de la emisión de gases contaminantes (Sistema de Movilidad 1, 2017).

El sistema de transporte de baja capacidad está integrado –como lo menciona la Secretaría de Movilidad (SEMOVI)– por las empresas y ramales que operan las rutas de autobuses y microbuses de transporte público concesionado en la Ciudad de México que son 106 rutas que realizan 1,163 recorridos transportando aproximadamente a 12 millones de usuarios, con lo que se capta el 60% de la demanda de viajes diarios en días hábiles.

Además, se contabilizan 10 empresas de transporte (funcionando como corredores), así como 28,508 concesionarios individuales de transporte (Secretaría de Movilidad, 2017); sin embargo, Mapatón CDMX (Mapatón CDMX, 2016) logró reunir datos de 508 rutas de transporte de voluntarios que ofrecieron registrar sus viajes que contrastan ampliamente con la información que provee SEMOVI.

Mapatón es un esfuerzo colaborativo cuyo objetivo es generar una base de datos abiertos de los recorridos de microbús, autobús y vagoneta de la Ciudad de México a partir del juego y de la participación ciudadana. Anteriormente era posible consultarlo en <http://www.mapatoncd.mx/> En la actualidad ya no está activa.

Las rutas de Mapatón CDMX se muestran en la Figura 3, mientras que no se tiene mayor información de las 106 rutas de SEMOVI pues no existe un sumario o un archivo en el que sea posible consultar los trazos o no está disponible al público.

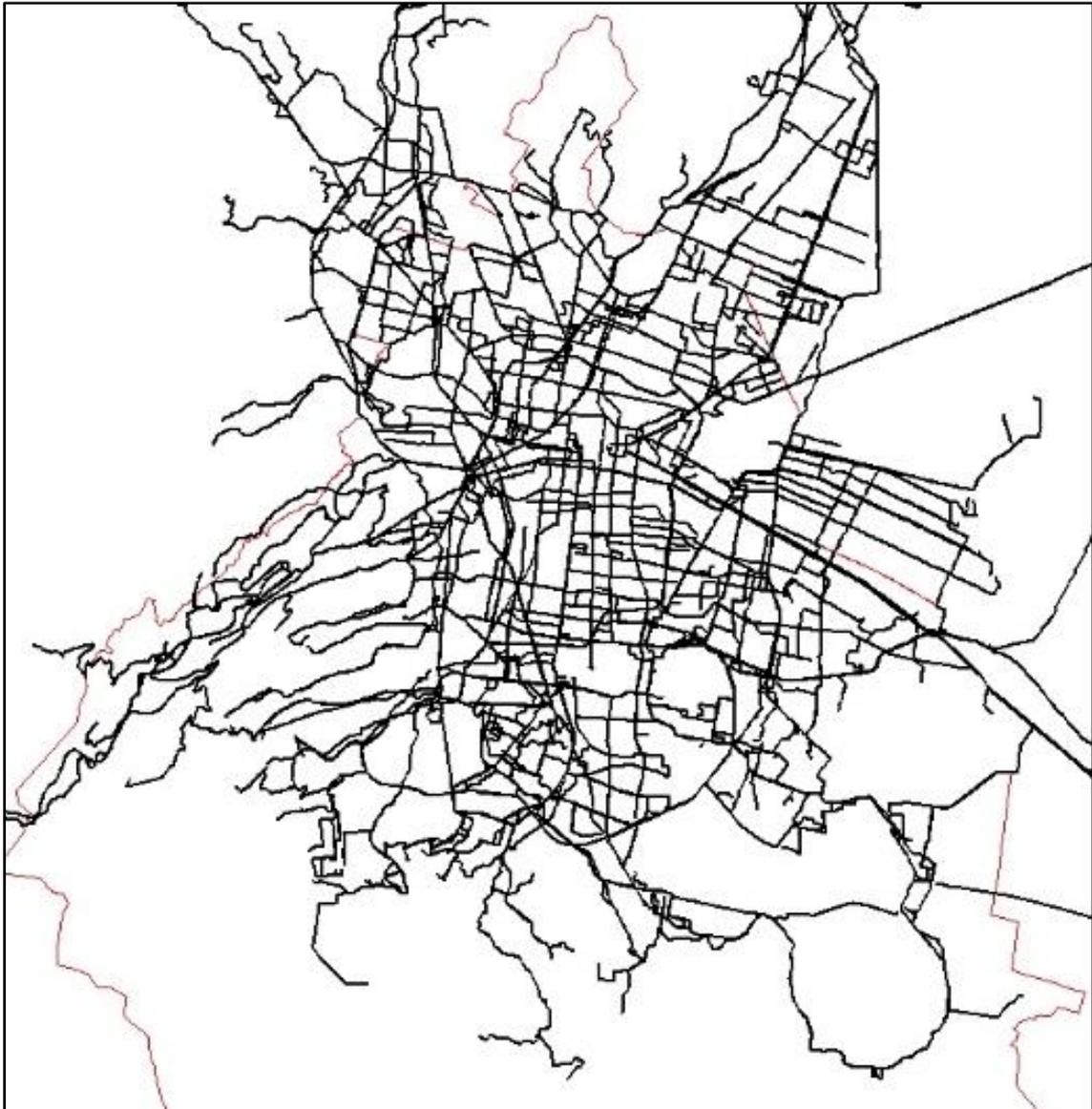


Figura 3. Red de rutas en la CDMX

La Figura 3 muestra las 508 rutas recopiladas por Mapatón CDMX. Dado que no es posible obtener una red de rutas de transporte de las Secretarías de la CDMX, en adelante se emplea el conjunto de rutas que se muestra.

1.8 Centros de Transferencia Modal (CETRAM)

Los CETRAM son espacios en donde se conectan varios medios de transporte público y concesionado como Metro, autobuses, microbuses y taxis, entre otros. Según el portal oficial de CETRAM (2017), menciona que, al momento de la consulta, existen un total de 45 y se encuentran distribuidos entre estaciones del Metro principalmente y puntos de interés de la comunidad, fueron localizados manualmente como se

muestra en la Figura 4. Es preciso mencionar que se agregaron cuatro nodos ficticios porque se ubicaron puntos que funcionan como paraderos, pero se consideraron relevantes dada la conjunción de diversos ramales de transporte público, estos son Santa Fe, San Ángel, Villa de Aragón y Cuatro Caminos.

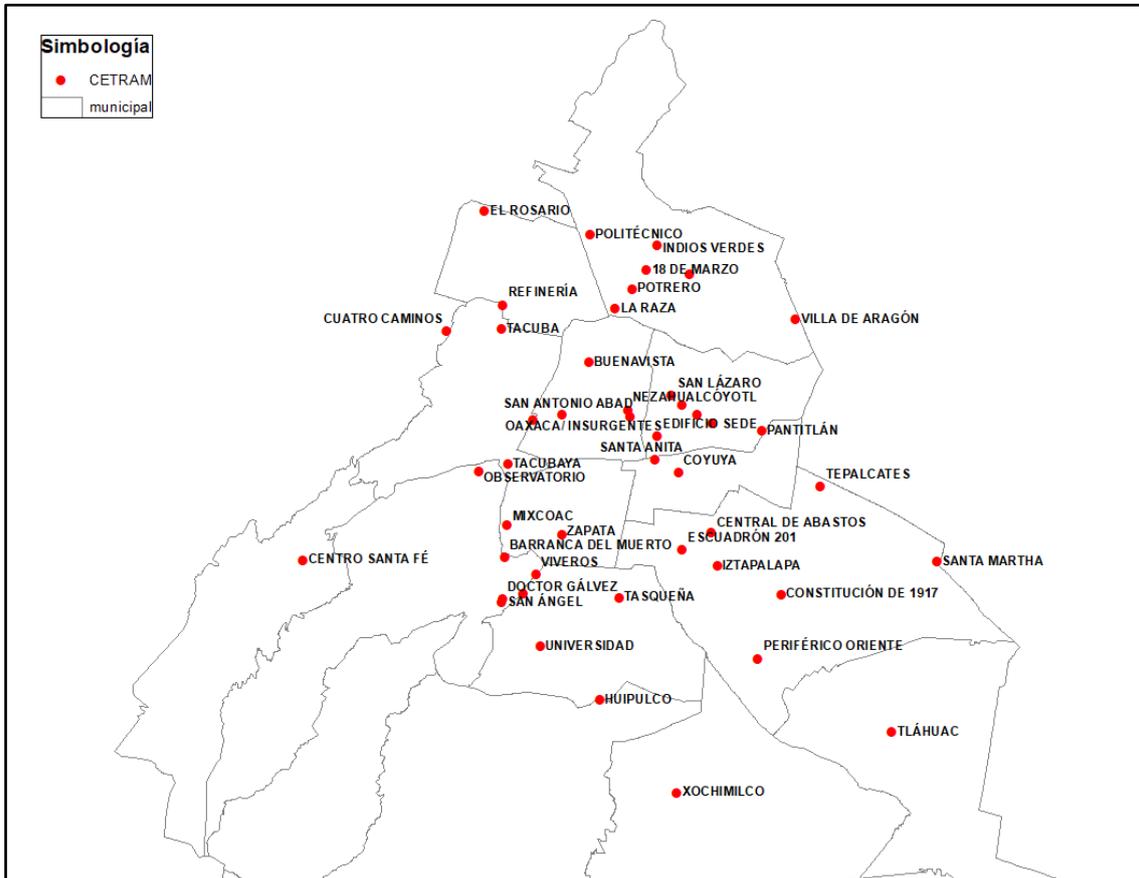


Figura 4. CETRAM existentes en la Ciudad de México, incluyendo 4 nodos ficticios para el estudio

La mayoría de los CETRAM están situados en estaciones pertenecientes al STC-Metro, con la finalidad de proporcionar al usuario la posibilidad de abordar diversos sistemas de transporte, pero, además sirven para ordenar la manera en que los diversos modos hacen uso del espacio y de la misma manera ordenar a los usuarios que demandan las diversas rutas.

Planteamiento del problema

La CDMX forma parte de una compleja megalópolis que interactúa con diversas entidades, sus requerimientos son de conectividad pues en los horarios de máxima demanda se ven superadas las vialidades. El sistema de transporte público opera

saturado en horas de máxima demanda y subutiliza sus unidades en horas valle. Debido a la densidad de su infraestructura, el sistema de transporte masivo cubre puntos estratégicos de la ciudad, pero ésta está tan densamente poblada, que los espacios en donde el transporte masivo no está presente se utiliza el transporte concesionado, que es un modo de baja capacidad que en total absorbe el 75% de los viajes, lo que lo hace el modo más utilizado, ya sea para completar viajes o como sustituto del transporte masivo.

Tal cantidad de viajes presupone una demanda latente de oferta de transporte que genera competencia, ésta se encuentra asociada con:

- 1) La oferta de transporte que es subutilizada en periodos de poca demanda. Esto origina altos costos operativos para las empresas de transporte.
- 2) La sobre oferta de unidades que suscita prácticas que influyen en el flujo continuo del transporte, haciendo ascensos y descensos en el segundo carril, provocando demoras que afectan a las demás rutas de transporte.

Las motivaciones de viaje de los habitantes de la CDMX son mayoritariamente regresar a su hogar, la segunda y tercera respectivamente son ir al trabajo e ir a la escuela, lo que hace que prácticamente toda la red vial se sature debido a la demanda de desplazamientos. De ellos, el principal motivo se lleva a cabo en horarios laborales, en la mañana de manera escalonada (durante las 7, 8 y 9 horas), y por la noche en una franja horaria que dura tres horas (demanda constante de las 18 a las 21 horas), dicha saturación responde a los dos puntos antes enumerados que sugieren reordenamiento de la red de transporte concesionado.

La mayoría de los tiempos de traslado en la CDMX se encuentran en un rango que va de media a una hora, pero los viajes de los habitantes de los municipios conurbados aumentan hasta en una hora sus viajes, esto probablemente responda a la distancia que recorren para llegar a sus destinos, esta condición sugiere proponer un sistema de transporte que reduzca el tiempo de viaje en los traslados.

La teoría establece que la sinuosidad de una ruta es la relación entre la distancia recorrida por un vehículo entre dos puntos y la distancia en línea recta o línea euclidiana entre los mismos puntos y debe ser lo más cercano a 1. Entonces se infiere

que una red ideal es aquella que conecta los grandes generadores de viajes con rutas directas con amplia cobertura, esto es posible cuando existe alta demanda (Molinero & Sánchez, 2002), como se estudia en el caso de la CDMX, y las rutas más directas que se pueden crear son rutas troncales, la manera de generar la mayor cobertura es proponer una red de dichas rutas.

Considerando lo anterior, resulta conveniente la constitución de una red que concentre la oferta de las rutas hacia los centros de transferencia modal, además de rutas troncales que eviten la sinuosidad con la finalidad de reducir los tiempos de viaje de los usuarios, proveyendo oferta de transporte más ordenada en la que la demanda se traslade en un esquema diferente del transporte concesionado que proporcione confianza.

Preguntas de investigación

- 1) ¿Qué forma toma la red de transporte concesionado si se concentra el flujo resultante de la demanda en rutas troncales?
- 2) ¿Es factible la operación de una red concentrada en rutas troncales?

Objetivo general:

Proponer una red de rutas troncales con base en la concentración del flujo resultante de la demanda del transporte concesionado en la Ciudad de México. Sumado a la propuesta, definir el modo de transporte adecuado a la propuesta y algunas políticas de operación.

Para lograr un análisis claro del sistema de transporte predominante se requiere analizar datos estadísticos producto de estudios en la zona de estudio, con esta información se procede a utilizar modelos de oferta mediante el análisis de las cuatro fases para lograr con ello la propuesta de rutas factibles en la Ciudad de México. El propósito de la propuesta es concentrar el flujo de la demanda (o volúmenes de pasajeros) modificando la oferta (o rutas previamente existentes) mediante rutas de transporte lo menos sinuosas posibles, de tal manera que se puedan crear troncales de transporte público.

Objetivos particulares

- Realizar un diagnóstico de las rutas existentes en la Ciudad de México e identificar las vialidades y su extensión a través de las cuales circulen más de veinte rutas en la red diseñada.
- Identificar como puntos de origen y destino para la red troncal, diversos CETRAM que se localizan a las entradas a la ciudad y cercanas a ellas, así como puntos de interés para zonas determinadas.
- Identificar y seleccionar los tramos de vialidades que se pueden considerar para el estudio, extrayéndolos de la red diseñada.
- Trazar las rutas con algún modelo de generación de trayectorias en redes.
- Generar los tramos troncales de la red extraída.
- Calcular los parámetros operativos para la red generada.
- Comparar al sistema con corredores de transporte público que operen actualmente.

Justificación

Los vehículos de las empresas que transitan por rutas troncales están encargados de transportar a los usuarios desde las terminales de transferencia hasta las estaciones de parada a lo largo de los corredores troncales, circulando por carriles exclusivos o preferenciales con tránsito mixto y con integración física, operacional y tarifaria como principal elemento del sistema (Transcaribe- Colombia, 2006).

Este tipo de rutas en la Ciudad de México pueden ser identificadas como ejes viales, en la actualidad gran parte de ellos han sido ocupados por el sistema Metrobús, y éste ha propuesto la construcción de 29 rutas adicionales, con lo que se añadirían 500 km más a la red de transporte, lo que representa el beneficio de 7.5 millones de usuarios potenciales (ITDP, 2012), sin embargo, estos sistemas hacen uso de altos presupuestos pues operan en plataformas centrales que disminuyen la capacidad de las vías, además, dado su derecho de vía, no permiten el uso compartido de las vialidades con otros modos de transporte, lo que a la larga lo hará inoperante.

Es necesario entonces considerar que, si se incorporara un conjunto de rutas troncales con unidades de transporte programadas que beneficien a la demanda que

no está siendo atendida por el transporte masivo, éstas podrían auxiliar en la disminución del congestionamiento vial, así como reducir los tiempos de viaje y mejorar en cierto grado los parámetros de operación que se observan actualmente.

CAPÍTULO II. LA NATURALEZA DE LA OFERTA, LAS RUTAS TRONCALES Y SU OPERACIÓN

En este capítulo se exponen los conceptos considerados básicos para la comprensión de la metodología que se detalla en el siguiente capítulo. Lo principal es conocer el modelo en el que se basa la propuesta de transporte público, es decir, se pormenorizan los modelos de oferta y su utilización, después se explica la ruta más corta, se describe el algoritmo de Dijkstra, se hace un acercamiento a los tipos de rutas, posteriormente se puntualiza la aplicación y funcionalidad de las troncales, para proponer un método de estimación del sistema y finalmente calcular los indicadores de operación.

2.1 Modelos de oferta

Los modelos de transporte se basan en dos conceptos: oferta y demanda. Los modelos de demanda pueden predecir el número de viajes demandados o la cuota de mercado de un modo con la condición de que deben conocerse las variables explicativas relevantes, es decir, los niveles de servicio y tarifas manteniendo a la oferta fija. Por otro lado, los modelos de oferta implican tanto a los elementos que prestan los servicios, como a las actividades de gestión de los proveedores (Turnquist, 1985), esto involucra a todas las acciones de oferta relacionadas que pueden ser tecnologías, redes, enlaces, infraestructuras, vehículos, políticas organizativas y operaciones.

Los modelos de oferta abordan una de las dos interrogantes primordiales:

- ¿Qué sucederá si se implementa una acción de oferta determinada?
- ¿Qué acción relacionada con la oferta se debe emprender para optimizar un objetivo determinado?

Estos modelos se encargan explícitamente de evaluar o determinar de manera óptima las acciones de oferta tales como el conjunto de las tecnologías, políticas reglamentarias y operacionales. Los modelos de oferta predictivos son los que responden a la pregunta “¿qué sucederá si...?” y los modelos de oferta normativos a

“¿qué se debe hacer para...?”, sabiendo esto, será posible intervenir de manera efectiva en sistemas de transporte grandes y complejos.

Los modelos de oferta pueden ser *predictivos* de los impactos de las acciones de oferta propuestas en el desempeño de los sistemas de transporte, básicamente éstos pueden encontrarse en estudios para las aerolíneas y en menor medida la planificación ferroviaria según Lardinois (1987).

Para el *transporte aéreo* se han propuesto modelos para la asignación de pasajeros a horarios de vuelos de aerolíneas, con ellos se busca permitir a los gerentes y planeadores elegir horarios de vuelo conociendo el efecto sobre los clientes y las tasas de ocupación de las aeronaves. La mayoría de estos modelos utilizan el factor de disponibilidad que depende directamente de las capacidades de la unidad y su demanda, regularmente son resueltos utilizando heurísticas, pero existen otros que se resuelven mediante métodos de programación matemática donde el objetivo es maximizar la satisfacción de los pasajeros, es decir, el rendimiento del sistema desde el punto de vista de los pasajeros.

Lardinois (1987) continúa revisando los modelos predictivos *ferroviarios* y como ejemplo menciona el modelo elaborado para la Compañía Nacional de Ferrocarriles de Francia en el que se determinaron los itinerarios para las rutas de trenes de una línea suburbana o grupo de líneas en relación con los flujos de pasajeros que buscan trenes en una estación de salida para diferentes estaciones de destino. Dicho programa es elaborado progresivamente y evaluado simultáneamente mediante la medición de las colas de demanda y servicio de respuesta de la demanda.

Los modelos de oferta también pueden ser *normativos*, éstos incluyen alguna función o procedimiento para representar el desempeño del sistema con el enfoque del usuario o de los proveedores ya que estos responden a los procedimientos o políticas que se deben hacer para conseguir un objetivo conocido. Se dividen en tres categorías: modelos de diseño de red (autopistas, vías férreas, aeropuertos, estaciones, garages, elección de enlaces y planeación de la capacidad), modelos de programación (programación de vehículos entre varias rutas posibles o programación de la tripulación) y modelos de sistemas de control de transporte

(regulación y monitoreo de los sistemas en tiempo real) (Lardinois, 1987). En el presente trabajo se utilizan modelos normativos de oferta pues se hace una propuesta de diseño de rutas troncales con concentración de la demanda.

Los modelos de oferta de transporte incluyen a los modelos de diseño de redes, dichos modelos son útiles para el propósito de este trabajo, pues se pretende diseñar una red troncal. Los modelos de diseño de redes se pueden aplicar a problemas de selección de nodo correspondiente a ubicación y tamaño de las terminales entre otros espacios útiles para la red. En el diseño de modelos de oferta para el transporte se pueden hacer modelos para minimizar el gasto total en viajes sujeto al presupuesto sobre el costo total de producción, o la introducción de un nuevo sistema de transporte en un corredor en donde ya existen otros sistemas (Lardinois, 1987).

De modo que es necesario insistir en que la modelación de los sistemas de transporte juega un papel fundamental en el diseño y evaluación de los sistemas de transporte, pues los valores de algunos elementos de los sistemas de transporte existentes pueden obtenerse mediante medición directa, pero extender la medición a todos los elementos involucrados resulta costoso, además los futuros sistemas de transporte no pueden ser medidos, ahí radica la utilización de modelos enfocados en la oferta (Cascetta, 2009).

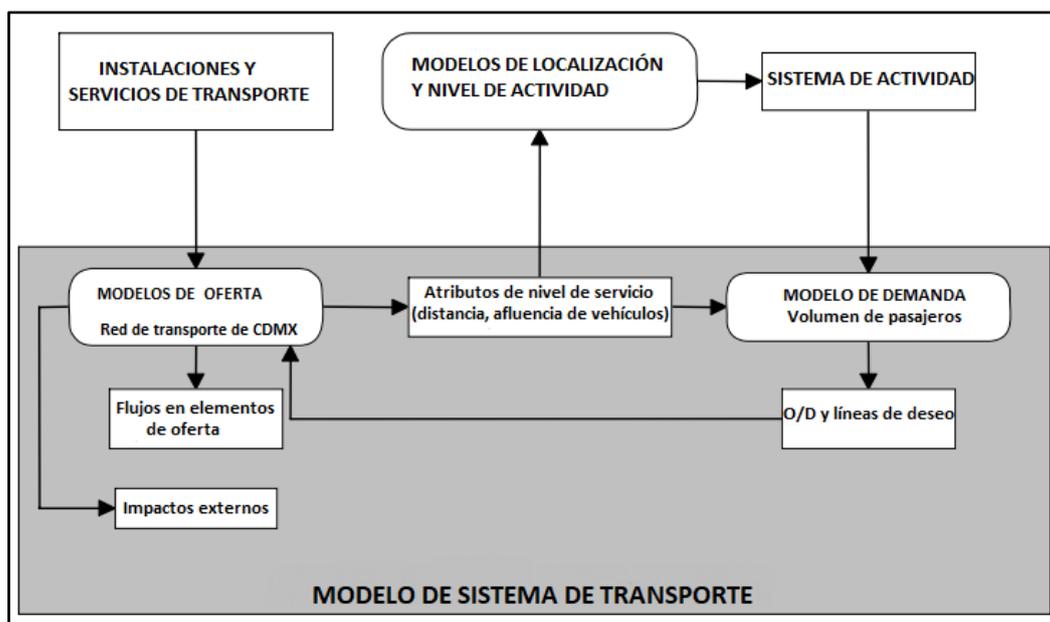


Figura 5. Adaptación de la Estructura de los modelos del sistema de transporte. Elaboración propia con base en Cascetta (2009)

En términos generales la Figura 5 muestra una adaptación a la estructura de los modelos del sistema de transporte de Cascetta (2009) que puede ser útil para los estudios elaborados en la CDMX. Utilizando la definición que servirá para el desarrollo de este trabajo, un modelo de oferta de transporte puede especificarse como un sistema de modelos, que simula los rendimientos y flujos resultantes de la demanda del usuario y los aspectos técnicos y organizativos del suministro de transporte físico. Cascetta (2009) precisa que los modelos de oferta de transporte combinan las interacciones entre los flujos de la demanda y la red. Los primeros se utilizan para analizar y simular los rendimientos de los principales elementos de suministro, los últimos para representar la estructura topológica y funcional del sistema; en resumen, los modelos de oferta se generan de las instalaciones y servicios de transporte con los que se cuente (en el caso de este estudio corresponde a los CETRAM y a las rutas de transporte concesionado), esto genera flujos en los elementos de las instalaciones y servicios y a su vez generan datos (como tiempos y volúmenes de pasajeros) que se requieren para producir la propuesta del presente trabajo. Esto se detalla con mayor precisión en el Capítulo 3.

En esta sección se describen los modelos de oferta porque se considera que la red de rutas determina la oferta del modelo de transporte de la CDMX, dado que la red no es modificable y que lo más que puede hacerse es generar alternativas de movilidad, la propuesta que sustenta este trabajo de investigación toma a la oferta (las redes de transporte) y la intención es adecuar la demanda de manera que puedan movilizarse los volúmenes de usuarios investigados con un nivel de servicio que radique en reducción de los tiempos de traslado entre pares de nodos (origen y destino).

Tomando como base a Cascetta, los sistemas de transporte y los problemas derivados de ellos pueden abordarse utilizando los tres componentes del modelo (Modelos de oferta, Modelos de localización o Modelos de demanda), o empleando sólo uno de ellos ya que son mutuamente excluyentes.

2.2 La ruta más corta

El modelo de la ruta más corta es un problema clásico de redes y tiene gran aplicación en diferentes áreas no sólo de la ingeniería sino de otras disciplinas. La ruta más corta

es el camino mínimo que puede hacerse entre pares de puntos, determinar la menor distancia entre los puntos garantiza la reducción de desplazamiento para usuarios de una red de transporte como es el caso de este trabajo de investigación.

El algoritmo se compone de una red $G = [N, A]$ compuesta por nodos (N) y arcos (A), se le asigna una característica que es la longitud del arco (i, j) . La longitud de una ruta o camino se define como la suma de las longitudes de los arcos que la conforman, dicha ruta es la más corta si su longitud es la mínima posible (Ahuja, Magnanti, & Orlin, 1993).

Para que el problema de la ruta más corta entre dos nodos específicos tenga solución, según Ahuja et al (1993) debe cumplir con lo siguiente:

- i) Existe alguna trayectoria entre o (origen) y d (destino).
- ii) No existen circuitos negativos tales que haya un camino de o a algún nodo del circuito y de otro de algún nodo del circuito a d .

Sea $G = [N, A]$ una red dirigida y sea o un nodo en N ; entonces a o se le llama raíz de G , si existe una trayectoria de A para toda i en N . De forma que, una arborescencia es un árbol que tiene una raíz; por lo tanto, una arborescencia de G es un árbol expandido de G que contiene un nodo que es raíz.

Ahora, consideremos una arborescencia de rutas más cortas de G , se consideraría como la única ruta de o a i , para toda i que es elemento de N , es decir, tenemos la ruta más corta del origen a i .

Por tanto, podemos considerar que para que exista la arborescencia de las rutas más cortas de raíz o en una red cualquiera G , ésta deberá cumplir con lo siguiente:

- i) Existen caminos de o a i , para toda i en N . Es decir, que o sea la raíz de la red.
- ii) No existen circuitos negativos en la red G , ya que de presentarse éstos, el problema sería no acotado.

Para resolver el Problema de la Ruta más Corta se utiliza el Algoritmo de Dijkstra, este es el que mejor se adecua a las necesidades de este trabajo de investigación. Se explica a continuación.

2.2.1 Algoritmo de Dijkstra

El algoritmo de Dijkstra fue diseñado para determinar las rutas más cortas entre un nodo origen y cualquier otro nodo en la red con arcos de longitud no negativa (Taha, 1995). Es importante hacer mención de este algoritmo, dado que el software de procesamiento de información geográfica que se utiliza en la generación de la propuesta de este trabajo lo emplea. El resultado será una red de caminos entre los nodos que conforman los puntos a visitar.

La idea básica de este algoritmo es expandirse desde los nodos y mantener *rotulada* permanentemente las distancias entre los demás nodos, ya que inicialmente se le da a uno de los nodos una etiqueta permanente con un valor de cero. En cada iteración, la etiqueta de un nodo i es su distancia más corta desde el nodo fuente a lo largo de una ruta cuyos nodos internos (es decir, nodos distintos de o o el nodo i mismo) quedan todos etiquetados permanentemente.

El algoritmo selecciona un nodo i con la etiqueta temporal mínima (rompiendo lazos arbitrariamente), lo hace permanente y se extiende desde ese nodo, es decir, explora arcos en la lista de todos los arcos o $A(i)$ para actualizar las etiquetas de distancia de los nodos adyacentes. El algoritmo termina cuando ha designado todos los nodos como permanentes. La exactitud del algoritmo se basa en la observación clave de que siempre se puede designar el nodo con la etiqueta temporal mínima como permanente (Ahuja, Magnanti, & Orlin, 1993).

El modelo es el siguiente:

$$[u_j, i] = [u_i + d_{ij}, i], d_{ij} \geq 0$$

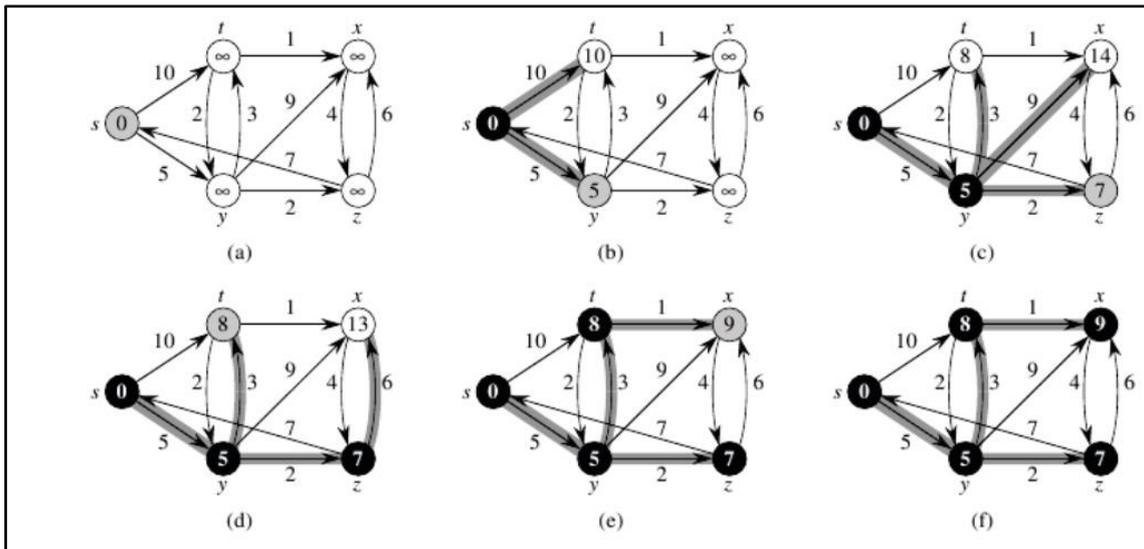


Figura 6. Ejemplo de ejecución de Algoritmo de Dijkstra. Fuente: Delgado, UPM

Taha (1995) resume el procedimiento del algoritmo de Dijkstra en los siguientes pasos, se puede utilizar para resolver el ejemplo de la Figura 6:

Paso 1: Etiquetar el nodo fuente (nodo 1) con la etiqueta permanente $[0, -]$.
Establecer $i = 1$.

Paso i: (a) Calcular las etiquetas temporales $[u_i + d_{ij}, i]$ para cada nodo j al que se pueda acceder desde el nodo i , siempre que j no sea permanente. Si el nodo j ya está etiquetado con $[u_j, k]$ a través de otro nodo k y si $u_i + d_{ij} < u_j$, reemplazar $[u_j, k]$ con $[u_i + d_{ij}, i]$.

(b) Si todos los nodos tienen etiquetas permanentes, se terminó el proceso. De lo contrario, seleccionar la etiqueta $[u_r, s]$ que tenga la distancia más corta ($= ur$) entre todas las etiquetas temporales (romper los lazos arbitrariamente). Ajustar $i = r$ y repetir el paso i .

2.3 Rutas de transporte

Una red vial está compuesta de rutas de transporte, el origen de este término viene de la teoría de grafos que define a una ruta como un camino entre al menos dos distintos nodos o puntos de interés sin ninguna repetición entre estos (Ahuja, Magnanti, & Orlin, 1993), es decir, es la conexión entre dos puntos de importancia. Generalmente, los tipos principales de rutas de transporte son rutas radiales,

diametrales, tangenciales, rutas con lazo en su extremo y circulares. La Ciudad de México presenta una configuración mixta, pues determinadas zonas son radiales y otras son tangenciales. A continuación, se explica en qué consisten cada una de ellas según Molinero (2002).

Radiales son las más empleadas en las configuraciones de las ciudades, primordialmente en las pequeñas y de tamaño medio debido a que la mayoría de los viajes se realizan hacia un centro de actividades. Cuando este tipo de configuración se emplea en ciudades de tamaño mayor a 300,000 habitantes las rutas se vuelven ineficientes porque se tiene poca variación y las terminales se vuelven las zonas de mayor densidad (ver figura 7).

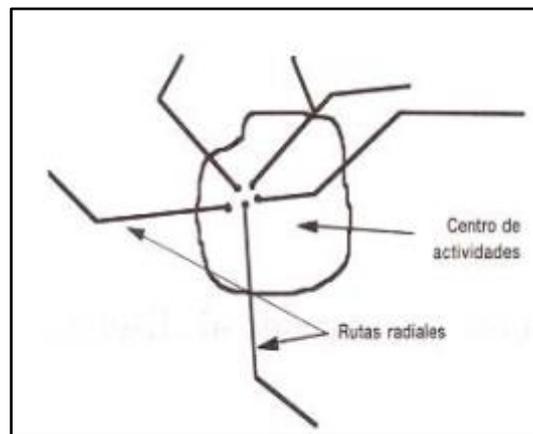


Figura 7. Rutas radiales

Diametrales estas rutas pasan por el centro y conectan dos extremos de la ciudad. Con esta configuración es posible despejar los centros históricos, ya que estas rutas sólo cruzan por el centro, pero no se quedan allí. El balance de la oferta y demanda en la planeación de las rutas debe ser vigilado, pues se corre el riesgo de dificultar la operación. Además, las longitudes de las rutas pueden ocasionar demoras y cargas desbalanceadas, como se ha mencionado (ver figura 8).

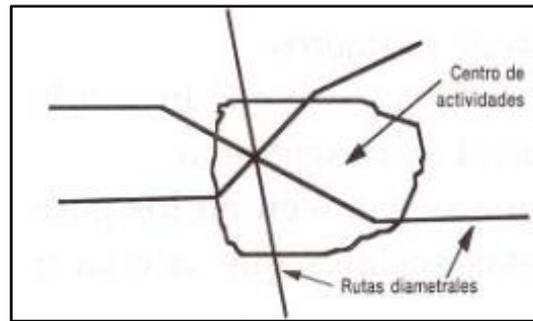


Figura 8. Rutas diametrales

Tangenciales son rutas que pasan por los costados de los centros de actividades o centro históricos de las ciudades. Este tipo de ruta se recomienda para desahogar la centralización debido a la baja demanda de vialidades que no cruzan por el centro (ver figura 9).

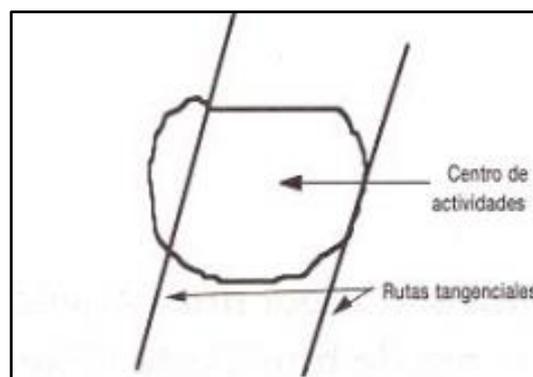


Figura 9. Rutas tangenciales

Rutas con lazo en su extremo son de forma radial con un lazo en uno de los extremos, por lo que es necesario tener una terminal. Lo determinante es mantener el intervalo adecuado para que no se pierda en el lazo (ver figura 10).

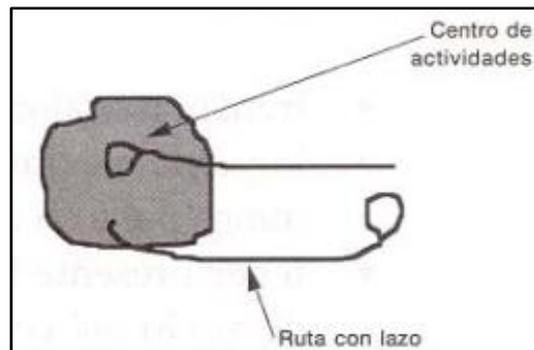


Figura 10. Rutas con lazo

Circulares pueden coexistir con las rutas radiales, debido a que al ser circulares no pasan por el centro de la ciudad, permitiendo una mejor distribución de usuarios, así como una mejor utilización del parque vehicular. Este tipo de rutas carecen de terminales por ser circuitos, pero dada su estricta operación es difícil recuperar tiempos perdidos (ver figura 11).

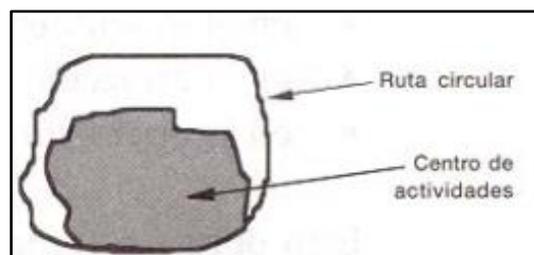


Figura 11. Rutas circulares

2.4 Troncales

Las rutas o líneas de transporte público normalmente convergen en una sola línea o ruta troncal, especialmente cuando se dirigen al centro de actividades (Molinero & Sánchez, 2002). Debido a la configuración de muchas ciudades, las líneas radiales regularmente tienen el mayor volumen de pasajeros en la red (Vuchic, 2005). Por su diseño y tipo de operación, las rutas troncales se pueden dividir en dos grupos: las que proveen servicio directo de las troncales se llaman ramales, y las que operan independientemente desde las troncales son llamadas alimentadoras.

Los ramales existen cuando se emplea el mismo modo de transporte entre troncal y ramal. El cambio de modo y la operación independiente (que se encuentre a parte de la operación de la ruta troncal), da como resultado líneas alimentadoras, aunque existen casos en donde con el mismo modo se pueden operar troncales y

alimentadoras, ya sea que se empleen diferentes vehículos o unidades de transporte, entre ellos minibús y autobús articulado, hasta trenes cortos o largos.

2.4.1 Aspectos operacionales de las troncales

Las modalidades de las configuraciones de las líneas entre troncales, alimentadoras y ramales se basan en los modos de transporte que se designen. Es decir, mientras que autobuses y tranvías pueden ser fusionados en líneas troncales sin una programación precisa -porque operan de manera visible y pueden hacer múltiples paradas en la estación-, los sistemas ferroviarios tanto metropolitanos como regionales deben ser programados con alta precisión ya que los avances obedecen a señales en los bloques. A continuación, se especifican algunos aspectos propios de la operación de las troncales.

Las limitaciones de capacidad de la troncal pueden ser responsables de la reducción de las frecuencias en los ramales, de tal manera que, si el avance mínimo en la troncal es de 2 minutos, y se tienen cinco ramales con similares volúmenes, cada ramal no debería tener un recorrido inferior a los 10 minutos. Una forma útil de operar una troncal, según Vuchic (2005), para los casos en los que la suma de las frecuencias de bifurcación excede la capacidad de la troncal, es acoplar unidades de transporte en puntos en donde converja, aunque esto implica retrasos y alto control en las operaciones en las líneas. Si la troncal no tiene estaciones, la capacidad aumenta, pero esto puede encontrarse solo en líneas locales como los servicios expresos, o con estaciones fuera de la línea y además se debe tener una terminal muy grande para albergar tales volúmenes. El tránsito regular no puede tener este tipo de línea y operación.

Volúmenes irregulares de pasajeros en diferentes ramales afectan la programación de ramales individuales porque si los volúmenes críticos varían considerablemente entre las ramas, se debe contar con diferentes longitudes en las unidades de transporte o con pasos desiguales en la troncal o en los ramales. Estos problemas solo pueden remediarse hasta que los avances en

los distintos ramales sean iguales, y esto es proporcionando la capacidad requerida para la línea más pesada en todos los ramales.

Derechos de paso de la troncal y los ramales deben estar coordinados porque si la línea troncal tiene una categoría A o B de vía, los ramales también deberán estar libres de demoras frecuentes para evitar la disminución del servicio de la troncal.

Tipo de operación y control en la convergencia de los ramales es importante pues de esta manera se da confiabilidad y capacidad a las líneas. Todas las demoras, ya sean positivas, retrasos o adelantos al cronograma en uno de los ramales ocasiona disturbios y pérdida de capacidad en la troncal. La propagación de los retrasos se vuelve críticos cuando los pasos troncales se aproximan a su mínimo físico y se tienen grandes volúmenes de pasajeros, es decir, cuando es más importante mantener la confiabilidad del servicio.

Existen tres importantes tipos de control y operación y todos tienen que ver con un modo de transporte de elección. Éstos se describen a continuación.

a. Metro y modos regionales férreos

Se tienen secuencias predeterminadas de las unidades que ingresan a la troncal y se requiere que estén apegados a la programación. Se utiliza en sistemas con distancias mínimas cortas (de 1.5 a 3.0 minutos). Con esta configuración se ofrece alta calidad del servicio si se cumplen dos condiciones: las demoras y las perturbaciones son raras y la frecuencia en la troncal (la suma de las frecuencias de los ramales) es considerablemente menor que la capacidad de línea. Considérese el siguiente ejemplo: si el avance operacional mínimo es de 90 a 120 segundos, el avance programado que a su vez debe ser el promedio debe ser de 135 segundos si se requiere una operación muy confiable, y si estas irregularidades suceden a menudo, el avance puede ser de 150 a 180 segundos. Por lo tanto, cuanto más confiable es la operación, más cerca pueden las unidades de transporte correr a la máxima frecuencia posible en la troncal.

Este esquema de operación suele verse en los trenes de Tokio, lográndose el equilibrio entre la confiabilidad y el avance, pues pueden operar a 90 segundos de avance, pero están programados para 120 segundos, o una frecuencia de 30 trenes/hora. La confiabilidad de estos servicios es muy alta (ver Figura 12).

Algunos ejemplos de este tipo de servicio pueden verse con algunas variaciones, como el caso de los esquemas en los que se quería proporcionar la máxima confiabilidad del servicio y se diseñaron sin ramales, como es el caso de Sao Paulo, México y Tokio. Otras tienen dos ramales como Munich y Washington, y una es excepcionalmente compleja por los cinco ramales que la componen, este es el caso de Londres.

b. Tren ligero

Este se lleva a cabo con líneas convergentes que operan con control parcial de derecho de paso en las calles y estas tienen una menor adherencia al control horario programado que en las áreas metropolitanas, ya que sus unidades de transporte convergen en una línea troncal, que a menudo operan con señales de aviso solamente y en pasos típicos. Ejemplos típicos son las redes de tranvías LRT (siglas de Light Rail Transit o Tren Ligero) que tienen hasta cinco líneas que convergen, son Bruselas, Essen, Filadelfia y Stuttgart como se muestra en la Figura 13.



Figura 12. Metro de Ciudad de México. Fuente: STC-Metro

c. Autobús

En este tipo de operación, las unidades de transporte de hasta diez líneas se fusionan y operan a pasos muy cortos, a veces hasta de 20 segundos, y con frecuencia sobrepasan. Existen sistemas de autobuses troncales en Ottawa, Portland y Sao Paulo, pero el ejemplo más significativo es el túnel Lincoln en los accesos entre Nueva Jersey y Nueva York (ver Figura 14), allí convergen más de 400 autobuses por hora desde una docena de líneas, un volumen de tránsito que una vialidad normal no puede operar, pero esto se logra gracias a que no se tienen estaciones en la vía, todos los autobuses se dirigen a la Terminal de la Autoridad Portuaria, donde hay 233 lugares para estacionarse en un edificio de tres niveles, esto es muy inusual, pero la operación con autobuses es relativamente más fácil que con líneas ferroviarias, sin embargo, la operación con líneas de autobuses tienen un rendimiento menor debido

a la velocidad, comodidad y sobre todo a la seguridad, trasladar el sistema de autobuses a uno férreo traería un obvio aumento en la velocidad, la confiabilidad y la seguridad en la línea troncal. Este tipo de mejoras necesita de grandes inversiones en su construcción, pero acarrea una notable reducción en los costos operativos.

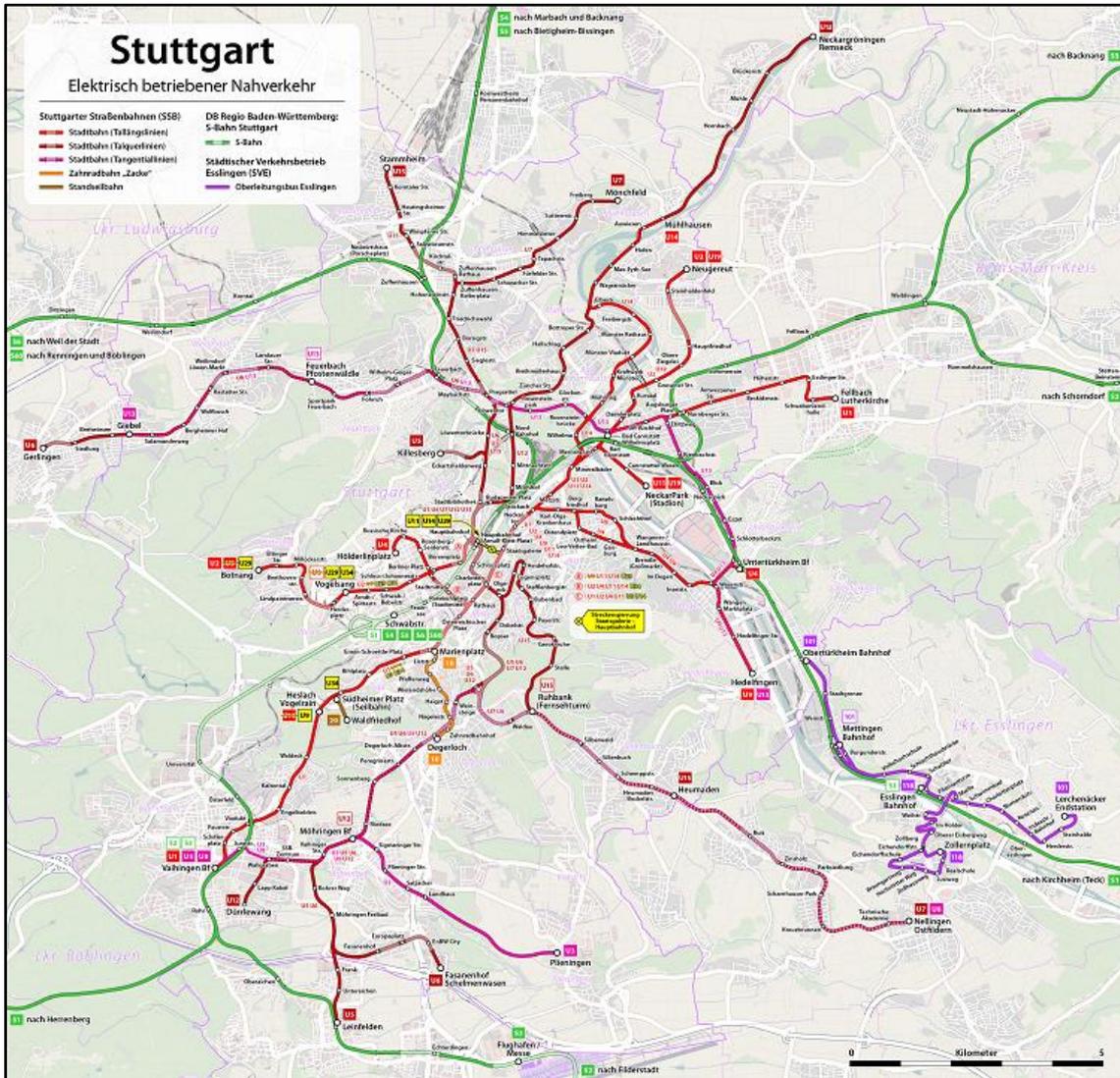


Figura 13. Red del Stuttgart Stadtbahn, Fuente: Maximilian Dörbecker y Open Street Maps

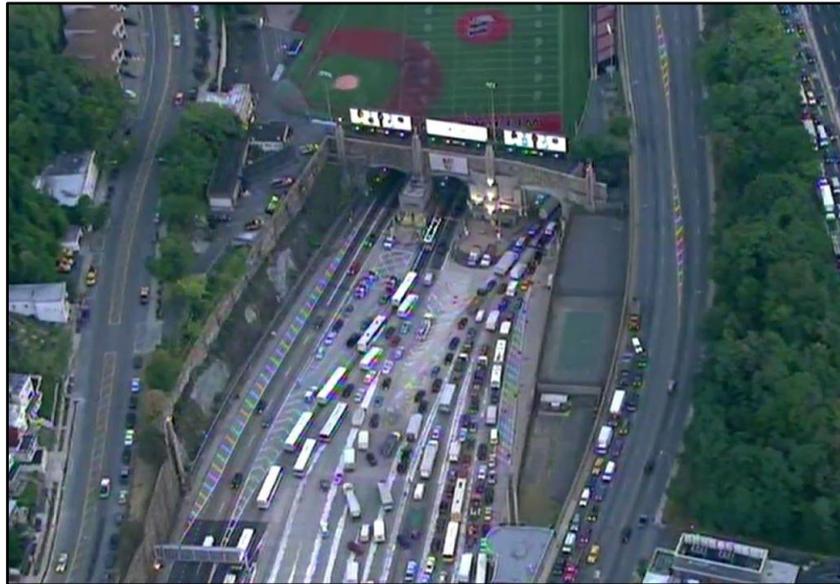


Figura 14. Túnel Lincoln, acceso Nueva Jersey. Fuente: abc7 NY

Por su parte, Molinero y Sánchez (2002), definen a las rutas o líneas de transporte público como aquellas que normalmente convergen en una sola línea o ruta troncal y en especial aquellas que se acercan al Centro Histórico. Estas rutas o líneas de transporte están compuestas por ramales y troncales. Las rutas ramales generalmente se integran a las troncales sin necesidad de que existan transbordos, y las alimentadoras transportan al usuario desde sus lugares de residencia hacia otro lugar donde puede tener acceso a un sistema de transporte de mayor dimensión. Se recomienda establecer dos sistemas de transporte para la troncal y el alimentador.

La Figura 15 muestra la diferencia entre ramales y alimentadores:

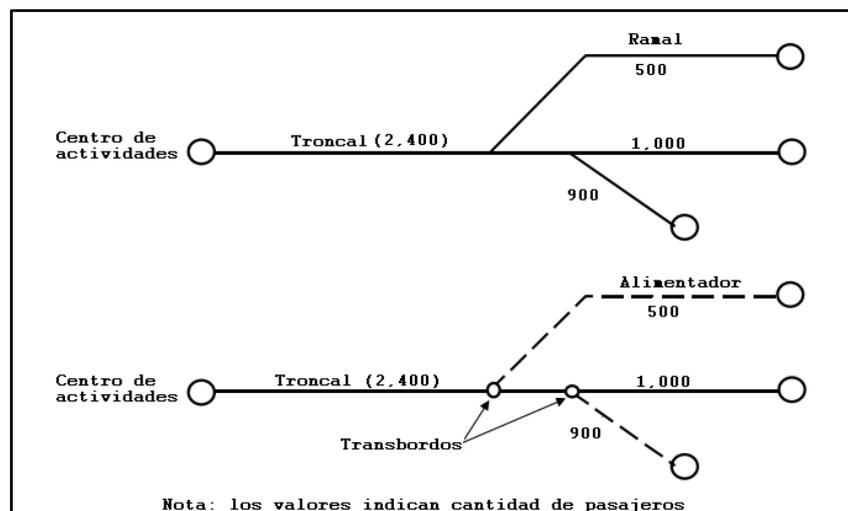


Figura 15. Diferencia entre ramal y alimentador. Fuente Molinero,1998

Las principales diferencias radican en la regularidad del servicio, el factor de carga α que se refiere al volumen de pasajeros, y, por esa causa el nivel de servicio en los tramos troncales y ramales. En el primer caso, se cuenta con el mismo número de pasajeros, capacidad y frecuencias, ello permite frecuencias uniformes. En el segundo caso operan dos ramales con volúmenes y capacidades diferentes, pero con frecuencias iguales, lo cual permite regularidad en el servicio.

Los casos se refieren a P que significa pasajeros, n es el tamaño de la unidad y f es la frecuencia de las unidades.

La operación de ramales y troncales suele derivarse en cuatro casos como se explica.

Caso 1: $P_i = P_{ii}, n_i = n_{ii}, f_i = f_{ii}$

Es una troncal con dos ramales y volúmenes de pasajeros iguales: así como tamaños de las unidades de transporte (4 carros) y mismas frecuencias (ver Figura 16).

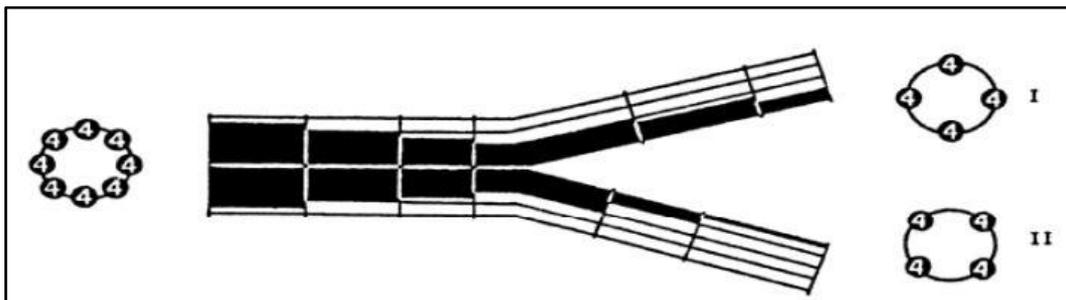


Figura 16. Caso 1, dos ramales con iguales atributos. Fuente Molinero,1998

Caso 2: $P_i > P_{ii}, n_i > n_{ii}, f_i = f_{ii}$

Troncal con dos ramales y volúmenes de pasajeros diferentes; así como tamaños de las unidades de transporte ($n_i= 4$ carros, $n_{ii}= 2$ carros), pero frecuencias iguales (ver Figura 17).

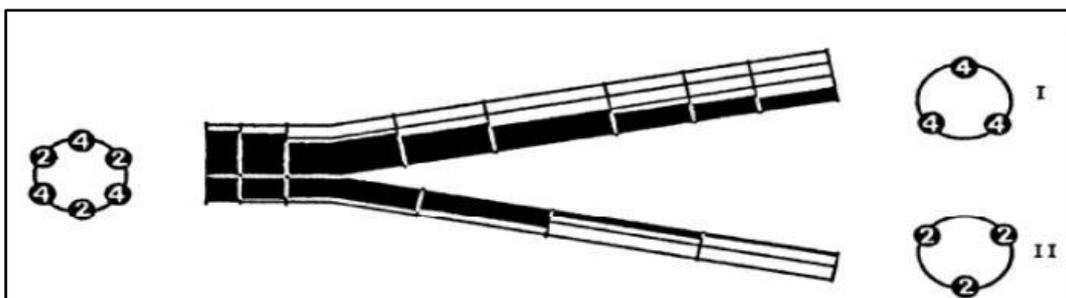


Figura 17. Caso 2, dos ramales con pasajeros y unidades de tamaño distinto. Fuente Molinero,1998

Caso 3: $P_i > P_{ii}, n_i = n_{ii}, f_i < f_{ii}$

Se refiere a una troncal con dos ramales con cantidad de usuarios diferentes, con tamaños de unidades de transporte iguales y frecuencias distintas (ver Figura 18).

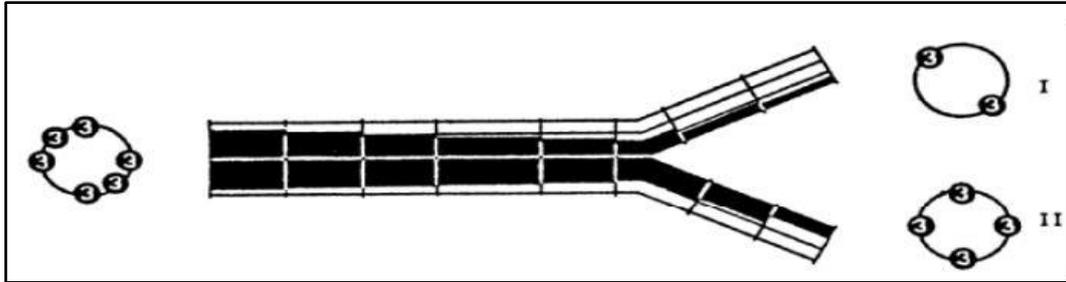


Figura 18. Caso 3, dos ramales con pasajeros y frecuencias distintas. Fuente Molinero,1998

Caso 4: $P_i > P_{ii}, n_i > n_{ii}, f_i > f_{ii}$

Es la troncal con dos ramales, diferentes volúmenes de usuarios, capacidad de las unidades de transporte y frecuencias, donde $n_i = 4$ carros y $n_{ii} = 2$ carros (ver Figura 19).

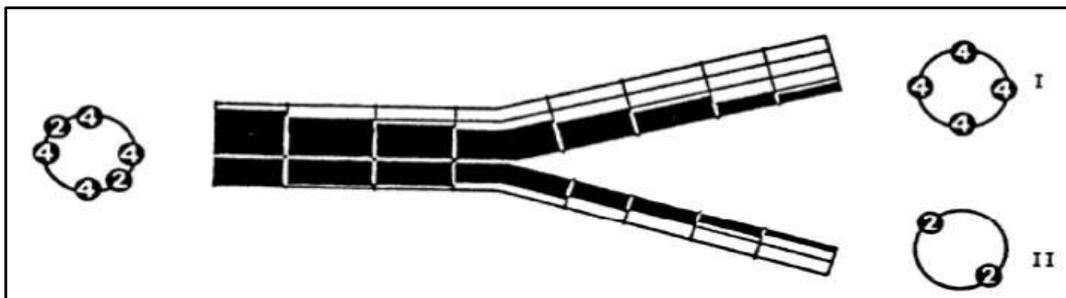


Figura 19. Caso 4, dos ramales con pasajeros, unidades y frecuencias distintas. Fuente Molinero,1998

2.5 Determinación del sistema con base en volúmenes

La demanda a lo largo de un corredor puede ser determinada mediante diversos procedimientos. Uno de estos procedimientos es que recomienda la Guía Técnica de Selección de Vehículos de Transporte Público, este se basa en la cantidad de usuarios que se transportan, la velocidad pronosticada para la circulación de los vehículos del proyecto y el monto de inversión disponible para el mismo (CTS EMBARQ México, 2015).

El procedimiento es sencillo; es necesario que inicialmente se transformen los volúmenes que se tienen expresados en pasajeros/día entre las horas de servicio que se proporcionan, de tal manera que se obtengan valores expresados en

pasajeros/hora/sentido. Con estas unidades, se señala en la gráfica siguiente ver Figura 20.

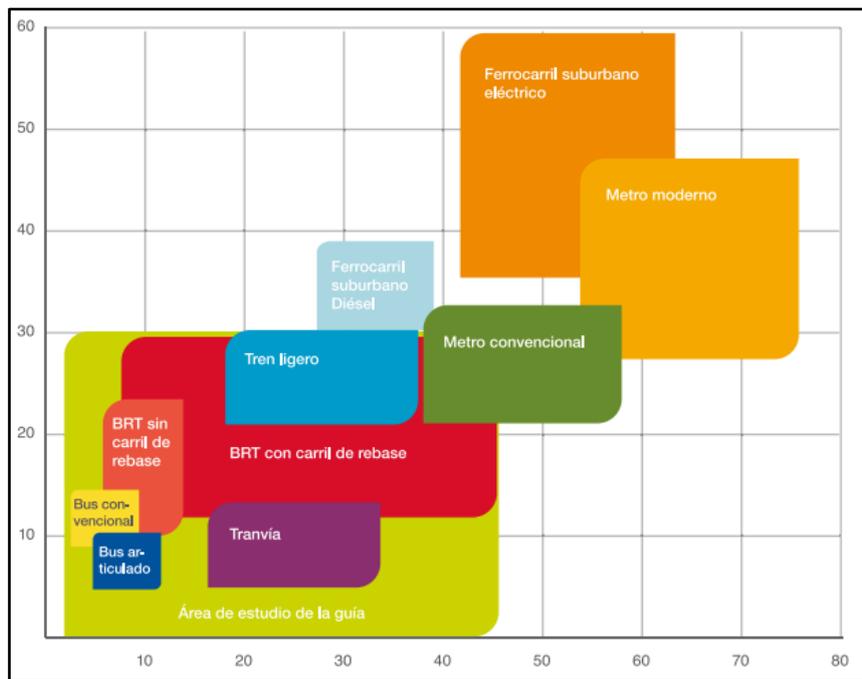


Figura 20. Modo de transporte a emplear de acuerdo con el volumen de pasajeros y la velocidad de operación proyectada, Fuente: (CTS EMBARQ México, 2015)

El eje de las abscisas comprende al rango de capacidad máxima para los diferentes modos, expresada en miles de pasajeros/hora/sentido; en el eje de las ordenadas se tiene el rango de velocidad comercial en km/h, de tal manera que lo que se obtiene es una aproximación del modo que se requiere con demanda conocida, se comparan sistemas de vehículos desde Metro, autobuses convencionales, autobuses articulados, BRT sin carril de rebase, BRT con carril de rebase, tranvía, tren ligero, ferrocarril suburbano diésel, Metro convencional, ferrocarril suburbano eléctrico y finalmente Metro moderno.

Es posible a su vez utilizar la tabla de demanda recomendada en la guía para cada uno de los modos. Esto se muestra en la

Tabla 9.

Tabla 9. Rangos de volumen de pasajeros por hora por sentido con respecto al modo de transporte

| Medio empleado | Tecnología | Mínimo | Máximo |
|------------------|---------------------------------|--------|--------|
| Autobuses | Bus convencional | 2,000 | 3,600 |
| | Bus articulado | 5,000 | 11,000 |
| | BRT sin carril de rebase | 6,000 | 12,000 |
| | BRT con carril de rebase | 9,000 | 45,000 |
| Férreo | Tren ligero | 18,000 | 35,000 |
| | Tranvía | 18,000 | 31,000 |
| | Ferrocarril suburbano diésel | 30,000 | 39,000 |
| | Ferrocarril suburbano eléctrico | 41,000 | 61,000 |
| | Metro convencional | 38,000 | 59,000 |
| | Metro moderno | 55,000 | 75,000 |

Fuente: (CTS EMBARQ México, 2015)

Para la tabla 9, las tecnologías se dividen en autobuses o en transporte férreo. La demanda mínima o máxima también está dada en pasajeros/hora/sentido.

2.6 Indicadores de operación para la programación del servicio

Posterior al procedimiento de selección del modo de transporte con dependencia en la oferta que se desee servir, fue necesario considerar indicadores de operación que sirvan para la programación del servicio. La programación del servicio se refiere al despacho de vehículos que se debe hacer por intervalo de tiempo o por número de unidades.

Vuchic (2005) define componentes de operación de un modo de transporte que son elementales para proporcionar el servicio, entre ellos están *línea*, *red*, *parada* y *estación*. Define a la *línea de transporte público* como la infraestructura para la prestación del servicio, en una alineación fija para vehículos o trenes operando con una agenda predeterminada; puede ser una simple vía con paradas establecidas hasta un sistema con derecho de vía exclusivo con estaciones altamente controladas. Una *red de transporte público* es un conjunto de líneas de transporte público que se conectan o cruzan entre ellas y están coordinadas para una operación eficiente y para proveer servicios integrados en un área conveniente para los pasajeros y para las operaciones. Una *parada de transporte público* está localizada a lo largo de una línea en la que los vehículos de transporte público se detienen para recoger o dejar

pasajeros; su equipamiento puede incluir señales, información, una banca y un techo. Una *estación de transporte público* es una instalación o estructura especial de pasajeros en la que es posible abordar, descender, esperar o transferirse. Ésta puede tener instalaciones para los pasajeros como plataformas de abordaje, mezzanines, escaleras, además del equipamiento para la operación del sistema de transporte.

En lo consecutivo, Vuchic (2005) da importancia a las unidades de transporte y el tamaño de la flota, y define a las *unidades de transporte* como un conjunto de n vehículos que viajan físicamente acoplados; éstos pueden ser singulares o más de uno. En el caso de los autobuses se tienen que la $n = 1$ y en trenes $n > 1$. El *tamaño de la flota* se refiere al número total de vehículos necesarios para la operación de una línea de transporte público o de una red entera.

Otros elementos para la programación de los servicios son los intervalos y las frecuencias. El estudio de dichos elementos es abordado convenientemente por Molinero y Sánchez (2002) que es precisamente la fuente en la que se basa este trabajo, los elementos son los siguientes:

El *intervalo* es la porción de tiempo comúnmente expresada en minutos entre dos salidas sucesivas de vehículos de transporte público en una ruta. Regularmente se calcula como $i = (60 \times a \times Cv) / P$; donde a es el factor de ocupación, Cv es la capacidad vehicular y P es el volumen de diseño.

La *frecuencia de servicio* es el número de unidades que pasan un punto dado en la ruta durante una hora (o cualquier periodo de tiempo considerado), siendo inverso del intervalo.

El *volumen de pasajeros* es el número de usuarios que pasan por un punto fijo durante una hora, u otro periodo de tiempo específico, por lo regular se considera el mayor volumen presente a lo largo de la línea, a este concepto se le llama *volumen de diseño*.

El *tiempo de recorrido* es el intervalo de tiempo programado, expresado en minutos, entre la salida de un vehículo de la terminal y su llegada a la terminal opuesta en una ruta, o a la misma terminal en caso de ser circuito.

La *velocidad de operación* es la velocidad promedio de una unidad de transporte, en la cual se incluye el tiempo de parada en estaciones o las demoras esperadas por razones de tránsito, ésta se calcula como $V_o = (60xL)/tr$ donde L corresponde a la longitud y tr es el tiempo de recorrido.

El *tiempo de terminal* es el tiempo adicional que un vehículo espera en la terminal y es requerido para permitir la vuelta al vehículo, para hacer un cambio de cabina de mando y para darle un descanso al operador.

El *tiempo de ciclo* es el tiempo total de viaje redondo para una unidad de transporte, es expresado en minutos y se obtiene así $tc = 2(tr + tt)$, donde tt es el tiempo en terminal.

La *velocidad comercial* es la velocidad promedio de una unidad, se calcula como $V_c = (120xL)/tc$, se expresa en km/h y esta velocidad debe ser menor que la velocidad de operación.

El *tamaño del parque vehicular o flota* es el número total de unidades que operan en una ruta o línea, consiste en los vehículos para dar el servicio, los vehículos de reserva y los vehículos que están en mantenimiento o en reparación.

La viabilidad del cálculo de la hoja de despacho de unidades es innecesaria por motivos que se explican en el capítulo siguiente a lo largo del desarrollo del trabajo.

CAPÍTULO III. ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN

El modelo clásico de transporte es un esfuerzo realizado por expertos en la década de los sesenta del siglo XX, es resultado de una constante modelización y ha permanecido sin cambios relevantes no obstante las mejoras en las técnicas de modelado. Su aplicación más frecuente se basa en las cuatro fases primordiales del modelo: *generación de viajes* en donde se extrae el total de viajes atraídos y generados por cada zona del área de estudio. En la etapa de *distribución de los viajes* se asignan diferentes destinos a la cantidad total de viajes dando lugar a una matriz de origen destino para que en la etapa de *reparto* o distribución modal los viajes se asignen según los diferentes modos de transporte. Finalmente, la fase de *asignación de viajes* se refiere a ubicar a cada modo a su red correspondiente de transporte, regularmente la red de transporte público o la de transporte privado (Ortúzar & Willumsen, 2008). La Figura 21 muestra en qué consisten cada una de las fases.

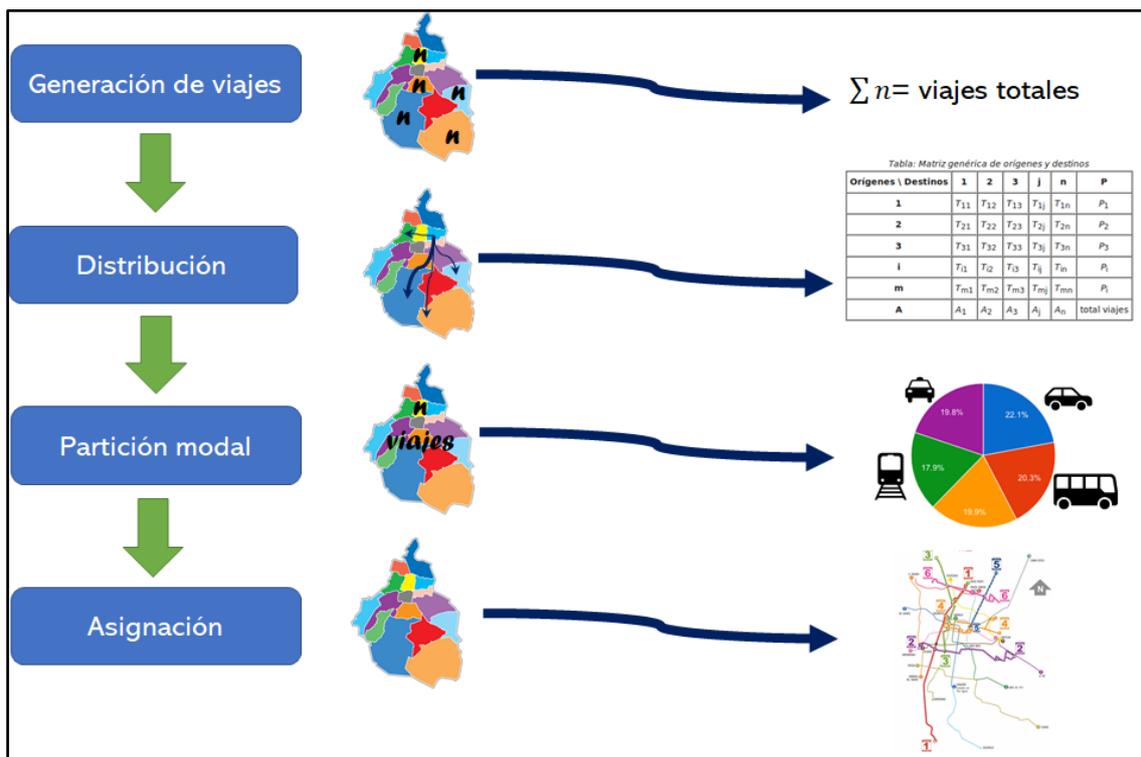


Figura 21. Modelo clásico del transporte.

Existe una variación a la fase de asignación que corresponde a la oferta, dado que la demanda está contemplada en las tres primeras fases del modelo y como la

asignación de viajes se realiza teniendo en cuenta las rutas por las que la demanda va a desplazarse, entonces se habla de oferta o elección de ruta (ver Figura 22).

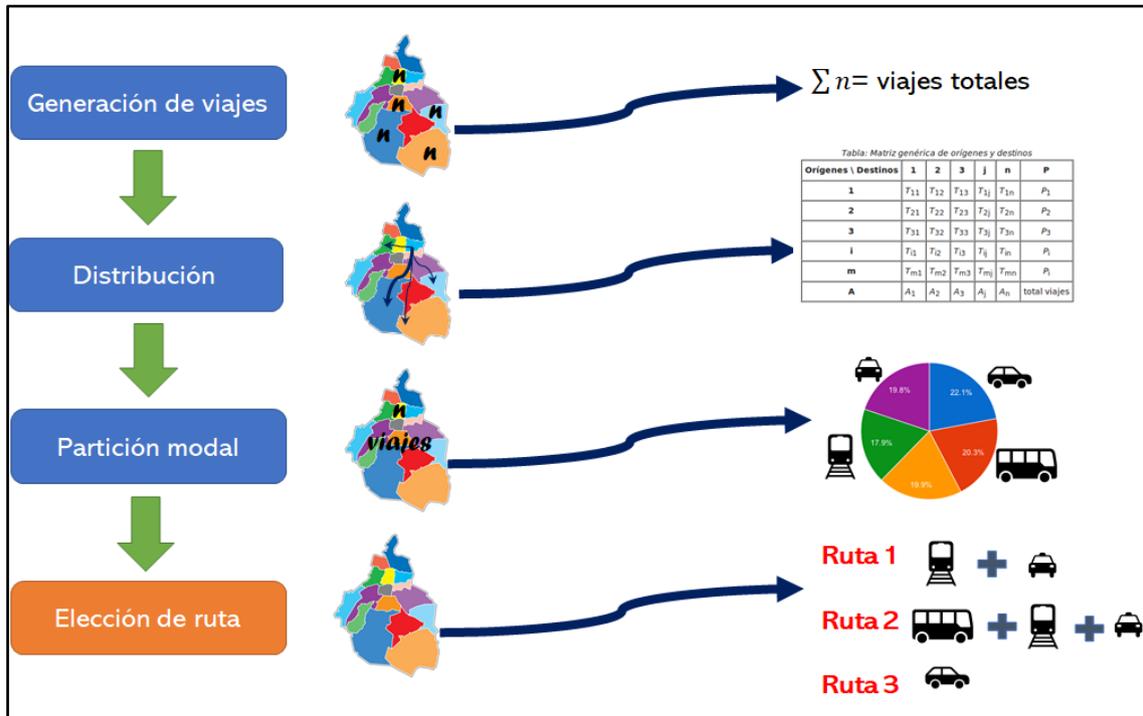


Figura 22. Variación al modelo clásico de transporte.

Es preciso aseverar que el Modelo Clásico de Transporte aquí presentado es el elemento metodológico, se utilizan sus etapas para ordenar el trabajo de investigación, el elemento conceptual fundamental radica en los Modelos de oferta vistos en el capítulo anterior. Se parte de la oferta porque se utiliza la red de transporte concesionado, posteriormente se asignan volúmenes de demanda con lo cual puede llegarse hasta una cuarta etapa para poder elegir o trazar la ruta. El modelo de las cuatro fases permitió el cambio de enfoque de demanda a oferta porque en el último eslabón se desarrolló la mayor parte de la propuesta consistente en una red de rutas troncales para el transporte público de pasajeros.

La elección de ruta es una parte de este trabajo de investigación, pues usando modelos de oferta predictivos se realizó una propuesta de diseño de rutas troncales. Las etapas del modelo aplicadas a este trabajo se muestran en las Figura 23, Figura 24, Figura 25 y la Figura 26.

Generación

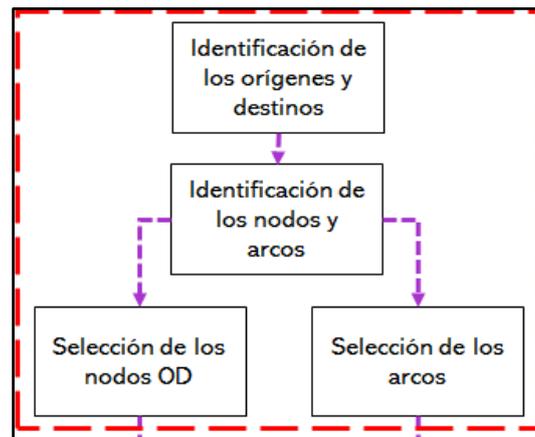


Figura 23. Etapa de generación

La Figura 23 muestra la etapa de Generación de viajes que consistió en identificar los principales orígenes y destinos, de tal manera que se determinaron los nodos con mayor demanda de la ciudad, discriminando nodos que no cumplieron con un indicador que fue diseñado con base, fundamentalmente, en las rutas de transporte concesionado, cuyo valor debía ser de 0.33 para que se asegurara que al menos 1/3 de rutas del CETRAM fuese origen o destino. En algunos casos, el indicador fue exactamente de 0.33, pero se valoraron condiciones como la conjunción de más de dos modos de transporte masivo, como en el caso de Buenavista con Metrobús, Metro y Tren Suburbano. Lo contrario sucede con Viveros que no tiene más que el Metro, por eso se descartó junto con 12 nodos más. Se hizo una excepción con Santa Fe, ya que hay rutas de RTP y corredores de transporte (esquema concesionado como empresa) pero sólo una de transporte concesionado; sin embargo, es una de las entradas de la CDMX y también es un centro de atracción de viajes debido al empleo que genera. Se detectaron casos en los que había nodos que se encontraban tan cercanos entre sí que se fusionaron manteniendo el nombre del que tuviese mayor cantidad de rutas (es el caso de Huipulco y Estadio Azteca).

Posteriormente, se determinaron los arcos más demandados de la red de transporte concesionado sirviéndose de la elección de nodos, el propósito fue elaborar una base con la que se crease una red de rutas troncales de transporte público.

Distribución

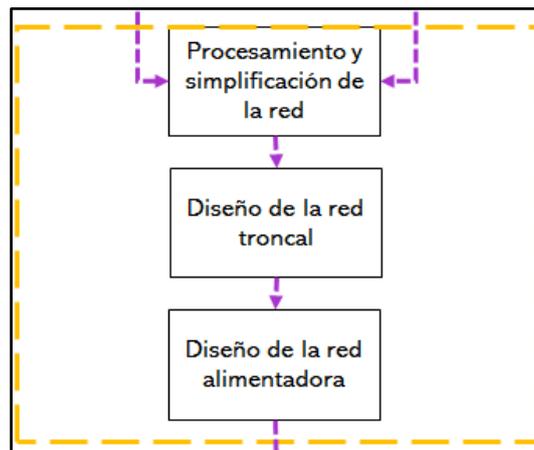


Figura 24. Etapa de distribución

En la etapa de Distribución de viajes (ver Figura 24), se utilizó la base de rutas de transporte concesionado que se elaboró en la etapa anterior y ésta puede ser consultada en la sección del Apéndice A. Para la obtención de los tramos troncales se aplicó el algoritmo de Dijkstra utilizando el Sistema de Información Geográfica ArcGIS con un total de 33 (orígenes) x 32 (destinos) lo que dio un total de 1.056 rutas diversas. Lo que se buscó con este procedimiento fue encontrar la ruta más corta entre cada uno de los orígenes contra el resto de los destinos. Con este método se obtuvieron los tramos troncales más cortos para toda la red en general utilizando reglas de topología que se describen a continuación:

- *No debe superponerse con sí mismo*: consiste en verificar los arcos para corregir aquellos que se superpongan entre sí, es decir, pueden cruzarse o tocarse, pero no tener segmentos coincidentes, así se asegura que ninguna de las rutas del estudio siga el mismo curso dos veces.
- *No debe intersectarse con sí mismo*: consiste en comprobar que los arcos no se crucen ni se superpongan entre sí, si no que sean tramos unidos cada uno al final del anterior, es decir, que sea un arco con vértices y quiebres, pero no tramos superpuestos.
- *No deben quedar pseudonodos*: consiste en comprobar que un arco se conecte al menos con dos arcos en cada extremo. Cuando un arco se conecta con si misma o con un solo arco se considera que tiene pseudonodos y es necesario corregir.

- *No debe superponerse*: consiste en cotejar que los arcos no se superpongan en la misma clase de entidad, es decir, se pueden cruzar o intersecarse, pero no compartir segmentos.
- *No debe intersecarse*: consiste en comprobar que los arcos desde la misma clase no se crucen ni se superpongan entre sí, estas pueden compartir extremos.

Lo consecutivo consistió en seleccionar los tramos de vialidad que más veces fueron parte de la ruta más corta del conjunto de pares de orígenes-destinos. Posteriormente, se propuso una red alimentadora y con ello se obtuvo la red integral.

Partición modal

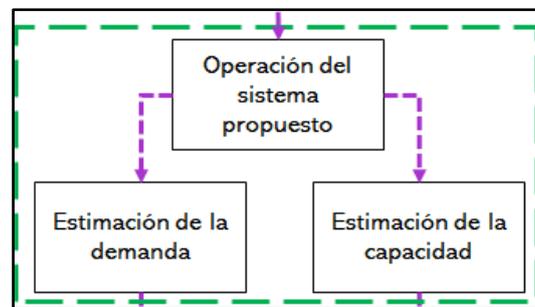


Figura 25. Etapa de partición modal

La etapa de Partición Modal (ver Figura 25) es empleada usualmente para repartir la demanda, en el caso de este trabajo de investigación se desarrolló una variación, ya que aquí el modo de transporte ya estaba seleccionado (la oferta del transporte concesionado), lo que derivó en la selección del modo de transporte a implantar de acuerdo a la estimación de la demanda. Para ello se utilizó la Guía Técnica de Selección de Vehículos para Transporte Público (CTS EMBARQ México, 2015) y con ella se eligió el modo que debía integrarse. Esto determinó la capacidad ofertada y con ella fue posible asignar flujos de demanda a la red de rutas propuesta.

Asignación

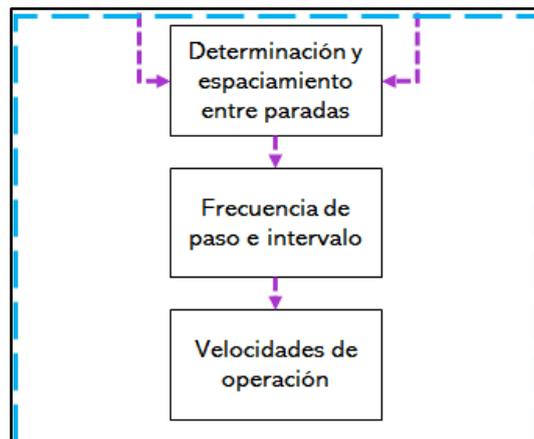


Figura 26. Etapa de asignación

La etapa de Asignación consistió en determinar las políticas de operación que son determinantes para el nivel de servicio. Se precisó obtener los espaciamentos entre paradas, intervalos y frecuencias de paso, velocidades de operación, vehículos requeridos para la operación, entre otros parámetros de operación. El modelo de las 4 fases especifica que en la etapa de Asignación se destinen los usuarios en las diversas rutas de transporte; pero en este caso, dado que esta red es el centro del estudio, se detalló la cantidad de unidades necesarias para la demanda de cada nodo de importancia y las frecuencias para cada tramo propuesto de troncal.

CAPÍTULO IV. PROPUESTA DE RED TRONCAL Y POLÍTICAS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE ASOCIADO

En este capítulo se desarrolla la propuesta utilizando como base la estrategia de trabajo descrita en el capítulo anterior. Se divide en cuatro subcapítulos que corresponden a las cuatro etapas del modelo clásico de transporte. Al inicio de cada subcapítulo se precisa qué incluye cada etapa en términos de la investigación.

Los modelos basados en la gestión de la oferta de transporte propiciaron la búsqueda de formas de lograr el propósito de este trabajo, es decir, la propuesta de rutas troncales busca ser un modelo basado en el manejo de la oferta de transporte porque consiste en crear una red troncal constituida por las rutas resultantes de la aplicación del algoritmo de Dijkstra utilizando como base las rutas actuales del transporte concesionado (oferta). Posteriormente, aplicando un porcentaje de utilización de las rutas resultantes, se seleccionan aquéllas que cumplan con tal condición y se crea una nueva red de troncales donde el flujo de demanda esté concentrado y se asignen flujos (gestión de la oferta para cubrir la demanda).

La idea primordial es utilizar modelos de oferta normativos con propuestas de diseño para dar respuesta a la pregunta: ¿qué forma toma la red de transporte concesionado si se concentra el flujo resultante de la demanda en rutas troncales?

4.1 Generación de viajes

En esta etapa se realizó la selección de los nodos y arcos de importancia basándose en la oferta prevaleciente dado que esta oferta obedece a la demanda de viajes actuales.

4.1.1 Identificación de los nodos y arcos para integrar la red troncal

Para la elaboración de la red troncal de transporte se utilizaron las rutas de transporte público concesionado porque el objetivo era constituir una red a partir de la previa configuración de rutas que se usan en la actualidad, con ello se garantizó la elección de tramos con la mayor preferencia en la actualidad y que además son parte de la ruta más corta de muchos pares de nodos.

A la red utilizada se le incorporó las rutas de transporte masivo (Metro y Metrobús), con la intención de verificar que dichas rutas no se traslaparan con las de la red obtenida. A continuación, se detalla el procedimiento para la elección de los nodos y de los arcos que conformaron la red troncal.

4.1.2 Selección de los nodos O-D para la red

La elección de los nodos consideró a los lugares donde se congregan las rutas de transporte, es decir a los Centros de Transferencia Modal (CETRAM) que son espacios en donde se conectan varios medios de transporte público y concesionado como: Metro, autobuses, microbuses y taxis. Estos Centros son en total 40 (CETRAM, 2017) que se encuentran distribuidos entre estaciones del STC-Metro principalmente y puntos de interés de la comunidad. Posteriormente, el sitio web de CETRAM actualizó su información con los 45 puntos que pueden verse en la Figura 4. Para este trabajo se utilizaron los 41 centros mencionados anteriormente.

Para seleccionar a los nodos de importancia, primero se eligieron las rutas de la red de transporte público concesionado con origen o destino en alguno de los CETRAM. Posteriormente, se utilizó un indicador que consistió en contabilizar la cantidad de rutas con origen o destino en el nodo y luego dividir las entre la cantidad total de rutas que pasan por ese nodo incluyendo a las que tienen su origen o destino en el nodo. Con este indicador se determinó si el CETRAM era relevante dentro de la red (debido a que la cantidad de rutas revelan una mayor demanda) y esto se logró con un valor del indicador mayor a 0.33 (ver Apéndice D. Selección de CETRAM con respecto a la oferta).

$$\text{Indicador} = \frac{\sum \text{rutas con origen o destino en el nodo}}{\sum \text{rutas totales que pasan y que llegan al nodo}}$$

Este indicador es adimensional pues se divide cantidad de rutas que pasan por el nodo, entre la cantidad de rutas con origen o destino en el nodo. Se requiere que su valor sea mayor o igual a 0.33 pues con ello se asegura que al menos 1 de 3 rutas que pasan por el CETRAM tienen su origen o destino en el nodo, es decir, es relevante para el estudio de acuerdo con la demanda que atiende.

Cumpliendo el anterior criterio, se descartaron los demás centros de transferencia modal, de tal manera que se contabilizaron 30 CETRAM como nodos relevantes y se

descartaron 12, los cuales son: Barranca del Muerto, Doctor Gálvez, Refinería, San Antonio Abad, Ferroplaza, Villa Cantera, Tepalcates, Periférico Oriente, Coyuya, Santa Anita, Zaragoza y Viveros (se puede obtener mayor información de la estrategia de selección en el Apéndice D).

Dado que el Gobierno de la Ciudad de México no contempla a los CETRAM que no se encuentren dentro de los límites de la ciudad, se consideraron aquellos que por la conjunción de otros sistemas de transporte masivo como Metrobús y autobuses de la RTP eran relevantes para la red. Éstos fueron sometidos a cumplir con el criterio del indicador diseñado, y en total se encontraron cuatro: Cuatro Caminos, Villa de Aragón, San Ángel y Santa Fe. La Figura 27 muestra la distribución de los CETRAM seleccionados y la Tabla 10 muestra sus respectivos nombres.

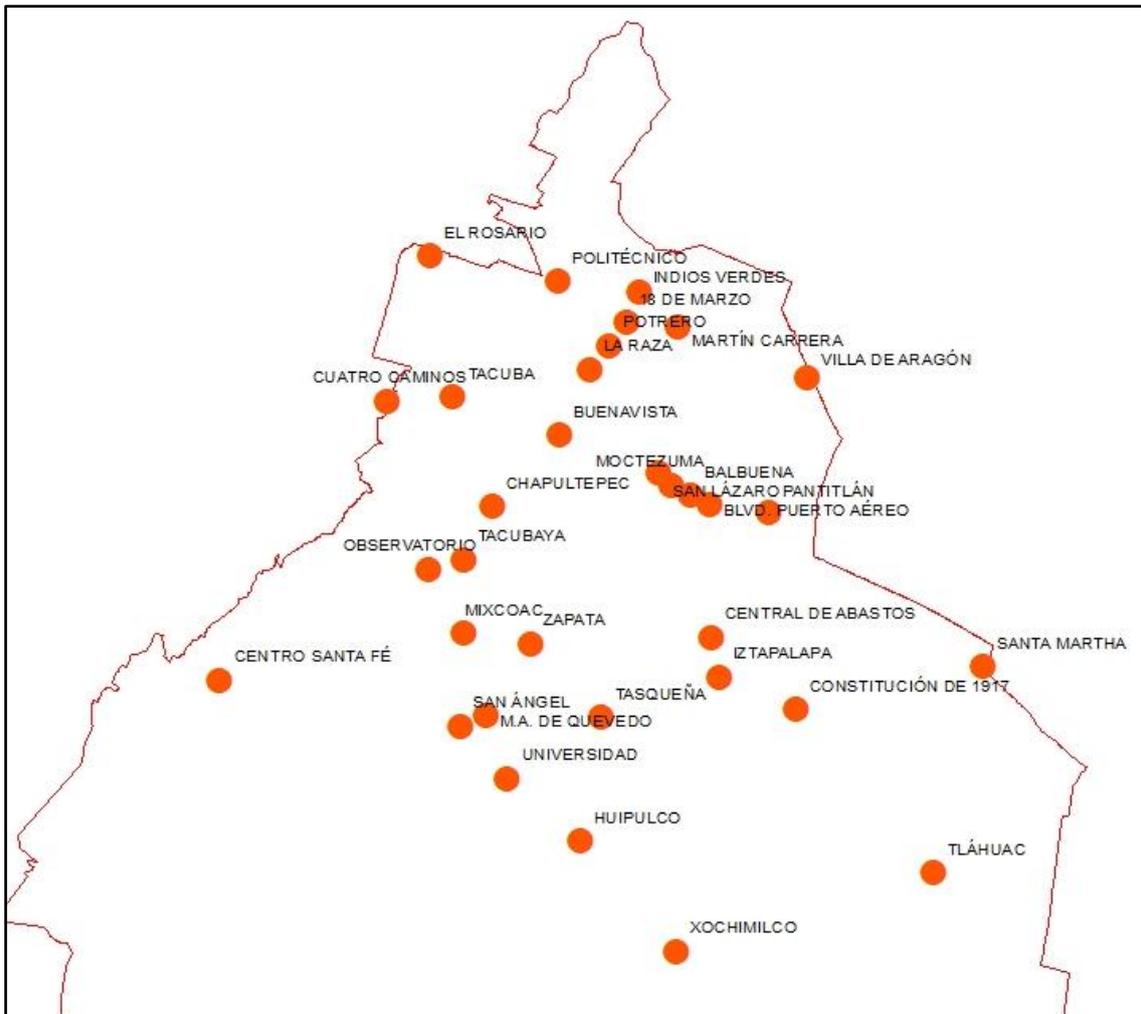


Figura 27. Nodos de importancia elegidos

Tabla 10. CETRAM considerados nodos de importancia

| CETRAM Seleccionados | | |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| 18 de Marzo | Iztapalapa | Santa Martha |
| Balbuena | La Raza | Tacuba |
| Bld. Puerto Aéreo | M.A. de Quevedo | Tacubaya |
| Buenavista | Martín Carrera | Tasqueña |
| Central de Abastos | Mixcoac | Tláhuac |
| Centro Santa Fe | Moctezuma | Universidad |
| Chapultepec | Observatorio | Villa De Aragón |
| Constitución de 1917 | Pantitlán | Xochimilco |
| El Rosario | Politécnico | Zapata |
| Huipulco | Potrero | Cuatro Caminos |
| Indios Verdes | San Lázaro | San Ángel |

Fuente. CETRAM, 2017

Para el caso del CETRAM Estadio Azteca, al encontrarse tan cercano al CETRAM Huipulco (divididos por una avenida principal) se eligió fusionar ambos en uno mismo y se le llamó Huipulco porque los ramales que llegaban al CETRAM Estadio Azteca eran solo dos y Huipulco tenía nueve.

4.1.3 Selección de los arcos que integran la red

Para seleccionar los arcos para la red troncal, del total de 508 rutas existentes del sistema de transporte público concesionado, se seleccionaron las rutas que tenían como origen o destino algún CETRAM de los que fueron elegidos por el indicador diseñado en el subcapítulo anterior, resultando de esta manera un total de 305 rutas que cumplían con esta norma. Al agregar los cuatro CETRAM que no estaban registrados en la página institucional por no pertenecer a la CDMX, se añadieron 45 rutas más, de tal manera que se reunieron un total de 350 rutas para determinar la zona de cobertura. Con estas 350 rutas se cubren los 33 nodos seleccionados como relevantes. La Figura 28 muestra la red de rutas intersecada con los CETRAM.

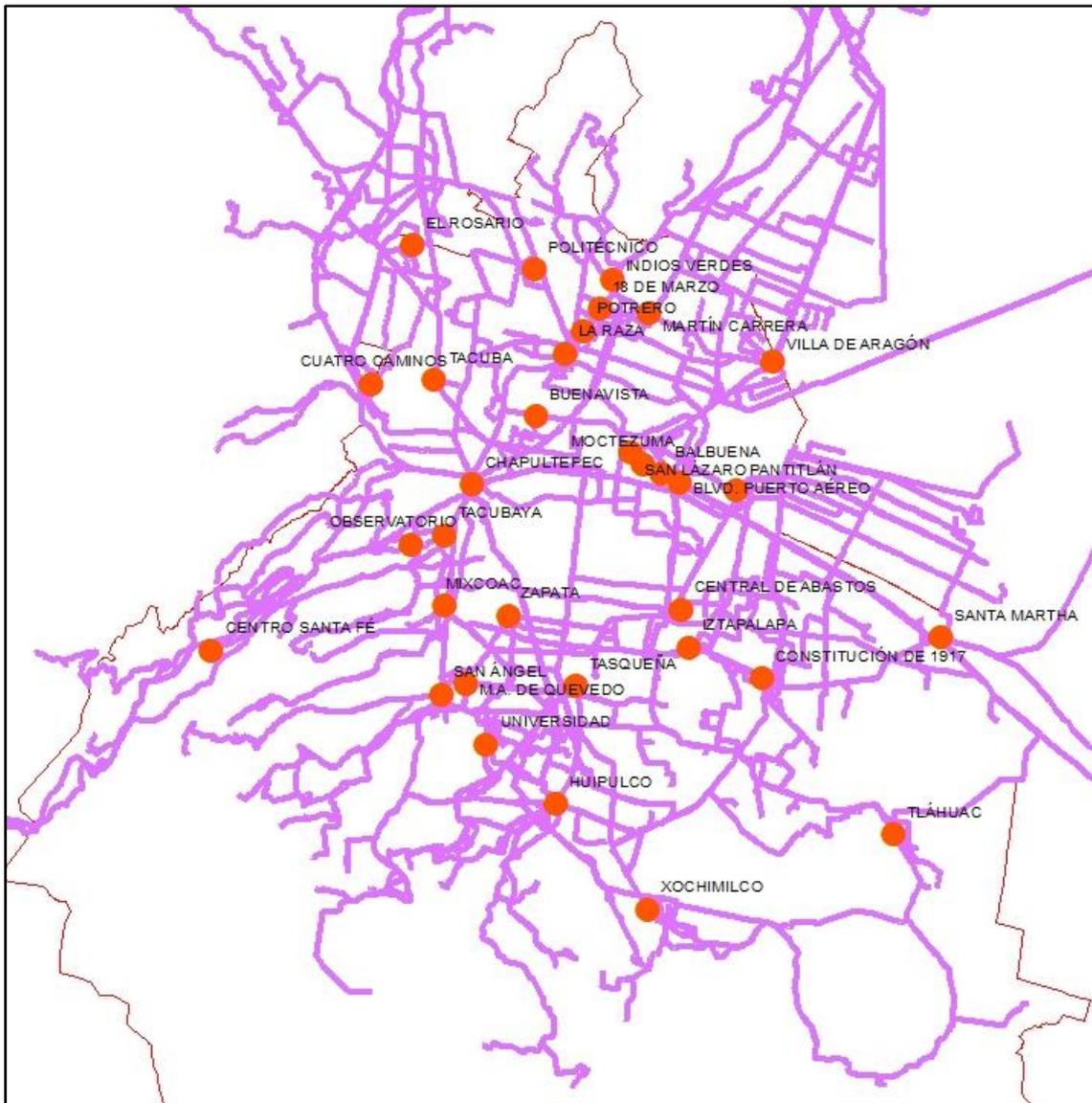


Figura 28. Red generada con nodos

4.2 Distribución de viajes

En esta fase del estudio se elaboró la red de rutas troncales propuesta, surgida de la caracterización de los viajes con base en la simplificación de la red y en la aplicación del algoritmo de Dijkstra para determinar el camino más corto.

4.2.1 Procesamiento y simplificación de la red generada

Una de las preguntas de investigación de la propuesta es ver qué forma toma la red de rutas troncales al concentrar los flujos de la demanda fija utilizando la red de transporte concesionado que según los datos de las EOD 2007 y 2017 es el transporte más utilizado en la CDMX. Con ella, se construyó una red más simple basada en el

modelo de la ruta más corta; para hacer ese proceso se recurrió al Sistema de Información Geográfica ArcGIS.

Considerando que se tienen 33 nodos y se requiere conectarlos entre sí para obtener rutas inmediatas entre cada par de nodos, así como proporcionar al usuario movilidad, se buscó elaborar una matriz de distancias (MD) empleando el algoritmo de Dijkstra. Las rutas tendrían que ser un total de $MD = 33 \times 32 = 1,056$ caminos² y se esperaba que estos trazaran rutas redundantes debido a la morfología de la red.

Para el procesamiento de la red se utilizó el software ArcGIS en su versión 10.2.2, así como el módulo para el análisis de redes Network Analyst. Uno de los elementos que emplean los Sistemas de Información Geográfica para el tratamiento de redes de transporte, es la creación de Geodatabases que consiste en un conjunto de archivos almacenados en una misma base contenedora. Dichos archivos pueden ser manipulados y modificados para modelar redes de transporte, de pasajeros, de carga, de fluidos, de información, entre otros, y tenerlos ordenados en una misma carpeta lo que permite una mejor manipulación de la información sin la necesidad de modificar los archivos originales.

En las Geodatabases la topología define cómo las entidades de puntos, líneas y polígonos comparten una geometría concurrente (ArcGIS, 2018), en pocas palabras, la topología sirve para modelar la conectividad de una red. Ésta puede modificarse para los fines que se pretendan, por ejemplo, colocar bloqueos, poner nuevas calles y modificar los sentidos de cada uno de ellos. ArcGIS posee un recurso para corregir o modificar la topología de una red de acuerdo con las necesidades.

Existen diversas reglas para evidenciar los errores topológicos y posteriormente corregirlos, como se detalló en la estrategia de trabajo. Estas reglas son importantes porque corrigiéndolas en la red aseguramos que ésta está compuesta de tramos unidos que harán posible tomar rutas a partir de cualquier vértice, pero siempre

² Se multiplica por 32 porque es innecesario visitar al mismo nodo, de modo que 33 nodos menos él mismo= 32.

basadas en el atributo de la distancia más corta según el algoritmo utilizado en la red de transporte generada.

Posterior a la corrección de la topología, el software vuelve a constituir la red de transporte que consiste en valorar todas las correcciones elaboradas en el proceso de edición de la topología y dejar preparada a la red para generar rutas.

Para producir rutas, ArcGIS utiliza el algoritmo de Dijkstra (ArcGIS Desktop, 2018), se realizó el procedimiento de la Tabla 11 un total de 32 veces por cada CETRAM, de tal manera que se obtuvieron las 1,056 rutas que se muestran en la Figura 29, aunque éstas, debido al atributo asignado de distancia se sobrepusieron porque algunos arcos también fueron la ruta más corta entre pares de nodos cercanos, por lo tanto no es posible visualizar las 1,056 rutas porque algunas se encuentran superpuestas sobre otra.

Si se requiere ver el total de las rutas, probablemente un acercamiento en cada segmento haga posible observarlas, pues existen muchos casos con tramos en donde hay más de 100 rutas sobre la misma vialidad. El refinamiento de la red se realiza en el siguiente subcapítulo, donde se muestra cuántas rutas (de las diseñadas) se conjuntaban en el mismo tramo.

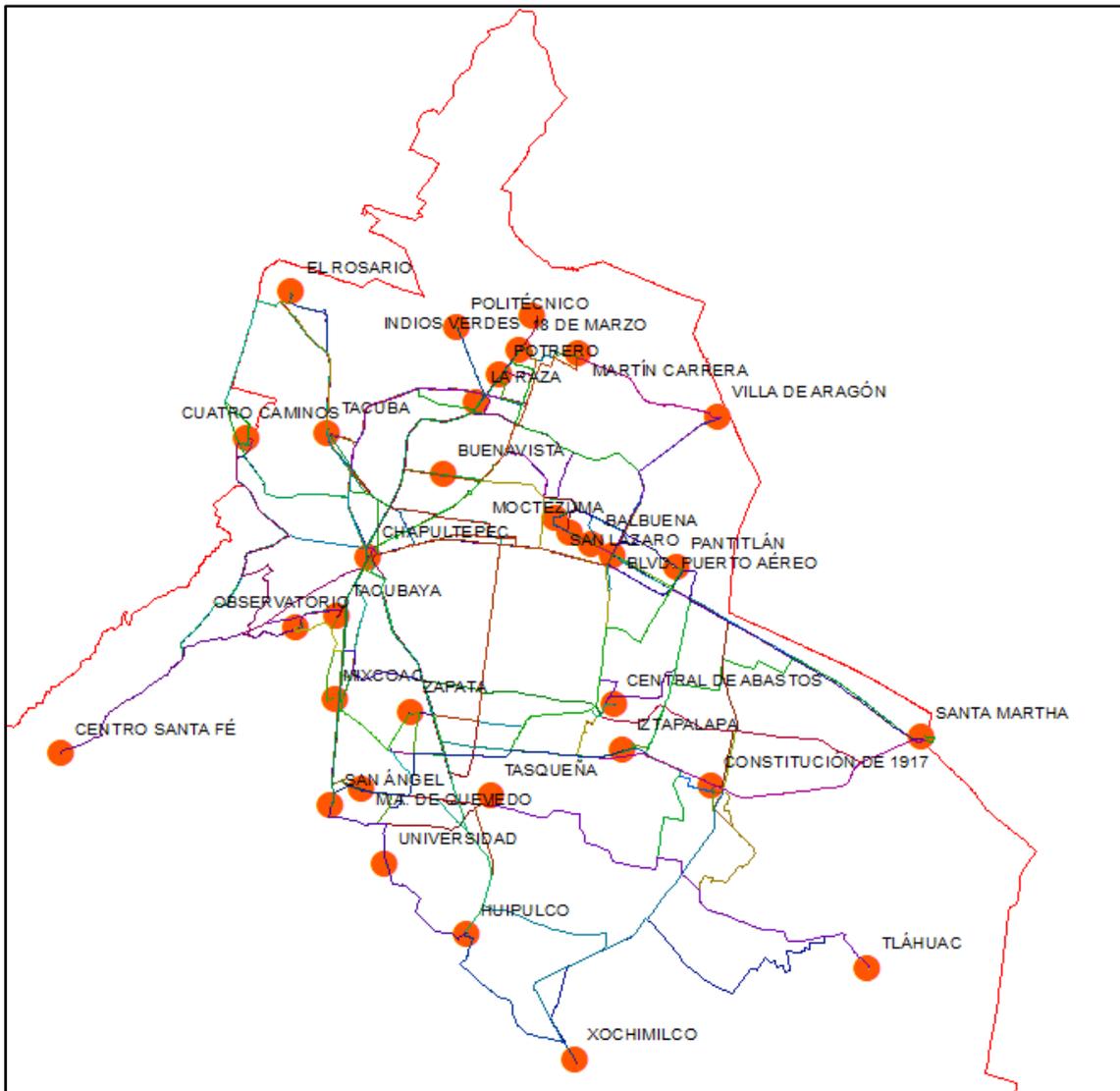


Figura 29. Mapa general de nuevas rutas generadas

4.2.2 Diseño de la red troncal

Como se especificó en la sección anterior, un acercamiento a la red podría quitar las dudas sobre la superposición de las rutas. Se confirmó que varias rutas circulaban por las mismas vialidades, de tal manera que se compartía el mismo derrotero para caminos hacia CETRAM más alejados, es decir, si el camino más corto para llegar a un nodo es una vialidad, y otro camino para llegar a otro nodo pasa por la misma vialidad se crean rutas superpuestas (ver Figura 30), dicha peculiaridad produjo la necesidad de identificar derroteros con la mayor cantidad de rutas para seleccionar los tramos que justifiquen una red ordenada y sin rutas repetitivas.

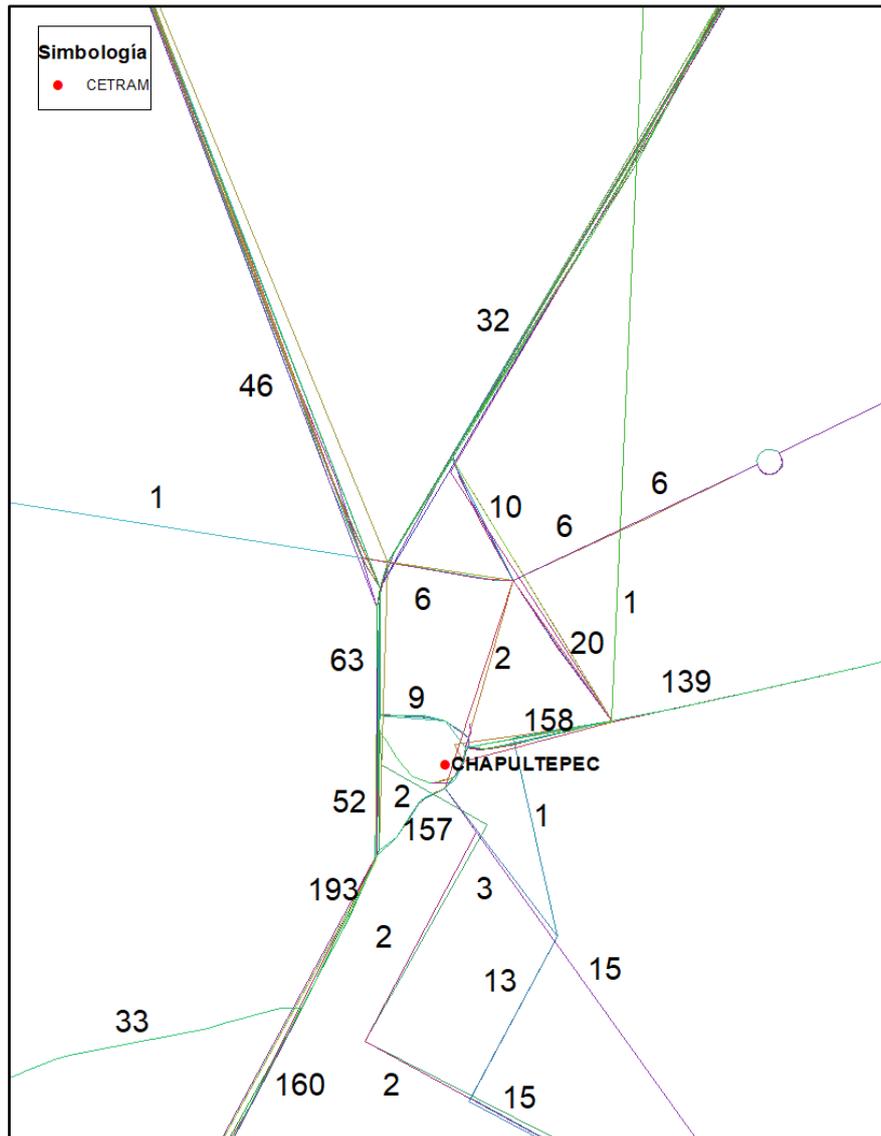


Figura 30. Rutas superpuestas en el mismo derrotero

Los números que se observan en la Figura 30, indican la cantidad de rutas que se superponen en cada tramo representado. Los colores denotan a cada una de las distintas rutas. Para encontrar los derroteros con más rutas, se contabilizaron las rutas que circulaban en cada tramo de toda la red y esto es lo que se aprecia en la Figura 31. Para poder discriminar los tramos que debían formar parte de las troncales fue necesario utilizar estadística no descriptiva para datos no agrupados para obtener frecuencias relativas y acumuladas, y de esa manera, elegir los tramos más representativos.

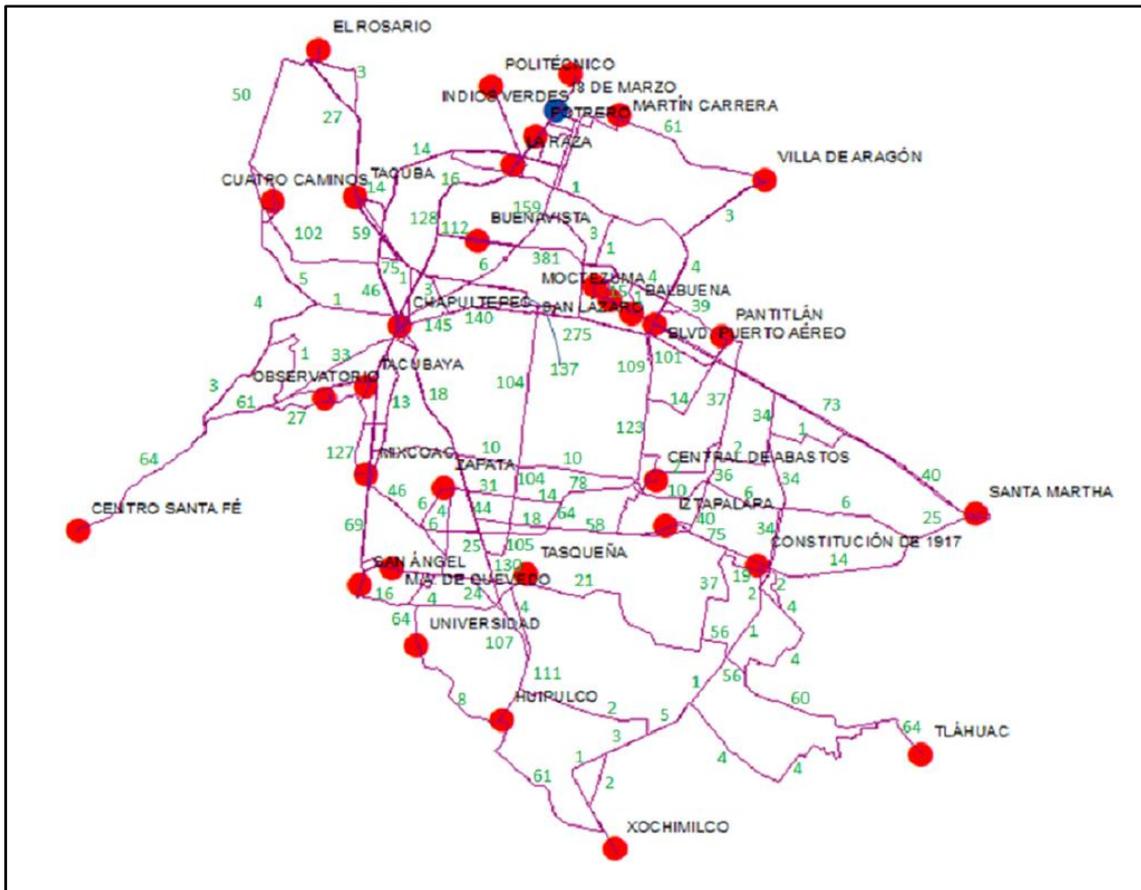


Figura 31. Tramos enumerados con rutas traslapadas

La Tabla 11 muestra las frecuencias, la primera columna “Clase” se refiere al número de rutas en el tramo estudiado este es un rango de veinte rutas, en la tabla se muestran los rangos que arrojaron valores, ya que hay rangos que no tienen ningún tramo como el rango “281 a 300”. La segunda columna “Eventos” indica la cantidad de tramos que cumplen con tal número de rutas, la tercera columna “Frecuencia Relativa” especifica la importancia que representa la cantidad de eventos entre el conjunto de tramos estudiados; y la cuarta columna “Frecuencia Acumulada” indica la suma de los valores representativos, esto se realizó con la finalidad de identificar los tramos que deberían formar parte de la red de troncales dependiendo de su representatividad.

Tabla 11. Frecuencias de rutas en tramos de vialidad

| Clase (rutas) | Eventos | Frecuencia Relativa | Frecuencia Acumulada |
|---------------|---------|---------------------|----------------------|
| 0 a 20 | 71 | 49% | 49% |
| 21 a 40 | 22 | 15% | 64% |
| 61 a 80 | 17 | 12% | 76% |
| 41 a 60 | 12 | 8% | 84% |
| 101 a 120 | 10 | 7% | 91% |
| 121 a 140 | 7 | 5% | 96% |
| 141 a 160 | 2 | 1% | 97% |
| 81 a 100 | 2 | 1% | 99% |
| 381 a 400 | 1 | 1% | 99% |
| 261 a 280 | 1 | 1% | 100% |
| | 145 | 1 | |

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 11 muestra los eventos ordenados de mayor a menor, siendo el nombre de la clase, el valor superior del rango, en este caso, hay 71 tramos con 1 a 20 rutas que representan el 49% de la red, mientras que los 74 tramos restantes corresponden a vialidades que representan el 51% de la muestra, el Gráfico 7.

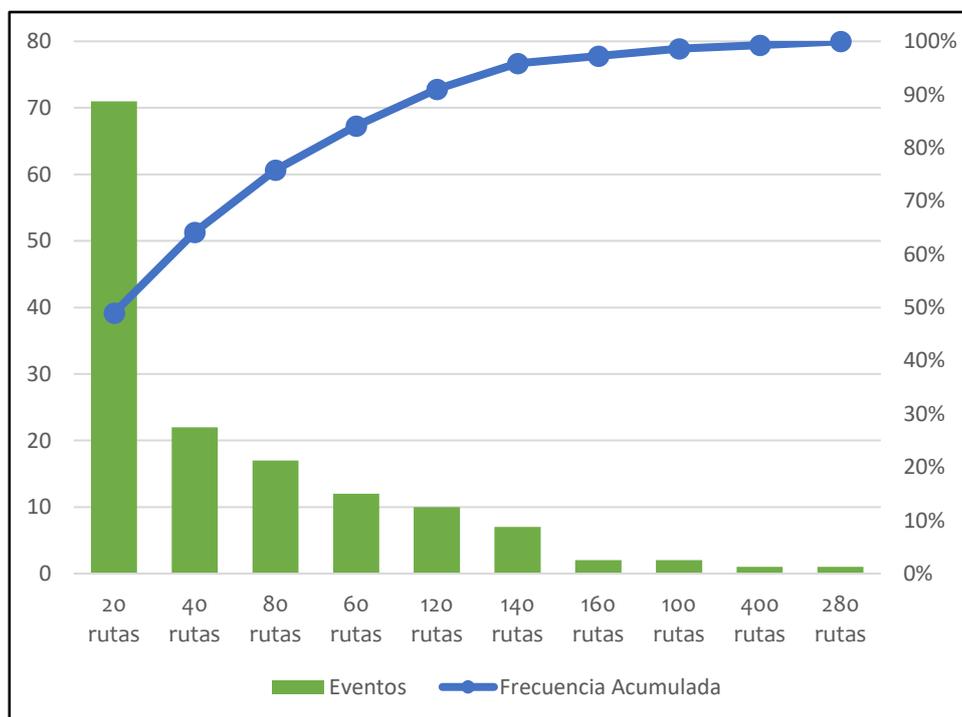


Gráfico 7. Diagrama de Pareto para elegir los tramos más relevantes de la red, elaboración propia

El Gráfico 7 muestra un diagrama de Pareto en el que puede observarse cómo los tramos de vialidades con menos de 20 rutas son la clase con el mayor número de

eventos, pero el conjunto del resto de los tramos mayores a 20 rutas representa el 51% de la muestra. Con la aplicación de la Ley de Pareto se seleccionaron los tramos que tuvieran más de 20 rutas, esto favorece al concepto de troncal porque fomenta que la mayor cantidad de rutas utilicen los tramos. Con esto, se obtuvo la red de troncales de la Figura 32.

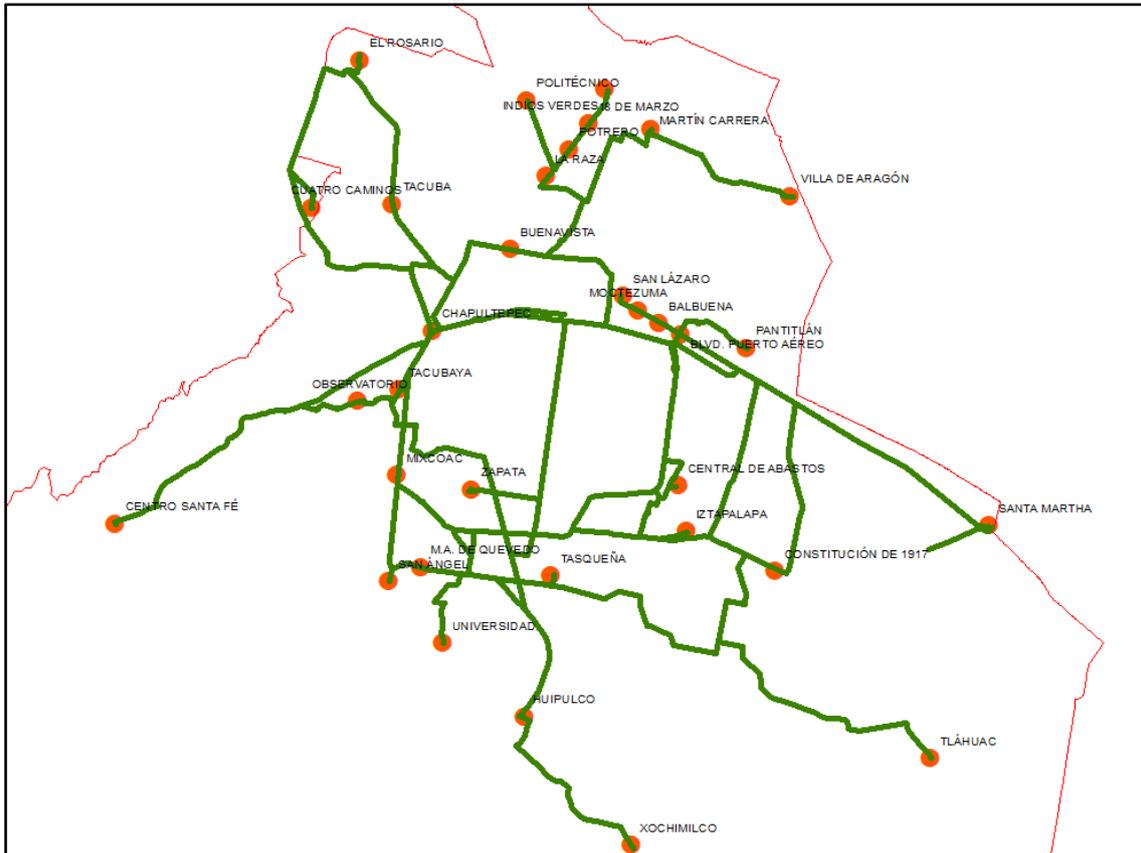


Figura 32. Red troncal generada

Con el diseño y funcionamiento de la red troncal de la Figura 32, el siguiente paso consistió en proponer ordenamiento vial, ya sea implementando un sistema de transporte semi-masivo o utilizando una red de autobuses de menor capacidad en la que se regule la circulación sobre la red troncal con paradas definidas, las distancias entre éstas, la redistribución de rutas en cada parada y las frecuencias de paso.

4.2.3 Diseño de la red alimentadora

Para determinar los CETRAM factibles de tener rutas alimentadoras, se seleccionaron los que se encuentran en la periferia de la Ciudad de México (ya que uno de los supuestos es que los que se encuentran en el interior se servirían con la red de rutas

troncales propuesta y por los servicios de transporte público masivo como Metrobús y el STC- Metro), estos son:

- Politécnico
- Indios Verdes
- Martín Carrera
- Deportivo 18 de Marzo
- Pantitlán
- Santa Marta
- Tláhuac
- Xochimilco
- Huipulco
- San Ángel
- Tacubaya

Existen casos especiales de CETRAM en la periferia como Cuatro Caminos que no se eligió como parte de la red de rutas alimentadoras, ya que se encuentra en el Estado de México y el área de estudio es la Ciudad de México. Situación parecida sucedió con El Rosario y Villa de Aragón, que se encuentran en la CDMX pero sus rutas alimentadoras están en la otra entidad. Otra cosa sucede con los CETRAM Villa de Aragón y Centro Santa Fe, que resultan ser nodos “colgantes” de la red, de tal manera que sus derroteros provienen de otros nodos con rutas alimentadoras.

Se hallaron las siguientes rutas para cada CETRAM propuesto (ver Tabla 12) esta vez fue necesario elegir aquellas rutas que se dirigieran hacia las zonas que conectan, es decir, nodos del norte tienen rutas que van más al norte de la CDMX, con tal de ofrecer mayor conectividad a los habitantes de la capital. También se pueden apreciar en la Figura 33.

Tabla 12. Rutas seleccionadas como alimentadoras

| CETRAM | Número de rutas | CETRAM | Número de rutas |
|----------------|-----------------|-------------|-----------------|
| Politécnico | 4 | Santa Marta | 2 |
| Indios Verdes | 3 | Tláhuac | 2 |
| | | Xochimilco | 4 |
| Martín Carrera | 1 | Huipulco | 11 |
| | | San Ángel | 4 |
| 18 de marzo | 2 | Tacubaya | 7 |
| | | Pantitlán | 13 |

Fuente: Elaboración propia

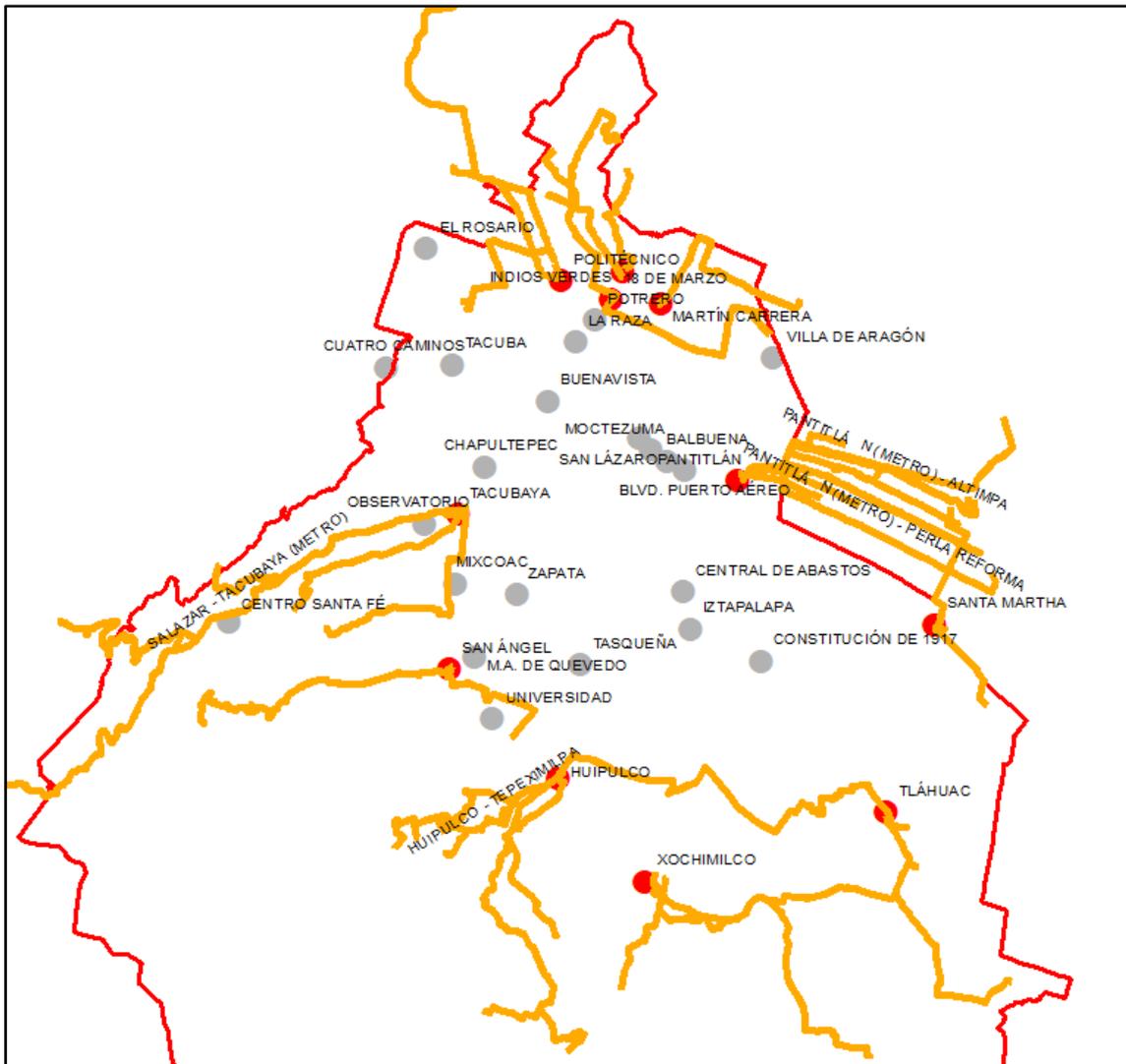


Figura 33. Rutas alimentadoras diseñadas

La propuesta de red de troncales con las rutas alimentadoras se puede ver en la Figura 34 como Red integral de troncales y alimentadores.

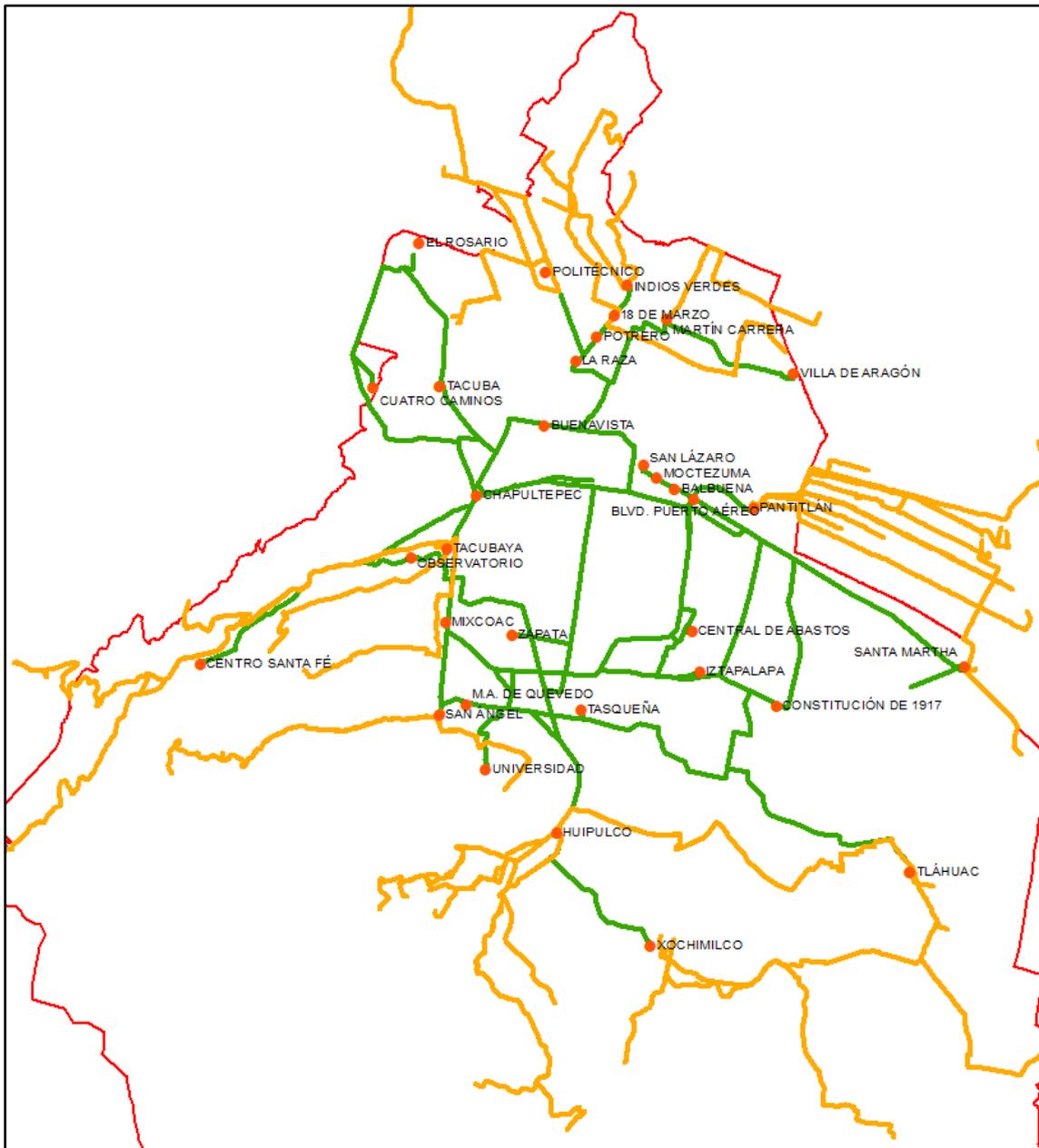


Figura 34. Red integral de troncales y alimentadores

4.3 Partición modal de viajes

Esta etapa consiste en desagregar los viajes por modos de transporte, en este caso ya se sabe que el sistema que se está analizando responde a la oferta de transporte concesionado, por lo tanto, esta etapa consiste en hallar características adecuadas de un sistema de transporte para trasladar los volúmenes de la demanda de viajes, esto radica en el dimensionamiento del sistema y la selección final de este.

4.3.1 Operación del sistema de transporte propuesto

Dada la configuración integral de la red propuesta (Figura 34) y de acuerdo con los resultados del análisis de la EOD 2017 (Figura 2), las líneas de deseo obviamente no tienen un comportamiento similar entre ninguno de los distritos que componen a la CDMX, también es evidente que en la periferia los viajes son mucho menores que en el centro de la ciudad.

Anteriormente, en el capítulo 2, se describió que, para estimar un sistema de cualquier dimensión, primero deben conocerse los volúmenes de pasajeros que usan dichos trayectos, dado que también se propuso una red alimentadora, se deben idear dos modos de transporte para atender tales flujos, pues en las secciones anteriores se determinó que las líneas alimentadoras son regularmente de bajos volúmenes, si se utiliza el mismo tipo de unidades para operar la troncal y los alimentadores, se tendría un exceso de capacidad en la periferia, además, en algunas zonas de la periferia la topología de las demarcaciones incluye pendientes pronunciadas y vialidades de pequeñas dimensiones, esto haría inoperante el servicio en las líneas alimentadoras.

4.3.2 Estimación de la demanda

Los volúmenes de viajes se estimaron usando datos de la Encuesta Origen Destino del STC Metro (EOD STC) que es anterior a la creación de la Línea 12. La estructura de la EOD STC (2007) es una matriz de origen destino agrupada por líneas, de tal manera que se tienen las once líneas de ese entonces con sus respectivas estaciones en las filas, y de la misma manera se encuentran las columnas (Figura 35).

| | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | T | U | V | W | X |
|----|-------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1 | MATRIZ STC | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 1 | 2 |
| 2 | O/D STC | PAN | ZAR | GOM | BOU | BAL | MOC | SLA | CAN | MER | PIN | ISA | SAL | BAD | CUA | INS | SEY | CHP | JNA | TCY | OBS | CCA | PTN |
| 3 | PAN | 0 | 241 | 113 | 224 | 75 | 113 | 130 | 152 | 399 | 335 | 234 | 171 | 187 | 257 | 560 | 450 | 600 | 125 | 188 | 205 | 329 | 30 |
| 4 | ZAR | 85 | 0 | 123 | 166 | 55 | 84 | 125 | 124 | 217 | 385 | 191 | 193 | 184 | 199 | 378 | 277 | 418 | 81 | 157 | 147 | 285 | 17 |
| 5 | GOM | 116 | 32 | 0 | 64 | 46 | 102 | 105 | 68 | 102 | 184 | 89 | 101 | 143 | 104 | 280 | 142 | 256 | 62 | 81 | 151 | 146 | 9 |
| 6 | BOU | 91 | 55 | 16 | 0 | 132 | 132 | 102 | 67 | 98 | 168 | 79 | 79 | 96 | 82 | 198 | 126 | 197 | 62 | 98 | 102 | 96 | 9 |
| 7 | BAL | 77 | 75 | 41 | 86 | 0 | 52 | 24 | 14 | 40 | 66 | 36 | 23 | 30 | 31 | 86 | 67 | 75 | 33 | 33 | 40 | 37 | 5 |
| 8 | MOC | 147 | 115 | 80 | 114 | 45 | 0 | 34 | 47 | 87 | 266 | 65 | 57 | 106 | 53 | 211 | 97 | 128 | 37 | 75 | 84 | 32 | 8 |
| 9 | SLA | 86 | 59 | 12 | 37 | 14 | 12 | 0 | 16 | 56 | 98 | 20 | 25 | 57 | 25 | 116 | 54 | 62 | 17 | 41 | 82 | 64 | 4 |
| 10 | CAN | 272 | 205 | 63 | 82 | 17 | 22 | 32 | 0 | 47 | 66 | 23 | 24 | 24 | 20 | 64 | 38 | 58 | 14 | 23 | 24 | 31 | 1 |
| 11 | MER | 637 | 267 | 70 | 127 | 50 | 43 | 81 | 56 | 0 | 96 | 29 | 85 | 59 | 68 | 155 | 114 | 140 | 51 | 187 | 287 | 176 | 1 |
| 12 | PIN | 255 | 111 | 31 | 93 | 33 | 37 | 38 | 19 | 58 | 0 | 13 | 18 | 24 | 15 | 42 | 27 | 37 | 15 | 24 | 36 | 11 | 1 |
| 13 | ISA | 211 | 107 | 43 | 85 | 43 | 77 | 40 | 21 | 27 | 21 | 0 | 11 | 41 | 23 | 67 | 77 | 115 | 26 | 28 | 24 | 39 | 1 |
| 14 | SAL | 142 | 89 | 34 | 37 | 19 | 29 | 19 | 9 | 26 | 21 | 10 | 0 | 20 | 26 | 46 | 28 | 65 | 11 | 57 | 84 | 15 | 1 |
| 15 | BAD | 73 | 52 | 20 | 45 | 13 | 18 | 14 | 10 | 11 | 12 | 15 | 21 | 0 | 3 | 16 | 12 | 12 | 3 | 8 | 4 | 6 | 1 |
| 16 | CUA | 368 | 171 | 52 | 163 | 77 | 63 | 57 | 28 | 57 | 65 | 52 | 38 | 65 | 0 | 54 | 44 | 70 | 31 | 46 | 47 | 60 | 3 |
| 17 | INS | 446 | 253 | 73 | 212 | 69 | 84 | 105 | 56 | 90 | 90 | 104 | 79 | 106 | 123 | 0 | 129 | 181 | 94 | 135 | 93 | 83 | 9 |
| 18 | SEY | 326 | 105 | 34 | 115 | 41 | 59 | 59 | 27 | 24 | 56 | 32 | 45 | 74 | 38 | 130 | 0 | 33 | 18 | 39 | 39 | 35 | |
| 19 | CHP | 840 | 438 | 138 | 370 | 135 | 179 | 200 | 48 | 123 | 175 | 129 | 131 | 210 | 208 | 463 | 162 | 0 | 14 | 45 | 69 | 53 | |
| 20 | JNA | 72 | 45 | 13 | 28 | 11 | 22 | 27 | 10 | 12 | 8 | 14 | 15 | 22 | 31 | 46 | 30 | 47 | 0 | 9 | 24 | 11 | 1 |
| 21 | TCY | 190 | 139 | 52 | 86 | 38 | 72 | 102 | 40 | 105 | 97 | 56 | 80 | 94 | 115 | 397 | 185 | 435 | 134 | 0 | 55 | 19 | 1 |
| 22 | OBS | 433 | 265 | 75 | 160 | 66 | 113 | 107 | 45 | 269 | 128 | 78 | 91 | 99 | 143 | 302 | 349 | 458 | 112 | 187 | 0 | 55 | 6 |
| 23 | CCA | 329 | 138 | 38 | 128 | 54 | 65 | 94 | 27 | 136 | 13 | 35 | 25 | 21 | 41 | 93 | 25 | 50 | 20 | 14 | 43 | | 62 |
| 24 | PTN | 51 | 19 | 12 | 13 | 8 | 7 | 9 | | 1 | | 1 | 2 | 3 | 6 | 13 | 7 | 4 | 1 | 4 | 3 | 15 | |
| 25 | TAC | 32 | 27 | 3 | 19 | 6 | 9 | 16 | 5 | 22 | 1 | 12 | 14 | 2 | 6 | 10 | 5 | | 3 | 1 | 3 | 300 | 22 |
| 26 | CUI | 48 | 17 | 4 | 28 | 4 | 7 | 10 | 4 | 11 | 2 | 5 | 9 | | 6 | 9 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 143 | 15 |
| 27 | POP | 14 | 12 | 5 | 7 | 4 | 11 | 8 | 1 | 8 | 1 | 3 | 8 | 3 | 4 | 8 | 5 | 2 | 1 | 2 | 3 | 30 | 4 |
| 28 | COL | 38 | 30 | 4 | 19 | 1 | 8 | 13 | 5 | 6 | 2 | 9 | 5 | 3 | 1 | 15 | 9 | 11 | | 2 | 11 | 56 | 8 |
| 29 | MOP | 69 | 46 | 14 | 37 | 10 | 23 | 23 | 12 | 39 | 2 | 20 | 8 | 7 | 20 | 20 | 29 | 8 | 2 | 2 | 17 | 167 | 16 |

Figura 35. Extracto ilustrativo de la EOD STC. Fuente: STC (2007)

En este estudio, se emplean las columnas de la tabla, ya que éstas corresponden a los destinos, es decir, a los puntos en los cuales los usuarios abandonaron el modo metro y continúan con otro modo, dicho volumen es la demanda potencial del servicio, partiendo de los siguientes supuestos:

- El usuario baja en las estaciones que pertenecen a la selección de CETRAM establecida en el procedimiento anterior, pero no es claro si el usuario aborda otra línea (por ejemplo, las estaciones de transbordo como Pantitlán o Tacubaya), por ello se considera un descenso del modo metro.
- El usuario cambia de modo de transporte a colectivo, taxi o a pie, por lo que es una oportunidad para captar tales usuarios proveyéndoles un servicio de capacidad, de ahí que se les considere demanda potencial, ya que puede ser influenciada al ofrecer el atributo que más convenga al usuario.

Anteriormente, se explicó la integración de cuatro CETRAM ficticios que son San Ángel, Santa Fe, Villa de Aragón y Cuatro Caminos, el último sí se encuentra en una estación de metro, mientras que los demás no, así como dos nodos que sí están registrados en el sitio web de CETRAM, estos son Huipulco, Xochimilco y Central de Abastos, para ellos se estableció a la población del distrito como la demanda potencial que a ser servida.

También se contemplaron otros CETRAM que no existían al momento de la elaboración de la EOD STC, particularmente de estaciones de la Línea 12, para ellos se utilizó la afluencia a la estación (datos que se tienen en la página del STC Metro), la Tabla 13 muestra los volúmenes en cada CETRAM.

Tabla 13. Volúmenes de viajes diarios en CETRAM

| | | | |
|-----------------------------|---------|---------------------------|--------|
| PANTILÁN | 347,466 | TLÁHUAC | 46,574 |
| XOCHIMILCO | 118,398 | SAN LÁZARO | 45,591 |
| CENTRO SANTA FÉ | 116,383 | HUIPULCO | 44,133 |
| INDIOS VERDES | 114,724 | TACUBA | 43,918 |
| VILLA DE ARAGÓN | 113,287 | ZAPATA | 40,451 |
| CUATRO CAMINOS | 110,271 | MIXCOAC | 38,576 |
| CENTRAL DE ABASTOS | 100,985 | 18 DE MARZO | 35,282 |
| TACUBAYA | 84,532 | M.A. DE QUEVEDO | 34,905 |
| CONSTITUCIÓN DE 1917 | 84,266 | LA RAZA | 33,492 |
| OBSERVATORIO | 76,871 | SAN ÁNGEL | 32,825 |
| TASQUEÑA | 74,237 | POLITÉCNICO | 32,799 |
| UNIVERSIDAD | 73,993 | BLVD. PUERTO AÉREO | 25,579 |
| BUENAVISTA | 59,929 | SANTA MARTHA | 24,714 |
| CHAPULTEPEC | 55,504 | MOCTEZUMA | 21,418 |
| EL ROSARIO | 53,966 | POTRERO | 19,103 |
| MARTÍN CARRERA | 52,815 | BALBUENA | 12,644 |
| TLÁHUAC | 46,574 | IZTAPALAPA | 10,892 |

Fuente: EOD STC Metro 2007 e INEGI, 2015

La Figura 36 muestra a cada CETRAM con un símbolo de tamaño graduado que incrementa o disminuye su escala dependiendo del número de viajes asignados en cada nodo, es claro que la mayoría de los nodos que son colgantes tienen la mayor demanda de viajes.

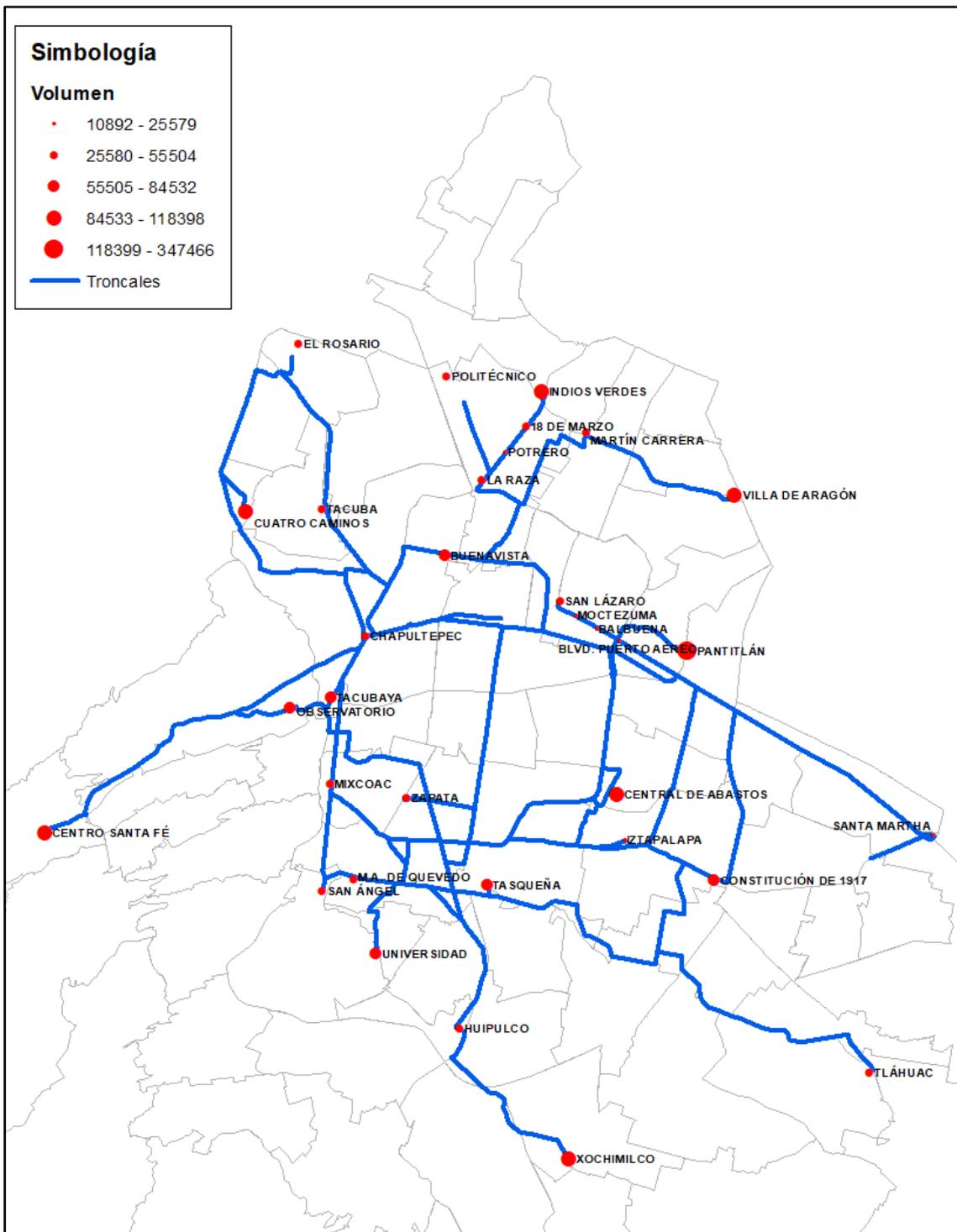


Figura 36. Volúmenes de demanda para la red de rutas troncales

4.3.3 Estimación de la capacidad

Dada la información de la demanda, es posible asignar diversos modos de transporte dependiendo de los volúmenes críticos que requieran moverse. Con la finalidad de planear la capacidad del sistema de transporte, se utilizaron los volúmenes

determinados en la sección anterior en los nomogramas de frecuencia y capacidad, para adecuar los volúmenes de viajes que la red propuesta transporta y la capacidad de las unidades de los modos de transporte que se proponen.

En el capítulo 2 de este trabajo se presentó el proceso en el cual los flujos de usuarios podían usarse para el dimensionamiento de un sistema, una de las condiciones es tratar los datos de manera que cumplan con el formato de intervalos de paso, es decir, en unidades de pasajeros/minuto. De modo que para los volúmenes más bajo y más alto de nuestro estudio (10,892 y 347,466 pasajeros/día, respectivamente), tenemos los siguientes datos:

Tabla 14. Volúmenes críticos para 19 horas de servicio

| Pas/día | Pas/hr | Horas de servicio | Pas/min | Pas/2 min | Pas/ 3 min |
|----------------|---------------|--------------------------|----------------|------------------|-------------------|
| 10,892 | 573 | 19 | 10 | 19 | 29 |
| 347,466 | 18,288 | 19 | 305 | 610 | 914 |

Fuente. Elaboración propia con datos de volúmenes críticos de la Tabla 13

La Tabla 14 muestra los volúmenes inferior y superior con el horario de servicio de 19 horas que corresponde a iniciar operaciones a las 5:00 horas y concluir a las 24:00 horas.

Para utilizar la gráfica de la Guía Técnica de Selección de Vehículos para Transporte Público (2015) fue necesario acondicionar los volúmenes encontrados con velocidades ficticias en hora valle de 25 km/h y en hora de máxima demanda de 13 km/h, posteriormente se ubicó el modo de transporte requerido como se muestra en la Figura 37.

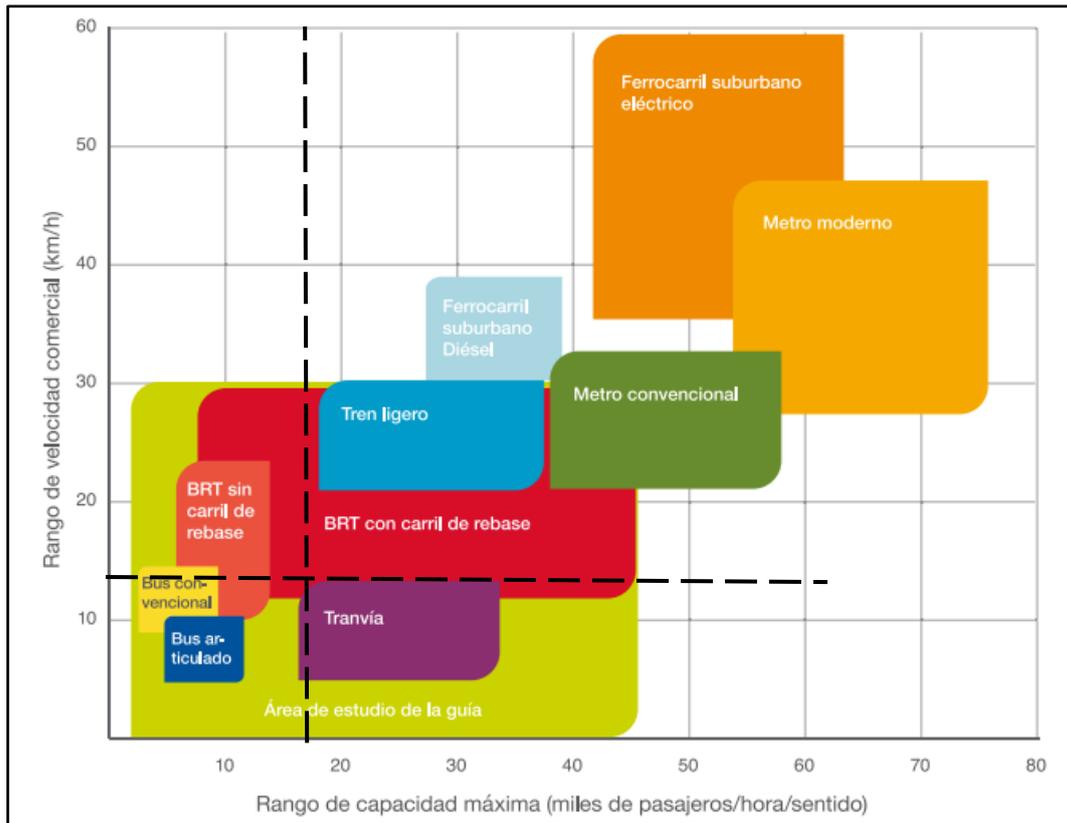


Figura 37. Ubicación del dimensionamiento del sistema, el cruce de las líneas punteadas revela la elección del sistema. Fuente: (CTS EMBARQ México, 2015)

Trazando líneas punteadas en la gráfica de La Figura 37 a los volúmenes con una velocidad en hora de máxima demanda de 13 km/h y 18,288 pas/hora/sentido se obtiene que el modo que debe implementarse con esas condiciones es un BRT con carril de rebase. Otra manera de obtener el modo de transporte es mediante la tabla tomada también de la Guía elaborada por CTS Embarq, se tiene lo que se muestra en la Figura 38.

| Medio empleado | Tecnología | Mínimo | Máximo |
|----------------|---------------------------------|--------|--------|
| Autobuses | Bus convencional | 2,000 | 3,600 |
| | Bus articulado | 5,000 | 11,000 |
| | BRT sin carril rebase | 6,000 | 12,000 |
| | BTR con carril rebase | 9,000 | 45,000 |
| Férreo | Tren ligero | 18,000 | 35,000 |
| | Tranvía | 18,000 | 31,000 |
| | Ferrocarril Suburbano Diésel | 30,000 | 39,000 |
| | Ferrocarril Suburbano Eléctrico | 41,000 | 61,000 |
| | Metro convencional | 38,000 | 59,000 |
| | Metro moderno | 55,000 | 75,000 |

Figura 38. Elección de la tecnología por demanda. Fuente (CTS EMBARQ México, 2015)

Lo que se advierte mediante el uso de las Figuras 37 y 38 es que se tendría un modo de transporte con capacidad de sobra en caso de elegir implementar un BRT con carril de rebase, ya que este tiene capacidad hasta para 45,000 pasajeros por hora mientras que el máximo volumen contemplado por este trabajo es de menos de la mitad de esa capacidad. Es necesario encontrar un modo que medie entre los BRT sin carril de rebase y BRT con carril de rebase, este sería un autobús biarticulado con capacidad para 240 usuarios circulando en una vía sin carril de rebase.

Un servicio de autobús integrado opera en el presente mediante un esquema del tipo BRT, ya que la tendencia es cubrir las necesidades de movilidad con sistemas flexibles que puedan responder a las fluctuaciones de las configuraciones de la red vial. En este sentido, el Institute for Transportation & Development Policy (ITDP, 2010) refiere que un BRT puede llegar a tener una capacidad de 42,000 pasajeros por hora por dirección, cuando al autobús se le dan los privilegios como derecho de paso exclusivo y carriles de rebase. Con un sistema BRT estándar, se tiene una capacidad máxima de alrededor de 13,000 pasajeros, lo cual es muy cercano a los volúmenes del sistema en la configuración del presente estudio.

Según el informe anual de Metrobús (2017), en 2016 la Línea 1 de Metrobús transportó diariamente 393,555 personas utilizando dos modelos de vehículos: articulados con capacidad para 160 pasajeros y biarticulados con capacidad de 240 usuarios y conjuntamente suman 213 unidades (Metrobús, 2016), dicho incremento de la capacidad con unidades que la duplican son las responsables de que la movilización de usuarios de la Línea 1 de Metrobús sea inesperadamente mayor que lo que especifica ITDP.

Esta flexibilidad en el número de usuarios transportados da confiabilidad a la implantación del sistema BRT, ya que, según los datos de intervalos de paso y de volúmenes críticos, la demanda superaba los 13,000 viajes, por lo que un sistema de las dimensiones de Metrobús o uno similar, fácilmente lo puede ofrecer.

4.4 Asignación de viajes

En la etapa de asignación de viajes se deben determinar las rutas por las que se van a movilizar los usuarios, dado que eso es parte de otra de las etapas determinadas en este estudio, en esta se buscó adecuar el sistema de transporte acondicionando las paradas para realizar ascensos o descensos y determinar los parámetros de operación para que con ello se dieran las condiciones con las que los usuarios se transportan en la red.

4.4.1 Determinación y espaciamiento entre paradas

Como primer paso, y debido a que la literatura consultada sobre el distanciamiento entre paradas específica que lo recomendable son 500 metros para zonas urbanas y 700 metros en interurbanas (Vuchic, 2005), aunque toda el área de estudio es zona urbana, se requieren velocidades de operación altas, además no existiría competencia en la zona de implantación por ello se proponen 700 metros de espaciamiento.

Para ubicar las paradas se utilizó un algoritmo que coloca puntos a lo largo de una línea cada determinado número de unidades, en este caso se utilizan metros, y las rutas tienen una longitud expresada en metros también, lo cual facilitó al algoritmo establecer entre cada punto los 700 metros de espaciamiento entre cada parada a lo largo de toda la red. Con este distanciamiento se obtuvieron 325 estaciones como se muestra en la Figura 39:

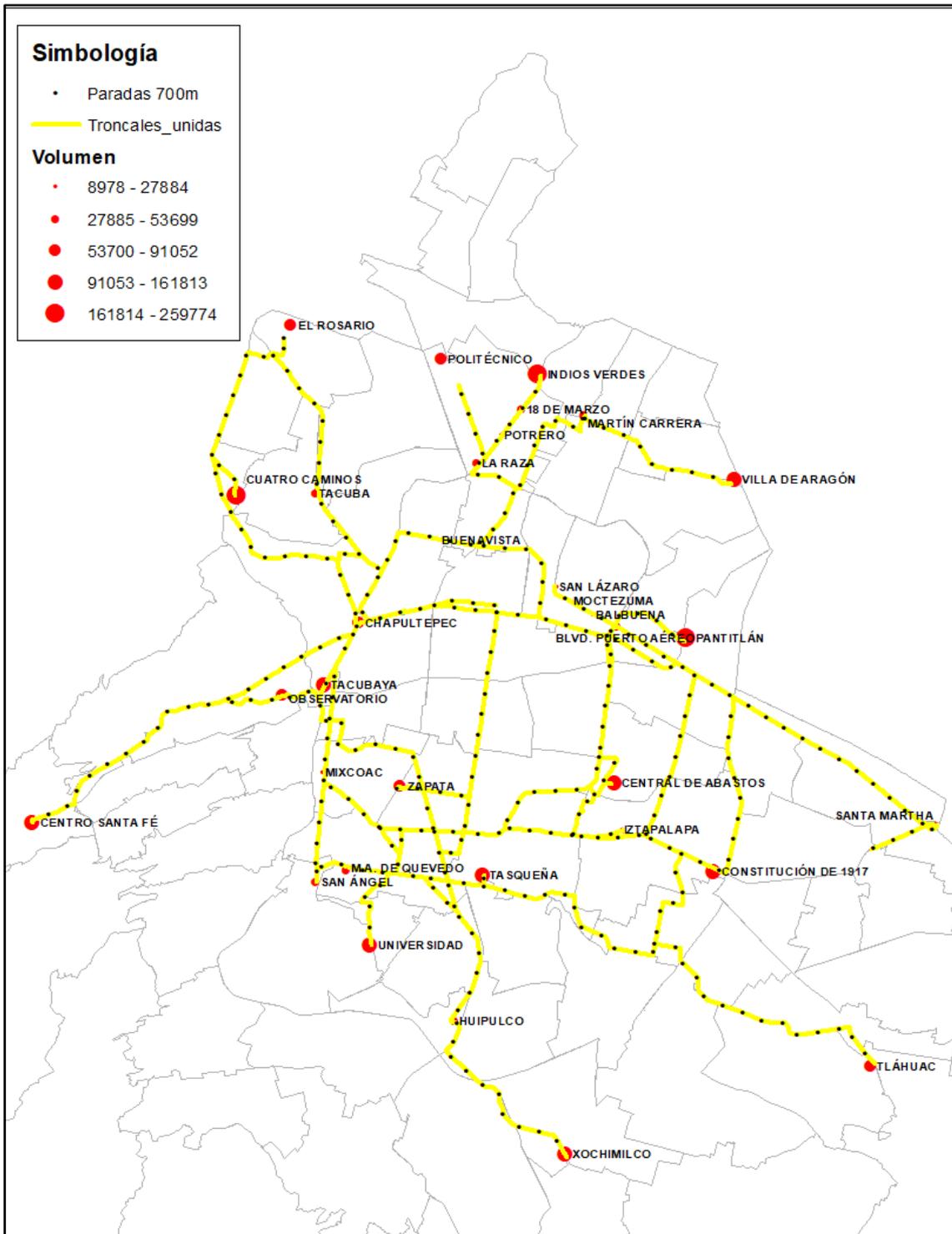


Figura 39. Paradas a lo largo de las troncales propuestas (325 paradas)

Posterior a la propuesta de las 325 paradas a lo largo de la red de rutas troncales, fue necesario hacer que todas las paradas cumplieran con aspectos operativos tales como no encontrarse en medio de un cruce entre dos troncales o con una vialidad, y la redundancia de paradas por encontrarse demasiado cercanas. Una manera de

comprobar que éstas estén justificadas respecto a la cercanía que hay entre sí es el área de cobertura poblacional (utilizando datos del Censo de Población y Vivienda 2010), esto es verificar si las paradas más próximas entre sí tienen densidad de población alta (hay casos con estaciones a poco menos de 70 metros de distancia) se procede a dejarla como se encuentra, en caso contrario se eliminan de la propuesta (ver Figura 40).

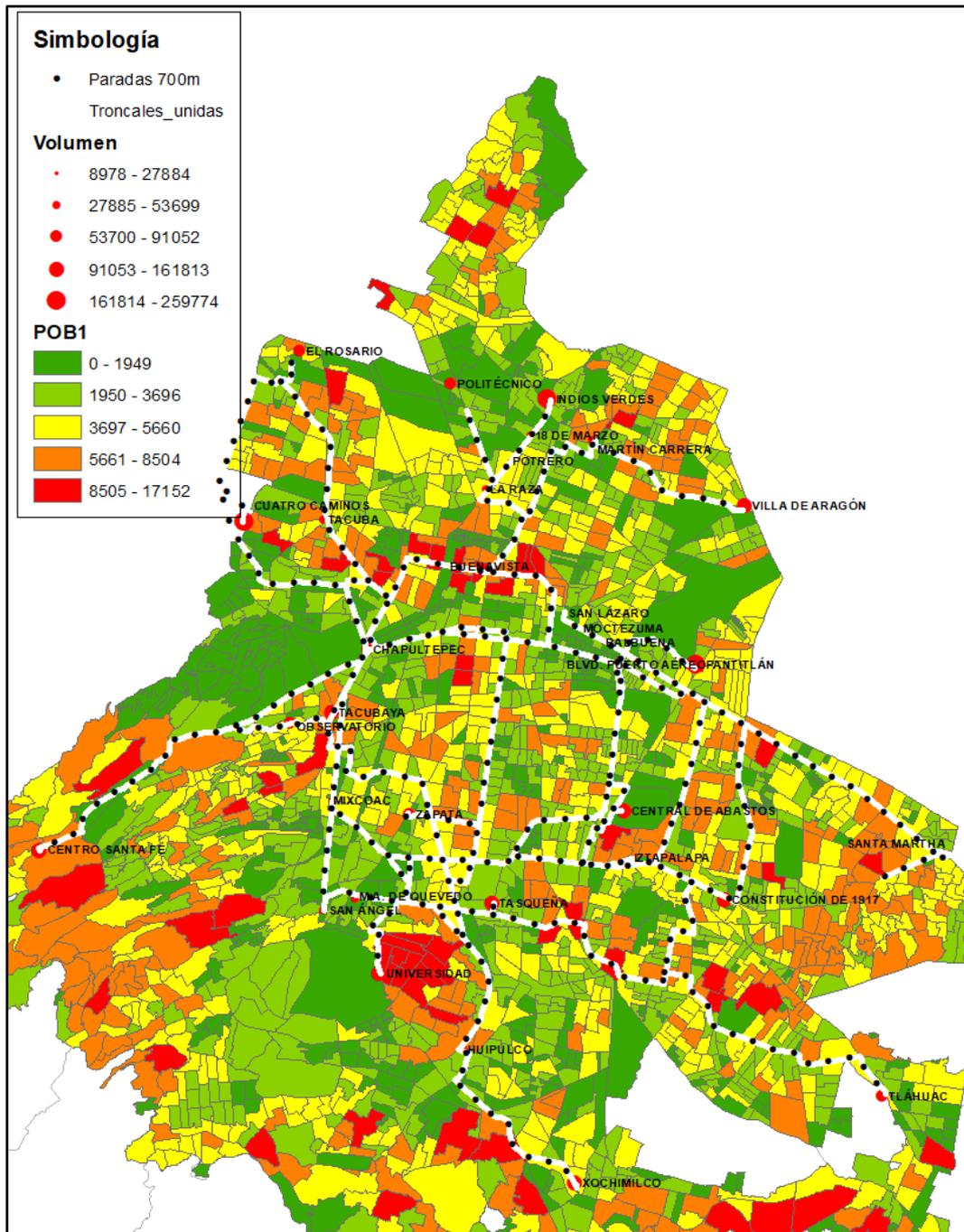


Figura 40. Paradas después de la verificación de aspectos operativos (317 paradas en una red de 226.46 km)

Para obtener el resultado que se muestra en la Figura 40 se utilizó la cobertura de colonias y se les agregó el atributo de población total (verde indica el valor menor y rojo se refiere al mayor valor), y se procedió a verificar paradas cercanas con respecto a la cuenca de servicio de habitantes. Las paradas se redujeron a un total de 317.

4.4.2 Determinación de la frecuencia de paso e intervalos de tiempo

Continuando con el procedimiento de la programación del servicio, (Molinero & Sánchez, 2002) proponen comenzar por la recopilación de datos, la Tabla 15 muestra los datos de la red en general.

Tabla 15. Parámetros de dimensionamiento en la red general

| | |
|--|-------------------------------|
| Longitud de la ruta en una dirección | L=226.46 km |
| Tiempo de recorrido en hora valle (25 km/h) | tr (HMD)= 9.05 h o 543.5 min |
| Tiempo de recorrido en hora pico (13 km/h) | tr (HV)= 17.42 h o 1045.2 min |
| Volumen de diseño | 18,288 usuarios en hora pico |
| Capacidad del vehículo | 240 pasajeros |

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 15, se determinó que las velocidades para las horas en que no hay congestión es de 25 km/h y tiene una duración total de 9.05 horas, mientras que hay 17.42 horas con congestión y circulan a una velocidad de 13 km/h, estas velocidades son ficticias y muy semejantes a la realidad. El volumen de diseño siempre debe ser el mayor flujo y la capacidad está estimada para un vehículo biarticulado con capacidad para 240 pasajeros.

La red de rutas troncales propuesta tiene una extensión de 226.46 km en total, para facilitar la obtención de las políticas y sus parámetros de operación se dividió la red en tramos troncales formando nuevas rutas, pero siendo éstas afectadas por los volúmenes de usuarios actuales en cada CETRAM ya que de esta manera se puede tener control de cada una de las rutas pues son más cortas y así las frecuencias se adecuan a cada tramo de red. El diseño de las rutas troncales se muestra en la Figura 41.

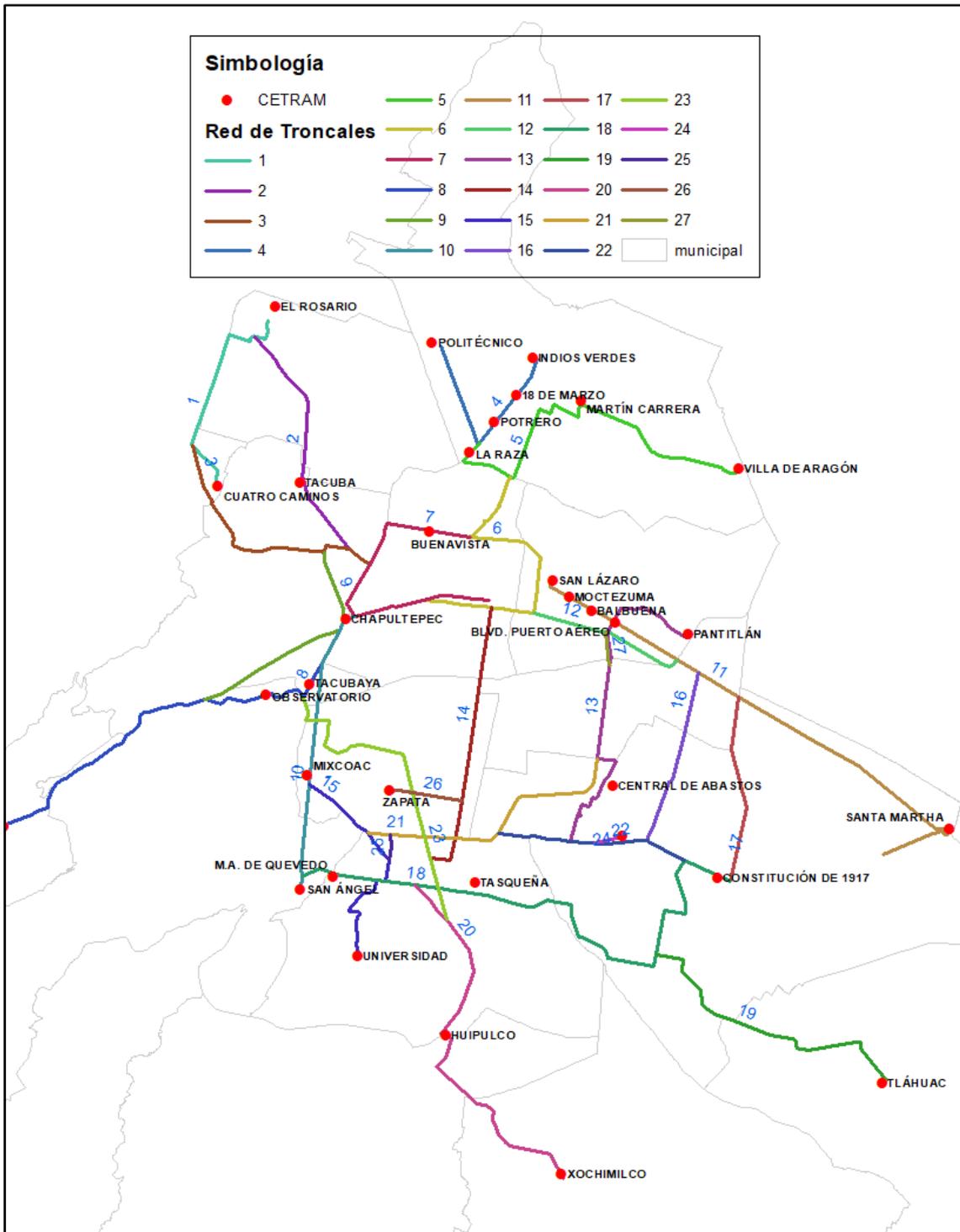


Figura 41. Separación de troncales para su correcto estudio

Del seccionamiento de la red troncal en tramos de rutas se obtuvieron 27 ramas troncales interconectadas entre sí, se requiere calcular de manera detallada los parámetros de operación para cada ramal troncal.

Tabla 16. Factores operativos por tramo de troncal para la programación del servicio

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|------------|----------------|-----------------|---------|----------------|-----------------|---------------|----|-----------------|
| Troncal | Long km | tr(HV) km/h | tr(HMD) km/h | Volumen | Vol. Diseño | Cap Vehículo | Fact. Ocup | tt | I |
| | L | 25 | 13 | V | P | Cv | a | | $i=(60*a*Cv)/P$ |
| 1 | 7.27 | 17.44 | 33.54 | 110271 | 5803.74 | 240 | 0.7 | 6 | 1.74 |
| 2 | 7.90 | 18.95 | 36.44 | 53966 | 2840.32 | 240 | 0.7 | 6 | 3.55 |
| 3 | 8.32 | 19.97 | 38.40 | 110271 | 5803.74 | 240 | 0.7 | 6 | 1.74 |
| 4 | 6.66 | 15.97 | 30.72 | 114724 | 6038.11 | 240 | 0.7 | 6 | 1.67 |
| 5 | 12.48 | 29.96 | 57.61 | 113287 | 5962.47 | 240 | 0.7 | 6 | 1.69 |
| 6 | 10.22 | 24.52 | 47.16 | 113287 | 5962.47 | 240 | 0.7 | 6 | 1.69 |
| 7 | 10.41 | 24.99 | 48.06 | 59929 | 3154.16 | 240 | 0.7 | 6 | 3.20 |
| 8 | 12.92 | 31.00 | 59.62 | 116383 | 6125.42 | 240 | 0.7 | 6 | 1.65 |
| 9 | 7.47 | 17.94 | 34.49 | 110271 | 5803.74 | 240 | 0.7 | 6 | 1.74 |
| 10 | 9.19 | 22.06 | 42.43 | 55504 | 2921.26 | 240 | 0.7 | 6 | 3.45 |
| 11 | 17.60 | 42.25 | 81.25 | 45591 | 2399.53 | 240 | 0.7 | 6 | 4.20 |
| 12 | 5.00 | 11.99 | 23.06 | 45591 | 2399.53 | 240 | 0.7 | 6 | 4.20 |
| 13 | 11.36 | 27.27 | 52.44 | 347466 | 18287.68 | 240 | 0.7 | 6 | 0.55 |
| 14 | 8.78 | 21.08 | 40.55 | 59929 | 3154.16 | 240 | 0.7 | 6 | 3.20 |
| 15 | 7.74 | 18.58 | 35.72 | 73993 | 3894.37 | 240 | 0.7 | 6 | 2.59 |
| 16 | 5.66 | 13.58 | 26.11 | 45591 | 2399.53 | 240 | 0.7 | 6 | 4.20 |
| 17 | 6.03 | 14.46 | 27.81 | 45591 | 2399.53 | 240 | 0.7 | 6 | 4.20 |
| 18 | 18.47 | 44.33 | 85.25 | 84266 | 4435.05 | 240 | 0.7 | 6 | 2.27 |
| 19 | 9.54 | 22.90 | 44.04 | 84266 | 4435.05 | 240 | 0.7 | 6 | 2.27 |
| 20 | 12.93 | 31.02 | 59.66 | 118398 | 6231.47 | 240 | 0.7 | 6 | 1.62 |
| 21 | 8.82 | 21.16 | 40.69 | 100985 | 5315.00 | 240 | 0.7 | 6 | 1.90 |
| 22 | 6.12 | 14.68 | 28.23 | 84266 | 4435.05 | 240 | 0.7 | 6 | 2.27 |
| 23 | 10.41 | 24.99 | 48.06 | 84532 | 4449.05 | 240 | 0.7 | 6 | 2.27 |
| 24 | 0.90 | 2.16 | 4.14 | 10892 | 573.26 | 240 | 0.7 | 6 | 17.58 |
| 25 | 0.84 | 2.02 | 3.88 | 100985 | 5315.00 | 240 | 0.7 | 6 | 1.90 |
| 26 | 2.53 | 6.07 | 11.67 | 40451 | 2129.00 | 240 | 0.7 | 6 | 4.73 |
| 27 | 1.09 | 2.61 | 5.02 | 45591 | 2399.53 | 240 | 0.7 | 6 | 4.20 |

Fuente. Elaboración propia con datos de la Tabla 15.

Los números en el encabezado de la Tabla 16 servirán para explicar lo que corresponden cada una de las columnas:

- (1) El número de la troncal, que en la Figura 41 pueden diferenciarse por colores.
- (2) Es la longitud del nuevo tramo de troncal, está expresado en kilómetros.
- (3) Se refiere al tiempo de recorrido en un sentido en hora valle, es decir, a una velocidad de 25 km/h.

- (4) Se refiere al tiempo de recorrido en un sentido en hora de máxima demanda, considerando una velocidad de 13 km/h.
- (5) Es el volumen máximo visto en dicha troncal, en algunos se repiten porque el anterior CETRAM tiene fuerte influencia en esa troncal.
- (6) Es el volumen que se presenta en la sección de máxima demanda de una ruta, consiste en usar el volumen de la columna (5) y dividirlo entre las 19 horas de servicio de toda la red, está expresado en pas/h.
- (7) La capacidad del vehículo fue considerada tomando en cuenta los autobuses doblemente articulados para tener intervalos aceptables de despacho, para tales autobuses se tiene capacidad para 240 pasajeros.
- (8) El factor de ocupación del vehículo se fijó en 70%, esta es una recomendación hallada en la literatura. Siendo una característica del nivel de servicio permite que las unidades no se dañen si circulan al máximo de su capacidad.
- (9) El tiempo en terminal es el lapso que utiliza el operador para descansar, debe establecerse en el contrato colectivo de trabajo, para este trabajo se estableció en 6 minutos, pues en sistemas que operan en la actualidad este tiempo es de 7 a 8 minutos.
- (10) Indica el intervalo de servicio o tiempo entre dos salidas sucesivas de vehículos cálculo del intervalo de servicio para cada tramo de troncal. El usuario se interesa en que este tiempo sea el menor posible, mientras que el operador prefiere tiempos más largos con unidades grandes que le traerá un costo operativo menor.

De esta manera los intervalos de servicio de las unidades de transporte de las diversas rutas troncales parecen ofrecer tiempos similares, con excepción de la troncal 13 que parte del CETRAM Pantitlán y que muestra el mayor volumen en toda la red; y la troncal 24 que no obstante su longitud, su volumen de diseño es relativamente bajo con lo que ofrece tiempos de servicio de más de 15 minutos, probablemente esa troncal pueda servir solo de auxiliar en caso de congestión.

La Tabla 17 proporciona otros parámetros operativos que determinan el nivel de servicio en términos de velocidades comerciales y tiempos de ciclo en cada ruta de la troncal.

Tabla 17. Valores operativos por tramo de troncal para diseño

| 1 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---------|------------|-------------|--------|----------|-------------|-------------|-----------|------------|------------|------------|
| Troncal | T.ciclo HV | T.ciclo HMD | Uni.HV | Uni. HMD | T.ciclo nvo | T.ciclo nvo | tt HV Nvo | tt HMD Nvo | Vel. comer | Vel. comer |
| 1 | 46.88 | 79.08 | 27 | 46 | 46.88 | 79.08 | 6 | 6 | 18.60 | 11.03 |
| 2 | 49.90 | 84.89 | 14 | 24 | 49.90 | 84.89 | 6 | 6 | 18.99 | 11.16 |
| 3 | 51.94 | 88.81 | 30 | 51 | 51.94 | 88.81 | 6 | 6 | 19.22 | 11.24 |
| 4 | 43.95 | 73.44 | 26 | 44 | 43.95 | 73.44 | 6 | 6 | 18.17 | 10.88 |
| 5 | 71.92 | 127.23 | 43 | 75 | 71.92 | 127.23 | 6 | 6 | 20.83 | 11.77 |
| 6 | 61.05 | 106.32 | 36 | 63 | 61.05 | 106.32 | 6 | 6 | 20.09 | 11.53 |
| 7 | 61.98 | 108.12 | 19 | 34 | 61.98 | 108.12 | 6 | 6 | 20.16 | 11.56 |
| 8 | 74.00 | 131.24 | 45 | 80 | 74.00 | 131.24 | 6 | 6 | 20.95 | 11.81 |
| 9 | 47.87 | 80.98 | 28 | 47 | 47.87 | 80.98 | 6 | 6 | 18.73 | 11.07 |
| 10 | 56.13 | 96.86 | 16 | 28 | 56.13 | 96.86 | 6 | 6 | 19.66 | 11.39 |
| 11 | 96.50 | 174.51 | 23 | 42 | 96.50 | 174.51 | 6 | 6 | 21.89 | 12.11 |
| 12 | 35.98 | 58.12 | 9 | 14 | 35.98 | 58.12 | 6 | 6 | 16.66 | 10.32 |
| 13 | 66.54 | 116.88 | 121 | 212 | 66.54 | 116.88 | 6 | 6 | 20.49 | 11.67 |
| 14 | 54.17 | 93.09 | 17 | 29 | 54.17 | 93.09 | 6 | 6 | 19.46 | 11.32 |
| 15 | 49.15 | 83.44 | 19 | 32 | 49.15 | 83.44 | 6 | 6 | 18.90 | 11.13 |
| 16 | 39.16 | 64.23 | 9 | 15 | 39.16 | 64.23 | 6 | 6 | 17.34 | 10.57 |
| 17 | 40.93 | 67.63 | 10 | 16 | 40.93 | 67.63 | 6 | 6 | 17.67 | 10.69 |
| 18 | 100.65 | 182.49 | 44 | 80 | 100.65 | 182.49 | 6 | 6 | 22.02 | 12.15 |
| 19 | 57.80 | 100.08 | 25 | 44 | 57.80 | 100.08 | 6 | 6 | 19.81 | 11.44 |
| 20 | 74.05 | 131.32 | 46 | 81 | 74.05 | 131.32 | 6 | 6 | 20.95 | 11.81 |
| 21 | 54.32 | 93.38 | 29 | 49 | 54.32 | 93.38 | 6 | 6 | 19.48 | 11.33 |
| 22 | 41.36 | 68.46 | 18 | 30 | 41.36 | 68.46 | 6 | 6 | 17.75 | 10.72 |
| 23 | 61.98 | 108.12 | 27 | 48 | 61.98 | 108.12 | 6 | 6 | 20.16 | 11.56 |
| 24 | 16.31 | 20.29 | 1 | 1 | 16.31 | 20.29 | 6 | 6 | 6.61 | 5.31 |
| 25 | 16.03 | 19.75 | 8 | 10 | 16.03 | 19.75 | 6 | 6 | 6.29 | 5.10 |
| 26 | 24.14 | 35.34 | 5 | 7 | 24.14 | 35.34 | 6 | 6 | 12.57 | 8.59 |
| 27 | 17.22 | 22.03 | 4 | 5 | 17.22 | 22.03 | 6 | 6 | 7.58 | 5.92 |
| | | | 700 | 1208 | | | | | | |

Fuente. Elaboración propia con datos provenientes de la Tabla 16.

En la Tabla 17 también se tienen encabezados enumerados, su significado se describe a continuación.

- (11) Se refiere al tiempo de ciclo en hora valle, es decir, sin congestión, esto fue posible sumando el tiempo de recorrido en hora valle, más el tiempo en terminal y multiplicarlo por 2 (por ambos sentidos).
- (12) El procedimiento es semejante al de la columna (11), pero se usa el tiempo de recorrido en hora de máxima demanda y sumándolo con el tiempo en terminal multiplicado por dos.
- (13) En esta columna se calculó el número de unidades en hora valle. Se obtuvieron luego de dividir el tiempo de ciclo en hora valle entre el intervalo calculado.
- (14) El cálculo de la fórmula de esta columna es similar a la de la columna (13) pero se utilizó el tiempo de ciclo en hora de máxima demanda y se dividió entre el tiempo de intervalo calculado.
- (15) Debido al hallazgo del número de unidades, se requirió calcular nuevamente el tiempo de ciclo en hora valle, se obtuvo multiplicando el número de unidades en hora valle por el intervalo calculado.
- (16) El tiempo de ciclo en hora de máxima demanda ajustado, se obtuvo multiplicando el número de unidades en hora de máxima demanda por el intervalo calculado para cada tramo de troncal.
- (17) El tiempo en terminal en hora valle ajustado se obtuvo de restarle al tiempo de ciclo en hora valle dos veces el tiempo de recorrido y posteriormente se dividió entre dos.
- (18) El tiempo en terminal en hora de máxima demanda se obtuvo de restar el tiempo de ciclo en hora de máxima demanda el tiempo de recorrido en hora de máxima demanda multiplicado por dos y luego a ese resultado dividirlo entre dos. Se obtuvieron los mismos resultados que inicialmente se tenían.
- (19) La velocidad comercial a la que se desplazan los vehículos ajustándola con el nuevo tiempo de ciclo, se obtuvo de multiplicar la longitud de la troncal por 2 veces la conversión a minutos (multiplicar por 120) entre el tiempo de ciclo en hora valle.
- (20) Se ejecutó el mismo procedimiento que en la columna (19), pero se dividió entre el tiempo de ciclo en hora de máxima demanda, es decir, congestionado.

La suma de la cantidad de vehículos de las columnas (13) y (14) para las 27 rutas troncales arrojó que se requieren 700 vehículos con capacidad para 240 pasajeros en horas valle y 1,208 vehículos para hacerlo en las horas de máxima demanda con vehículos de la misma capacidad.

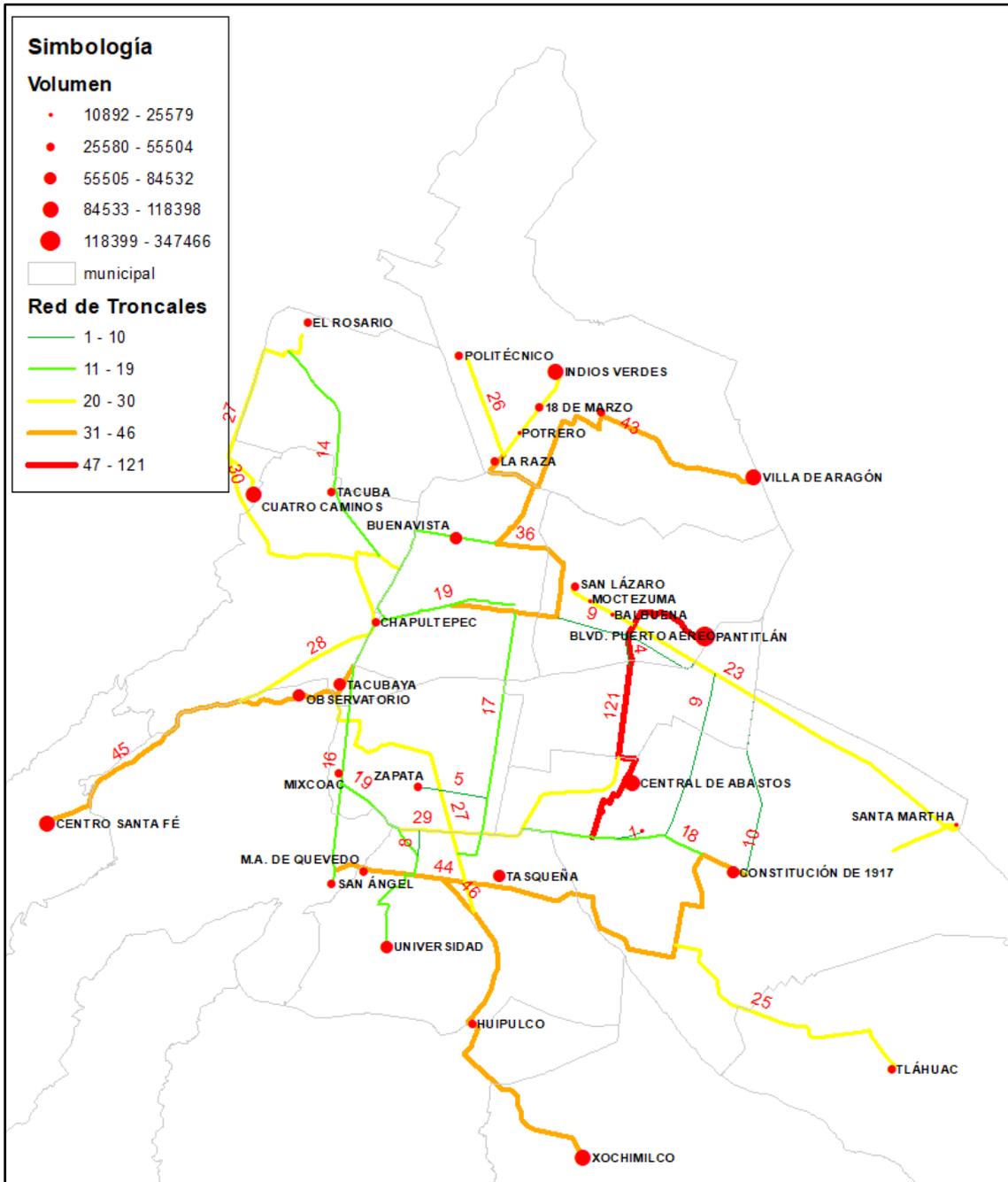


Figura 42. Número de vehículos en hora valle en los tramos de troncal.

La Figura 42 y la Figura 43 representan gráficamente el flujo de vehículos dependiendo el volumen presente, de manera que se muestran en hora valle y hora

de máxima demanda, el color rojo indica los tramos de troncal con el mayor número de unidades, éstos son los que provienen del metro Pantitlán, mientras que los menores se muestran en verde oscuro y son los tramos de la red troncal que se pueden utilizar como auxiliares.

La diferencia entre ambas imágenes es que se requieren un mayor número de unidades para servir en las horas de máxima demanda, y este número de unidades puede ser casi del doble.

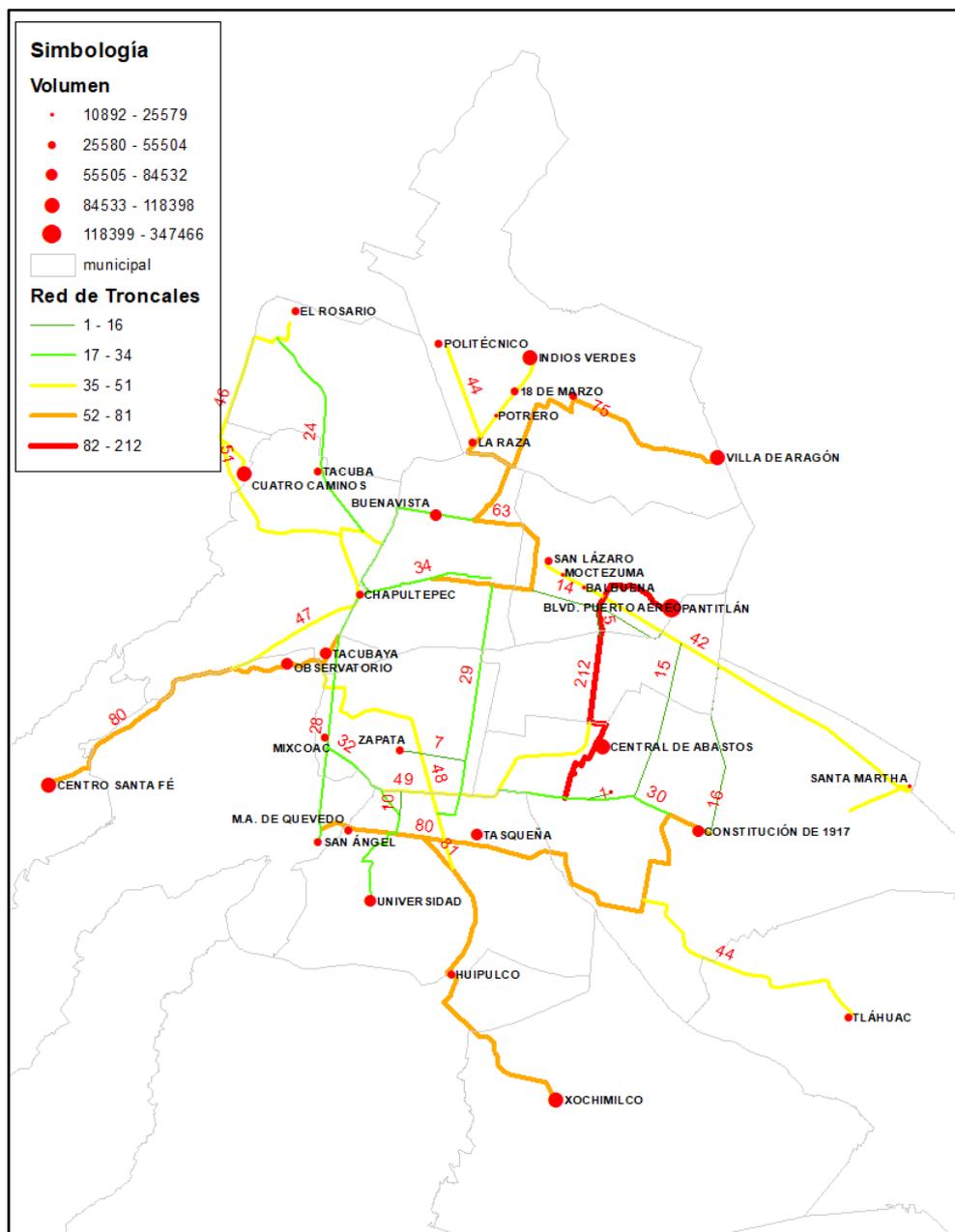


Figura 43. Número de vehículos requeridos en hora de máxima demanda para los tramos de troncal

4.4.3 Velocidades de operación

Tomando información de las columnas (19) y (20) de la Tabla 17, las velocidades en hora valle irían de los 6.29 a los 22.02 km/h operando en promedio en 17.82 km/h, y de los 5.1 a los 12.14 km/h en hora de máxima demanda con un promedio en total de 10.56 km/h.

Regularmente se debe diseñar con los máximos flujos (la hora de máxima demanda) para asegurar que los usuarios sean atendidos, por consiguiente, la Figura 44 representa las velocidades en horas de máxima demanda, las distintas coloraciones y el grosor de los tramos indican las mayores y menores velocidades respectivamente. Para este caso, el color azul que también es el tramo más grueso corresponde a las partes donde la velocidad va de los 11.5 a los 12.14 km/h, mientras que los tramos de color amarillo claro representan velocidades de menos de la mitad de las primeras (5.10 a 5.91 km/h) y también son las menores de la escala correspondientes a los tramos auxiliares.

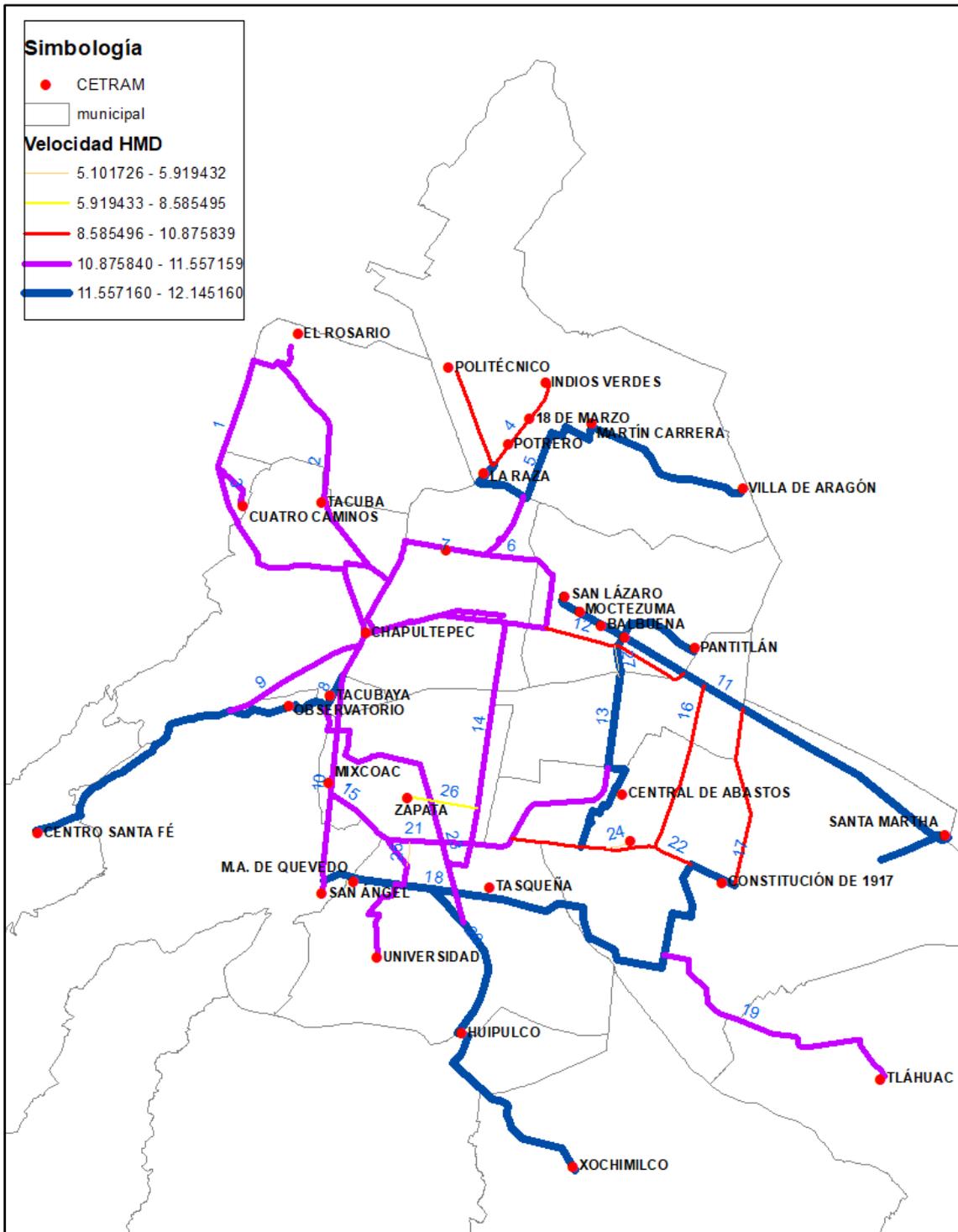


Figura 44. Velocidad comercial en Horas de Máxima Demanda en la red.

Los tiempos de ciclo son directamente proporcionales a la longitud de la troncal, pues los tramos más largos son los que presentan tiempos de hasta dos horas en el circuito, esto es claro al ver la Figura 44 donde la troncal 18 que va de San Ángel hasta el Metro Constitución de 1917 y consta de 18.47 km, presenta un tiempo de ciclo de

182.49 minutos o 3 horas y 2 minutos a una velocidad comercial de 12.15 km/h en hora de máxima demanda.

Posterior al reacomodo de los nuevos tramos troncales, es necesario considerar las paradas y las estaciones de transbordo entre las troncales, de tal manera que incrementa el número de estaciones porque es necesario colocar paradas en transbordos en donde existen intersecciones entre rutas, como se muestra en la siguiente Figura 45.

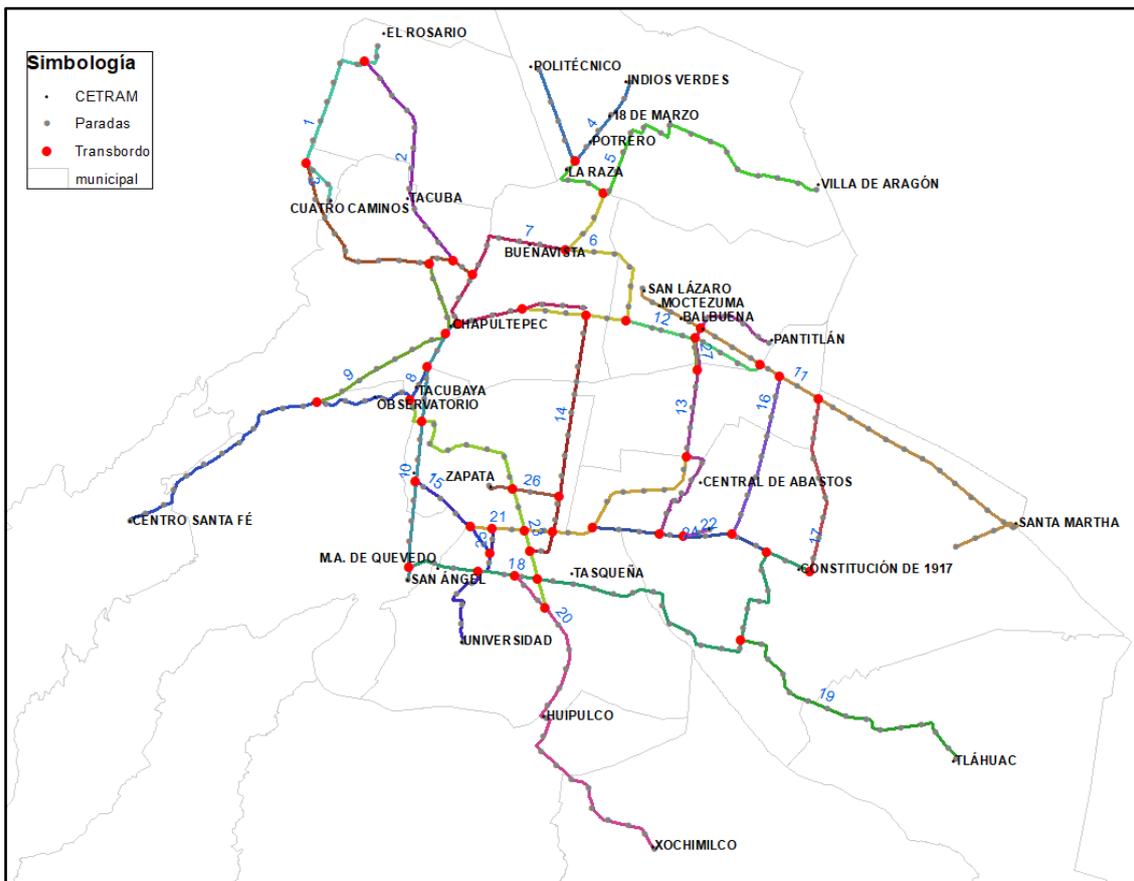


Figura 45. Tramos troncales con sus respectivas paradas

En la Figura 45 los puntos grises son las paradas de paso, y los puntos rojos son paradas de transbordos entre los tramos de troncal existentes, un total de 329 puntos de parada componen la red, siendo 45 de éstas, estaciones de transbordo, funcionando algunas también como terminales. Todas las estaciones de transbordo se comparten entre dos tramos. Una propuesta más allá del alcance de este trabajo podría determinar si varias estaciones que se encuentran muy cercanas entre sí

tienen posibilidad de fusionarse en una cantidad menor, particularmente las que se encuentran en la zona sur.

El tiempo de las demoras en ascensos y descensos no se consideró en el tratamiento que se detalló en la Tabla 16 y la Tabla 17, pero se obtienen mejores resultados o al menos más reales; las demoras por cruceros o semáforos no se consideraron pues no se realizó un levantamiento de semáforos en los tramos de troncal. Considerando entonces el tiempo de ascensos y descensos (suponiendo que el autobús se detiene en cada parada a la vez y que le toma 9.8 segundos abrir sus puertas, cerrarlas y avanzar según datos cronometrados por usuarios de Metrobús), se tiene la Tabla 18:

Tabla 18. Tiempo de paradas suponiendo que el autobús se detiene en todas las estaciones

| Troncal | Long km | N (HV) | N (HMD) | Tc HV | Tc HMD | Vel. HV comercial | Vel. HMD comercial | No. Paradas | T. Paradas |
|---------|---------|--------|---------|--------|--------|-------------------|--------------------|-------------|------------|
| 1 | 7.27 | 27 | 46 | 46.88 | 79.08 | 18.60 | 11.03 | 11 | 1.80 |
| 2 | 7.90 | 14 | 24 | 49.90 | 84.89 | 18.99 | 11.16 | 10 | 1.63 |
| 3 | 8.32 | 30 | 51 | 51.94 | 88.81 | 19.22 | 11.24 | 11 | 1.80 |
| 4 | 6.66 | 26 | 44 | 43.95 | 73.44 | 18.17 | 10.88 | 9 | 1.47 |
| 5 | 12.48 | 43 | 75 | 71.92 | 127.23 | 20.83 | 11.77 | 18 | 2.94 |
| 6 | 10.22 | 36 | 63 | 61.05 | 106.32 | 20.09 | 11.53 | 11 | 1.80 |
| 7 | 10.41 | 19 | 34 | 61.98 | 108.12 | 20.16 | 11.56 | 14 | 2.29 |
| 8 | 12.92 | 45 | 80 | 74.00 | 131.24 | 20.95 | 11.81 | 18 | 2.94 |
| 9 | 7.47 | 28 | 47 | 47.87 | 80.98 | 18.73 | 11.07 | 9 | 1.47 |
| 10 | 9.19 | 16 | 28 | 56.13 | 96.86 | 19.66 | 11.39 | 9 | 1.47 |
| 11 | 17.60 | 23 | 42 | 96.50 | 174.51 | 21.89 | 12.11 | 24 | 3.92 |
| 12 | 5.00 | 9 | 14 | 35.98 | 58.12 | 16.66 | 10.32 | 6 | 0.98 |
| 13 | 11.36 | 121 | 212 | 66.54 | 116.88 | 20.49 | 11.67 | 15 | 2.45 |
| 14 | 8.78 | 17 | 29 | 54.17 | 93.09 | 19.46 | 11.32 | 11 | 1.80 |
| 15 | 7.74 | 19 | 32 | 49.15 | 83.44 | 18.90 | 11.13 | 10 | 1.63 |
| 16 | 5.66 | 9 | 15 | 39.16 | 64.23 | 17.34 | 10.57 | 7 | 1.14 |
| 17 | 6.03 | 10 | 16 | 40.93 | 67.63 | 17.67 | 10.69 | 8 | 1.31 |
| 18 | 18.47 | 44 | 80 | 100.65 | 182.49 | 22.02 | 12.15 | 22 | 3.59 |
| 19 | 9.54 | 25 | 44 | 57.80 | 100.08 | 19.81 | 11.44 | 14 | 2.29 |
| 20 | 12.93 | 46 | 81 | 74.05 | 131.32 | 20.95 | 11.81 | 18 | 2.94 |
| 21 | 8.82 | 29 | 49 | 54.32 | 93.38 | 19.48 | 11.33 | 8 | 1.31 |
| 22 | 6.12 | 18 | 30 | 41.36 | 68.46 | 17.75 | 10.72 | 6 | 0.98 |
| 23 | 10.41 | 27 | 48 | 61.98 | 108.12 | 20.16 | 11.56 | 9 | 1.47 |
| 24 | 0.90 | 1 | 1 | 16.31 | 20.29 | 6.61 | 5.31 | 2 | 0.33 |
| 25 | 0.84 | 8 | 10 | 16.03 | 19.75 | 6.29 | 5.10 | 1 | 0.16 |
| 26 | 2.53 | 5 | 7 | 24.14 | 35.34 | 12.57 | 8.59 | 2 | 0.33 |
| 27 | 1.09 | 4 | 5 | 17.22 | 22.03 | 7.58 | 5.92 | 1 | 0.16 |

Fuente. Elaboración propia.

Es evidente en la Tabla 18, que a mayor longitud, mayor tiempo de ciclo y mayor número de paradas y por tanto de tiempo en el ciclo, tal es el caso de la troncal 18 que tiene 18.47 km/h y 22 paradas, que ocupan un tiempo de ciclo de 182.49 minutos, más los 3.59 minutos en total de detención en estaciones resulta un total de 186.08 minutos, y esto considerando un tiempo de apertura de puertas de 9.8 segundos visto en sistemas de transporte actuales como Metrobús.

CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para mostrar la factibilidad de la propuesta, en lo consecutivo se analizan ejemplos de rutas troncales de la red contrastados con corredores de empresas de transporte que operan actualmente, el objetivo es comparar sus velocidades, el largo de sus rutas y otros parámetros de operación.

Se buscaron corredores que proporcionan servicio similar a las troncales diseñadas porque no se considera preciso comparar otros modos de transporte (como microbuses) pues no tienen las mismas características de operación, es decir, los corredores de transporte se comportan como sistemas BRT, lo que los hace propicios para equipararse con el diseño de la red de rutas troncales propuesta.

5.1 Comparativas operativas entre rutas de la red troncal propuesta y corredores de transporte

Para este caso, se propusieron cuatro puntos de análisis en particular para conocer las velocidades y los intervalos en los que opera el servicio de transporte. Se buscaron corredores de transporte que tuvieran orígenes y destinos similares a los de los CETRAM de este estudio, por dicha característica, se eligieron los siguientes:

- Metro Chapultepec a San Ángel
- Bosques de Aragón a Metro Potrero
- Bosques de las Lomas a Metro Chapultepec
- Buenavista a Metro Cuatro Caminos

Entre estos puntos seleccionados, solo un corredor que se requiere comparar resultó ser muy similar a un tramo de troncal de diseño (Metro Chapultepec a San Ángel), es decir, que tanto como el corredor de transporte como la ruta de la red troncal de la propuesta tienen los mismos orígenes y destinos; los otros tres se componen de tramos de troncal, aclarado esto se procede a explicar cada uno de los casos.

El objetivo de comparar los parámetros de operación de los corredores no es denostarlos, si no demostrar que ordenando el transporte público (como se hace con la propuesta) se obtienen parámetros operativos que mejoran una situación que en esencia ya está ordenada (por ser corredores de transporte).

Metro Chapultepec a San Ángel

Para este par de puntos, se tiene especialmente una troncal con el mismo origen y destino, esta es la Troncal 10 (ver Figura 47). Se consideró un recorrido en hora de máxima demanda utilizando un sistema de búsqueda de ruta rápida como lo hace el servicio en línea de Google Maps (2018), de modo que se obtiene lo siguiente en la Figura 46 y Figura 47 y en la Tabla 19:

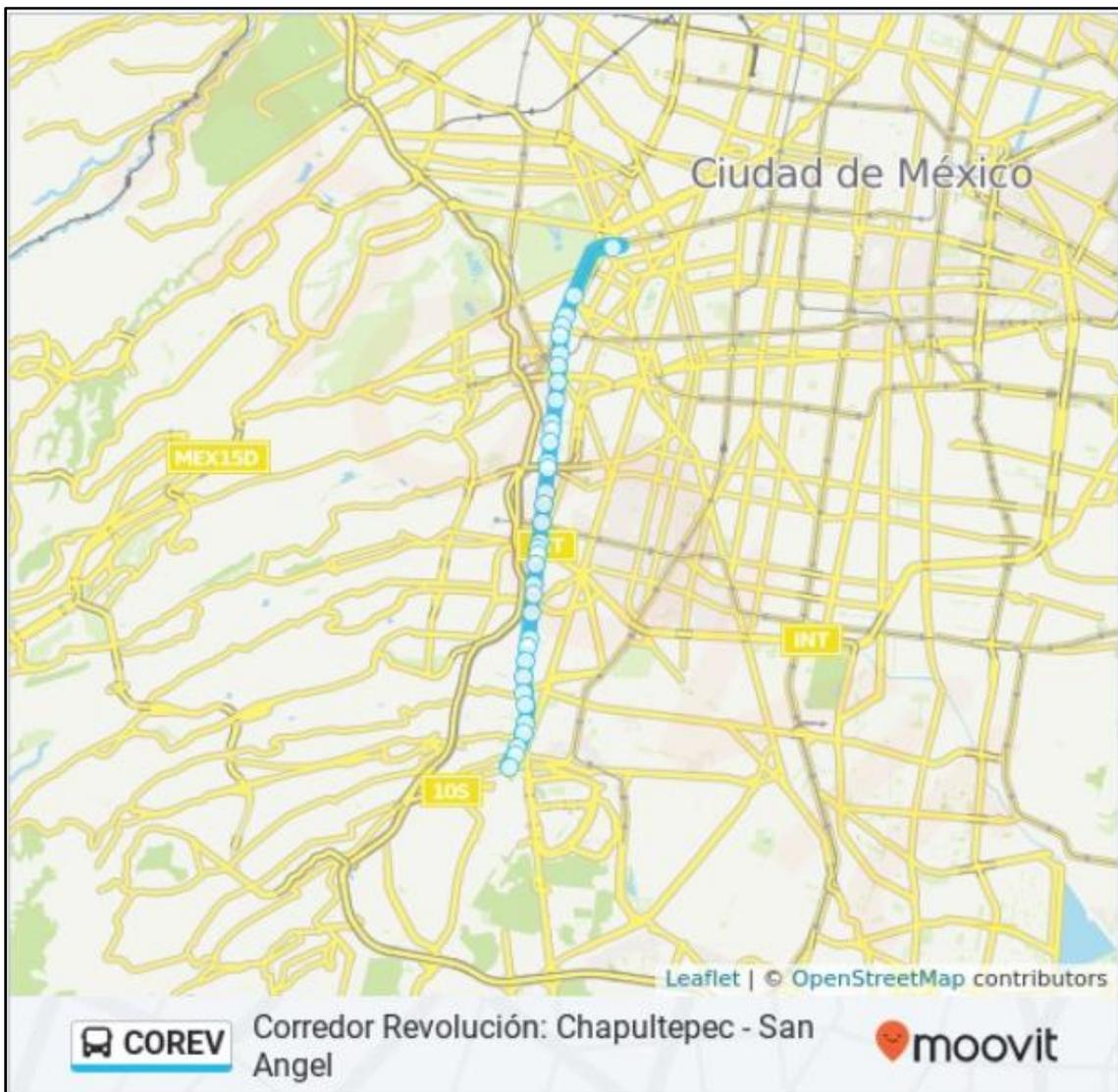


Figura 46. Corredor Revolución: Chapultepec a San Ángel

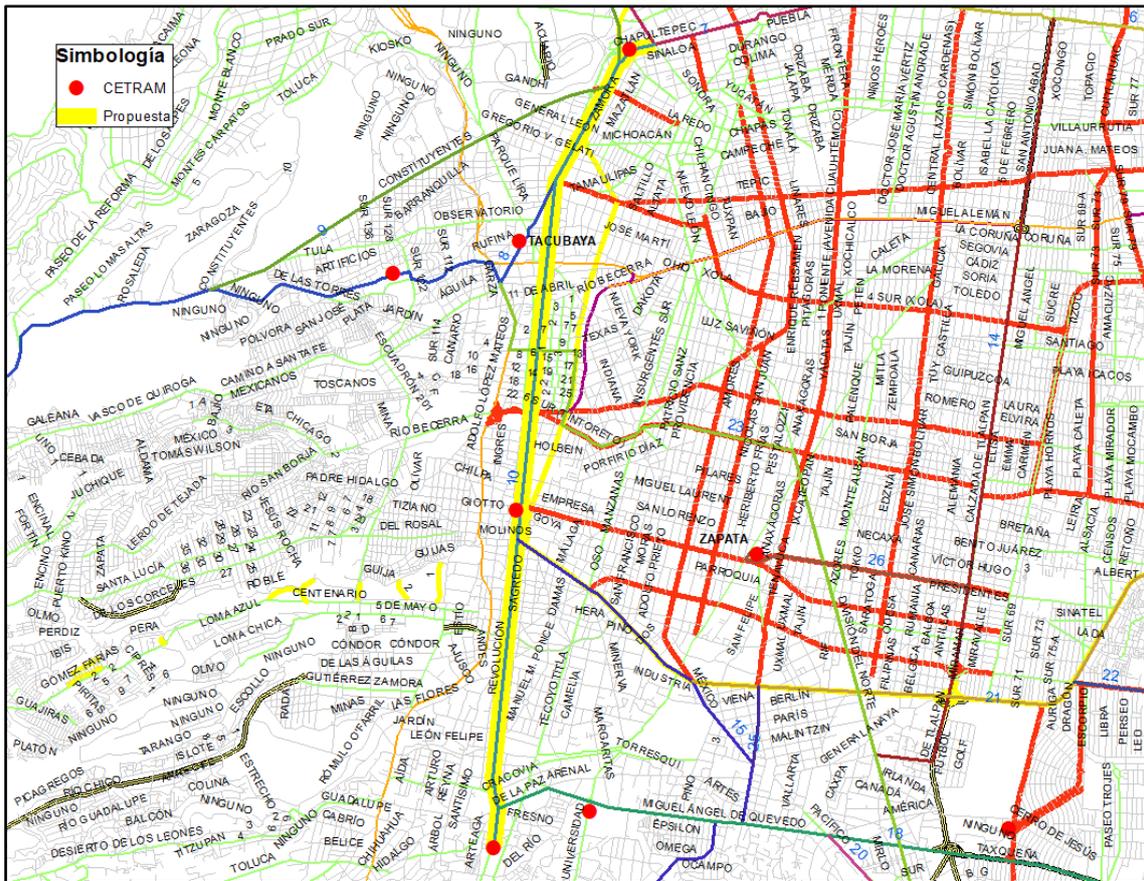


Figura 47. Propuesta de tramo troncal diseñado

Tabla 19. Comparación de la operación actual contra la propuesta

| Metro Chapultepec a San Ángel | Octubre 2018 | Propuesta |
|-------------------------------|--------------|-----------|
| Distancia recorrida (km) | 8.97 | 9.19 |
| Tiempo (min) | 60 | 42.43 |
| Unidades en HMD | 72 | 28 |
| Capacidad de unidad (pas) | 60 | 240 |
| Volumen de diseño (pas) | 3750 | 2921 |
| Intervalo (min) | 0.95 | 3.45 |
| Tiempo de ciclo (min) | 132 | 96.86 |
| Velocidad comercial (km/h) | 8.15 | 11.39 |

Fuente. Elaboración propia.

La Tabla 19 indica que, con la propuesta se tiene un tiempo de espera mayor pero no tienen que enviarse unidades tan seguidas, el tiempo de ciclo también disminuye y la velocidad comercial aumenta con la propuesta. El corredor que se utilizó para comparar con los indicadores operativos se llama COREVSA o Corredor Revolución S.A. de C.V. (Figura 46), en la actualidad opera con una longitud de 8.97 km y se realiza un tiempo de recorrido de una hora aproximadamente, el volumen de diseño es

mayor que el considerado para la muestra, posiblemente ahí radica la mejora, otra característica probable es el tamaño de las unidades pues las de la propuesta cuadruplican la capacidad de las que se encuentran actualmente operando.

Bosques de Aragón a Metro Potrero

El corredor comparado para esta prueba se llama ESASA o Enlaces Suburbanos Aragón S.A. actualmente opera exclusivamente en la zona norte de la Ciudad de México (ver Figura 48). La propuesta de este trabajo para este corredor consta de dos tramos de troncales, esta se muestra para su comparación en la Figura 49.

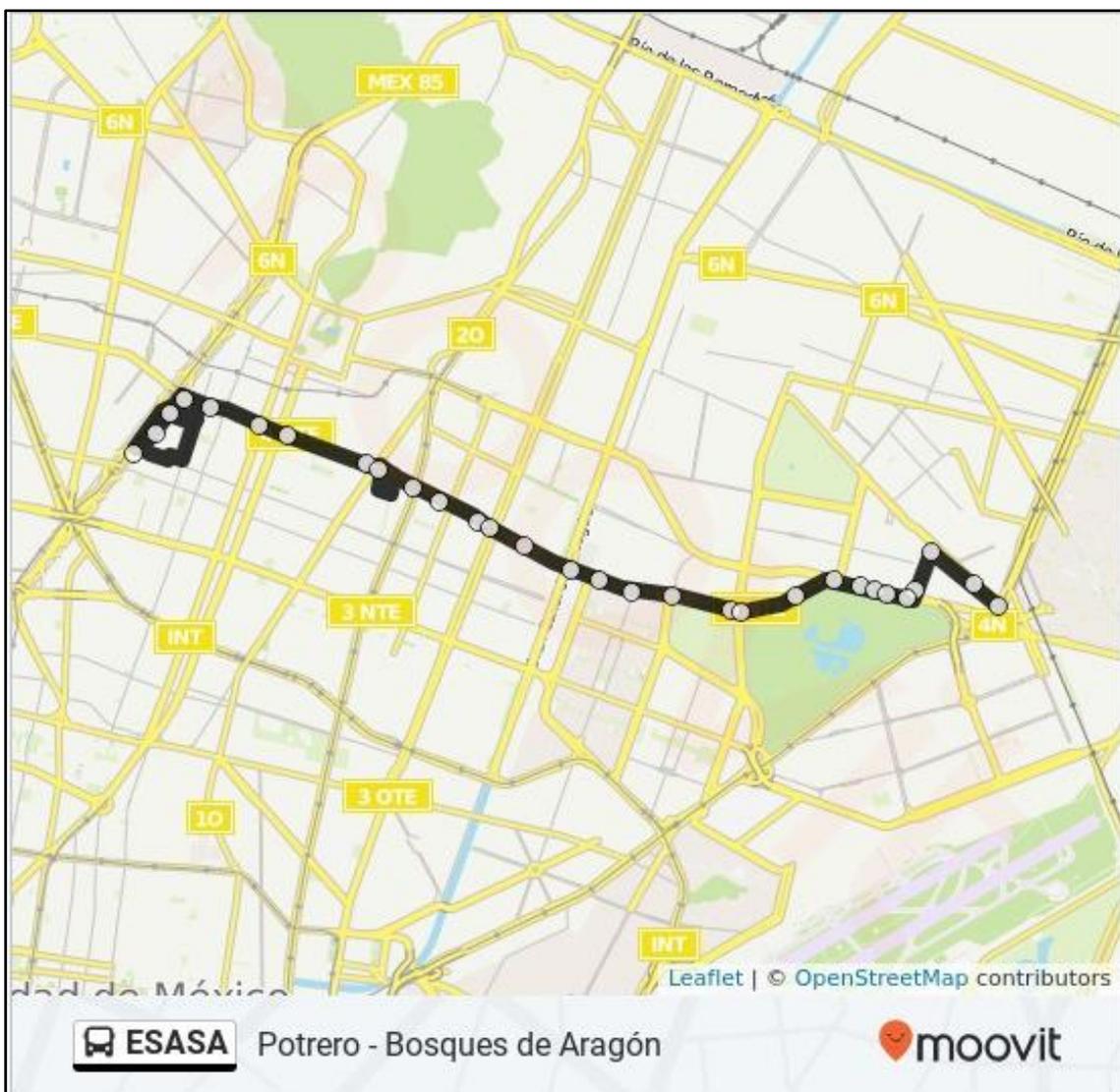


Figura 48. Corredor ESASA, Enlaces Suburbanos Aragón S.A.

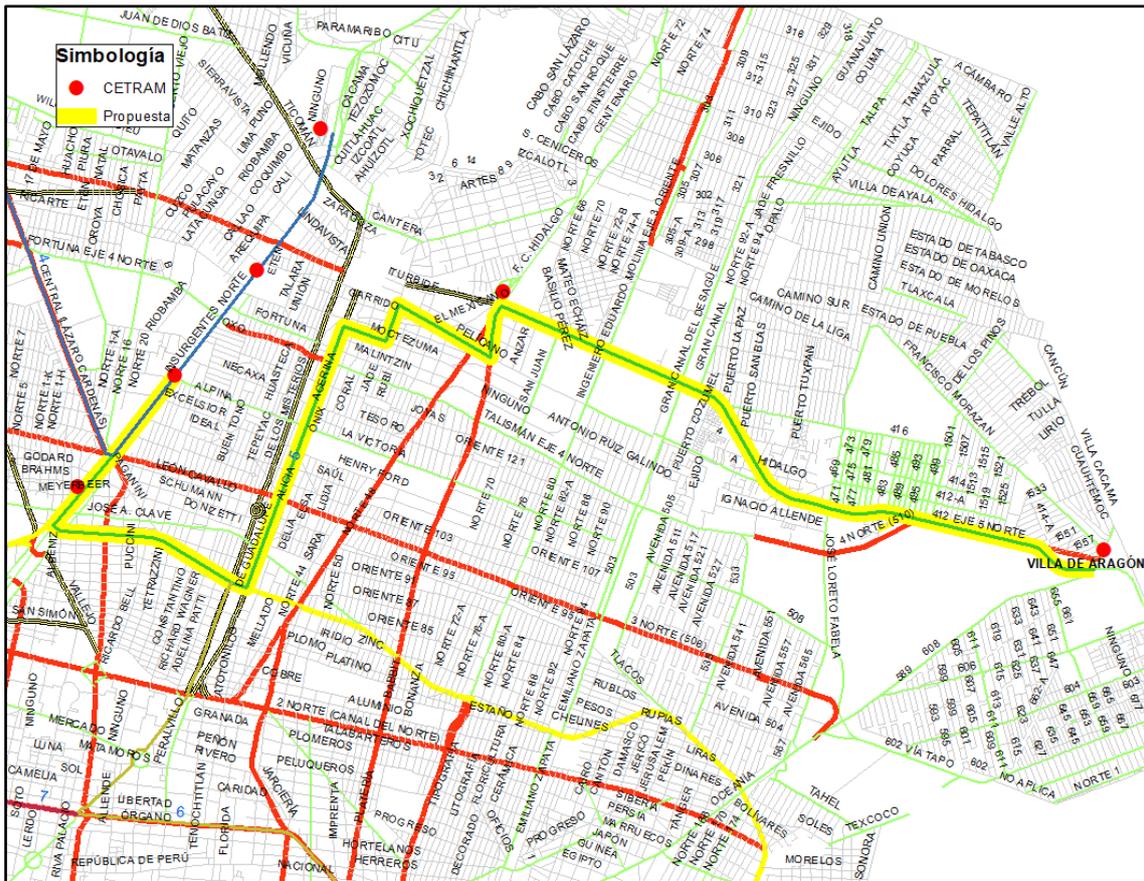


Figura 49. Propuesta de dos tramos de troncal diseñada

Tabla 20. Comparación de la operación actual contra la propuesta

| Bosques de Aragón a Metro Potrero | Octubre 2018 | Propuesta |
|-----------------------------------|--------------|-----------|
| Distancia recorrida (km) | 11.9 | 12.48 |
| Tiempo (min) | 29 | 57.61 |
| Unidades en HMD | 55 | 75 |
| Capacidad de unidad (pas) | 60 | 240 |
| Volumen de diseño (pas) | 3076 | 5962 |
| Intervalo (min) | 1.16 | 1.69 |
| Tiempo de ciclo (min) | 70 | 127.22 |
| Velocidad comercial (km/h) | 20.4 | 11.77 |

Fuente. Elaboración propia.

Para este ejemplo, la longitud de la propuesta en conjunto con el volumen estimado generaron resultados adversos, ya que se obtiene que el corredor en la actualidad opera con velocidad comercial aceptable pues todo valor superior a los 6 km/h que se estiman en la actualidad (FIMEVIC, 2016) se considera favorable, mientras que la propuesta estima velocidad comercial similar a la del anterior ejemplo, y como se muestra en la Figura 49, la ruta propuesta es excesivamente larga, en este caso la red

troncal no beneficia al usuario que realiza todo el recorrido, pues mientras en el corredor actual la ruta hace media hora, con la propuesta aumentaría el tiempo de ciclo hasta en una hora.

Bosques de las Lomas a Metro Chapultepec

La empresa que opera el Corredor Chapultepec- Bosques de las Lomas se llama ATROLSA o Autobuses Troncales Lomas S.A. de C.V., en la actualidad circula por Avenida Constituyentes empleando autobuses con capacidades para 60 pasajeros (ver Figura 50). La propuesta constó de dos tramos de dos troncales como se muestra en la Figura 51.

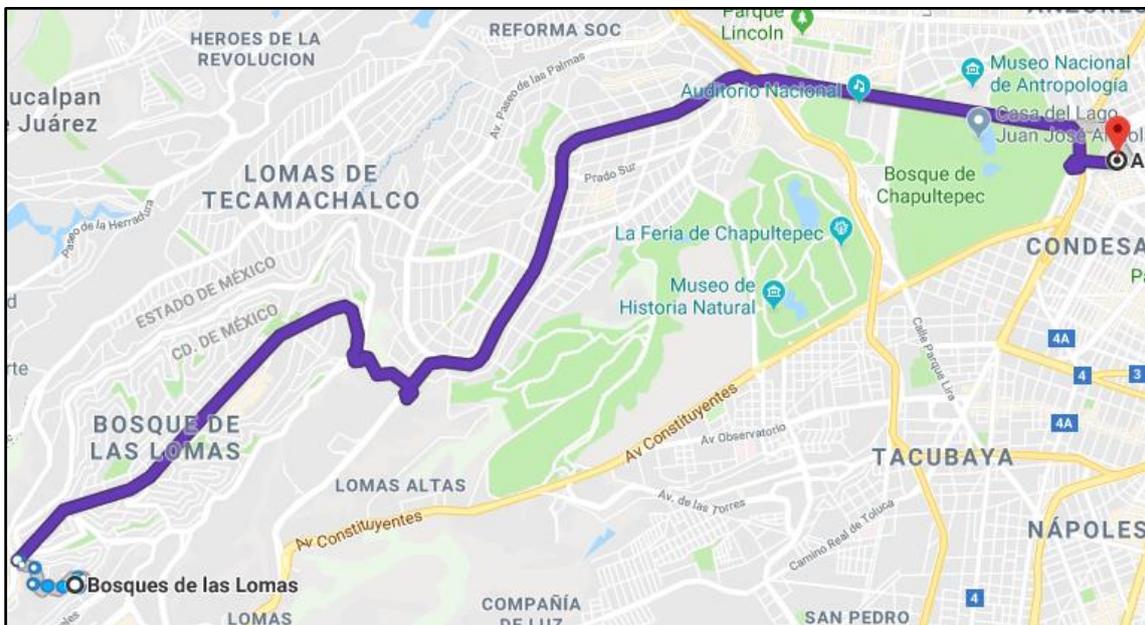


Figura 50. Corredor ATROLSA o Autobuses Troncales S.A. Fuente: Google maps.

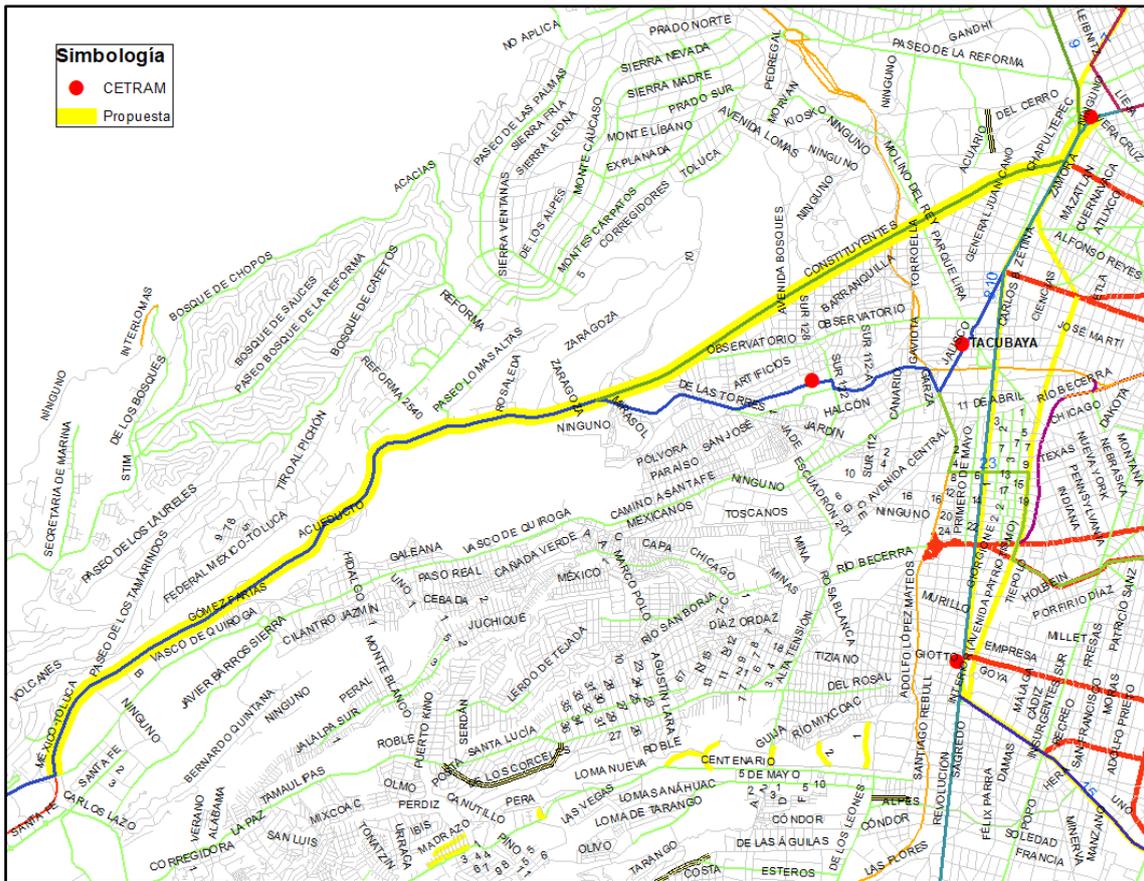


Figura 51. Propuesta para el segmento de Bosques de las Lomas a Metro Chapultepec

Tabla 21. Comparación de la operación actual contra la propuesta

| Bosques de las Lomas a Metro Chapultepec | Octubre 2018 | Propuesta |
|--|--------------|-----------|
| Distancia recorrida | 8.26 | 11.853 |
| Tiempo | 58 | 59.61 |
| Unidades en HMD | 85 | 80 |
| Capacidad de unidad | 60 | 240 |
| Volumen de diseño | 4789.06 | 6125 |
| Intervalo | 0.74 | 1.65 |
| Tiempo de ciclo | 128 | 131.22 |
| Velocidad comercial | 7.74 | 10.84 |

Fuente. Elaboración propia.

El corredor que opera en la actualidad lo hace con una longitud de ruta menor a la que se propone, sin embargo, el tiempo de recorrido es similar al de la propuesta, inclusive el número de unidades empleados en hora de máxima demanda son similares exceptuando el volumen de pasajeros para el diseño, en la propuesta se tiene un volumen superior por más de mil pasajeros, pero se tienen unidades con mayor capacidad y aunque incrementa el tiempo de ciclo, la velocidad comercial

mejora claramente, además el intervalo es mayor, lo cual reducirá el espacio vial ocupado aumentando la capacidad de la vía.

Buenavista a Metro Cuatro Caminos

La empresa que tiene un corredor de Buenavista a Metro Cuatro Caminos se llama Corredor Tereo Buenavista S.A. o COTOBUSA, según datos oficiales tiene una longitud de 77.1 km y sustituyó a 108 microbuses con 58 unidades con una mayor capacidad para pasajeros (ver Figura 52). La propuesta para comparar se compone de dos tramos troncales como se muestra en la Figura 53.

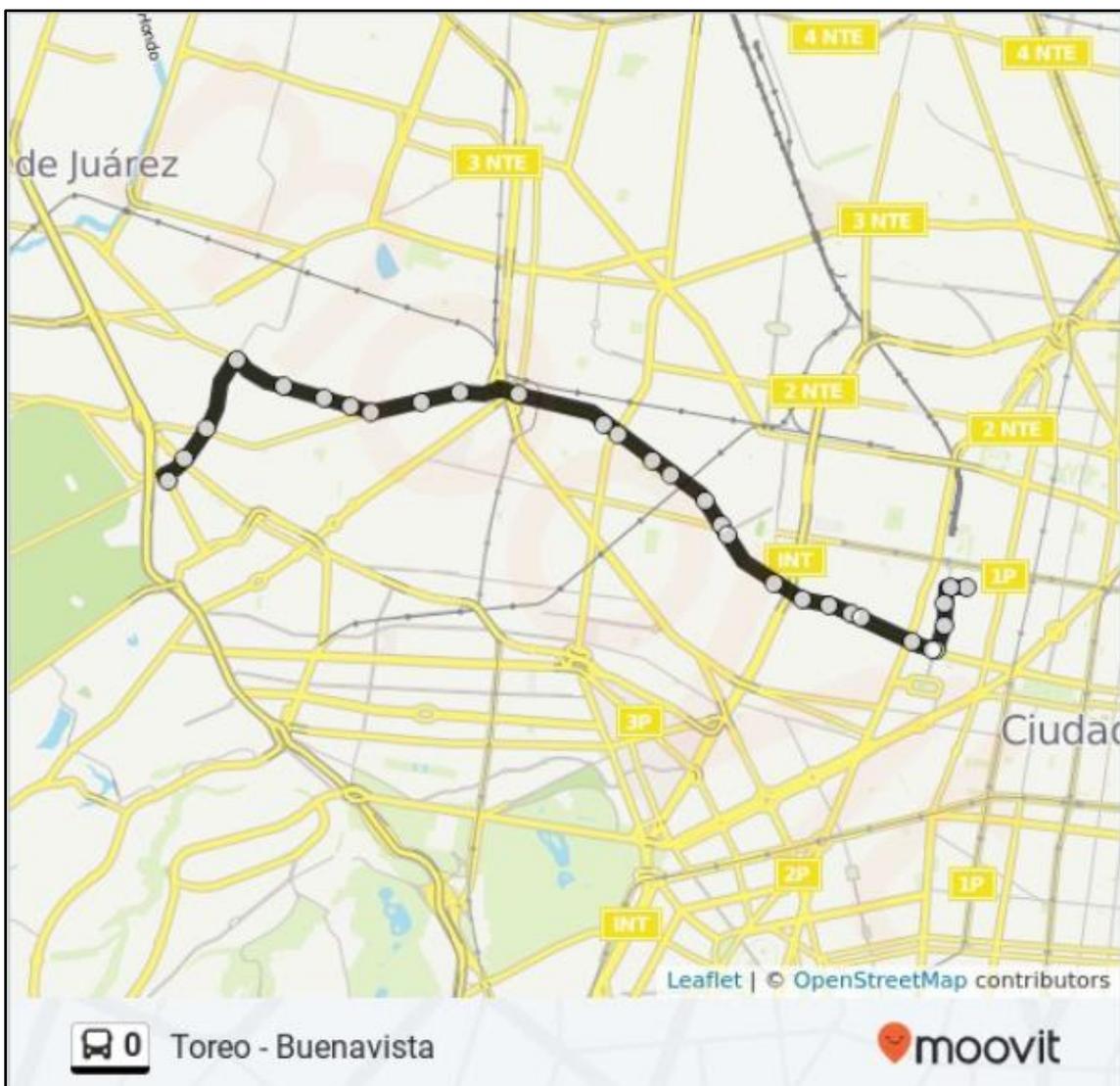


Figura 52. Corredor Tereo Buenavista S.A., COTOBUSA. Fuente: Moovit.

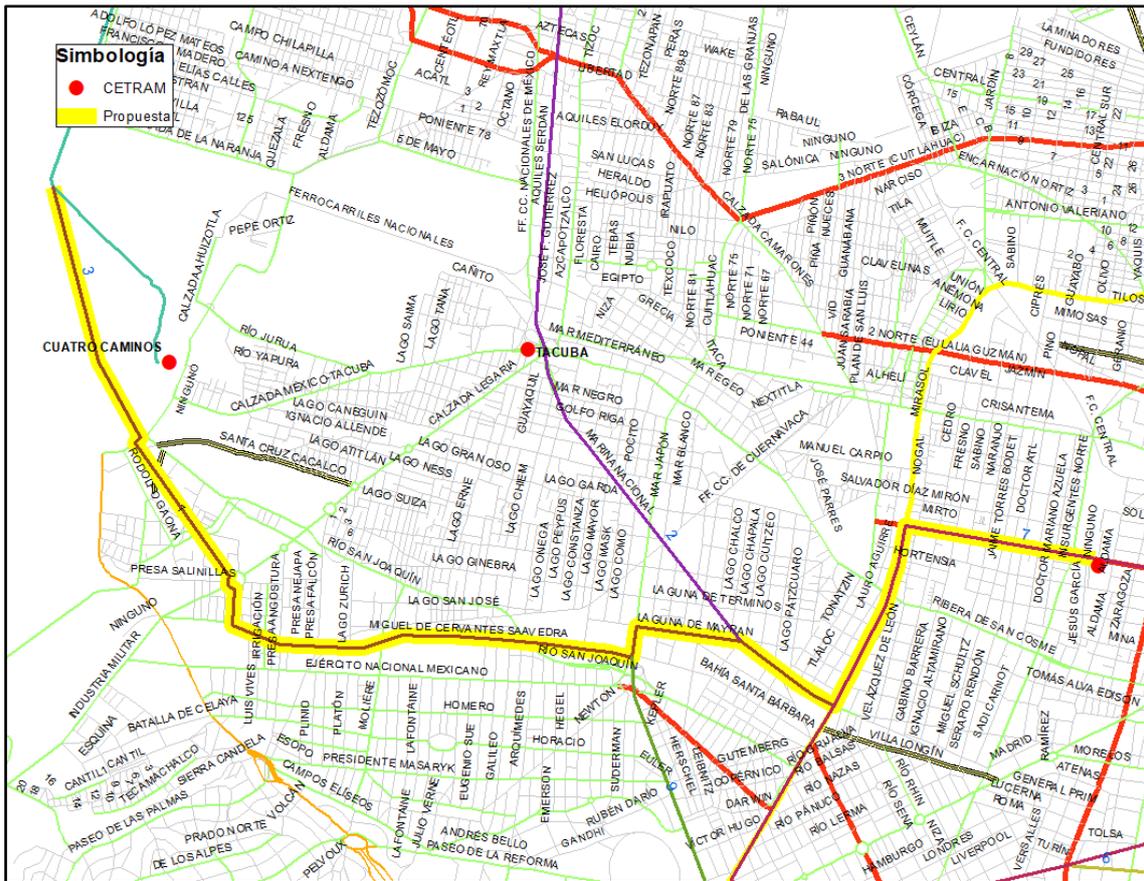


Figura 53. Propuesta para el segmento de Metro Cuatro Caminos a Metro Buenavista

Tabla 22. Comparación de la operación actual contra la propuesta

| Buenavista a Metro Cuatro Caminos | oct-18 | Propuesta |
|-----------------------------------|--------|-----------|
| Distancia recorrida | 10 | 11.15 |
| Tiempo | 67 | 45.6 |
| Unidades en HMD | 58 | 51 |
| Capacidad de unidad | 60 | 240 |
| Volumen de diseño | 3345 | 5803 |
| Intervalo | 1.07 | 1.74 |
| Tiempo de ciclo | 146 | 103.20 |
| Velocidad comercial | 8.22 | 12.97 |

Fuente. Elaboración propia.

Aunque la propuesta tiene una longitud mayor que el corredor actual, el tiempo de recorrido en la propuesta es menor debido a que las unidades cuadruplican la capacidad de los vehículos actuales y por ello la operación del intervalo es mayor, así como el volumen de pasajeros. El tiempo de ciclo es media hora menor en la propuesta de este trabajo.

Un resumen de ventajas y desventajas se expone en la Tabla 23:

Tabla 23. Ventajas y desventajas de la propuesta

| | Ventaja | Desventaja |
|----------------------------------|--|---|
| Rutas concentradas | Se ordena el transporte público estableciendo vialidades exclusivas. | Concentrar los flujos puede hacer que falle la red en caso de haber un percance en una de las ramas. |
| Paradas | Al ser paradas y no estaciones, se aprovecha de mejor manera el espacio público evitando estructuras demasiado densas para el usuario. | Las paradas no proporcionan suficiente infraestructura de seguridad al usuario, si se concentran grandes volúmenes, las paradas podrían colapsar. |
| Capacidad de las unidades | Unidades con capacidad para 240 pasajeros permite que los intervalos de operación sean más largos. | Los tiempos de espera en las paradas serían largos en muchas de las rutas troncales. |
| Nodos/ CETRAM | Los nodos propuestos fueron seleccionados con base en la demanda existente. | Pueden existir zonas que no fueron consideradas por carecer de conectividad (no hay condiciones para la introducción de sistemas masivos). |
| Velocidad | Al ser la ciudad con la velocidad más baja según empresas, operar a más de 6 km/h es un cambio positivo. | Tener unidades con tales dimensiones circulando a bajas velocidades puede ocasionar operación en pelotón. |

Fuente. Elaboración propia.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

1. La forma que toma la red de transporte concesionado si se concentra el flujo resultante de la demanda en rutas troncales es la de una red con mezcla de rutas diametrales y tangenciales.
2. La red de rutas troncales es técnicamente factible considerando la demanda fija además de utilizar unidades de la misma capacidad para que los tiempos programados se cumplan, sin embargo, no se ha considerado una demanda latente o la surgida de modos de transporte no regulados.
3. Respecto de la viabilidad operativa de la propuesta se puede señalar que es posible transportar a los usuarios bajo el esquema propuesto, la división de los tramos de troncal debe ser operados separadamente con la intención de que cada ruta troncal tenga su reserva de unidades, la operación debe ser sigilosamente vigilada por un organismo que se encargue del sistema, de otra forma, la red podría colapsar pues el incumplimiento de alguno de los intervalos calculados generarían colas y para atenderlos se requeriría agregar más unidades que desequilibrarían la red.
4. El modo de transporte adecuado a la propuesta es un sistema BRT biarticulado sin carril de rebase, con estaciones sobre la banqueta y ascensos y descensos a la derecha.
5. Las políticas de operación de la red de troncales son fundamentalmente operativas, se requiere que las velocidades sean constantes y que la frecuencia de unidades sea cumplida de acuerdo con el horario de operación.
6. Evaluar la eficiencia de la propuesta de red troncal implica considerar un modo de transporte similar (unidades biarticuladas) lo cual no es posible a menos que en el corto plazo se definan corredores.
7. En contraste con las propuestas basadas en el manejo de la demanda esta propuesta que está basada en la oferta ofrece rutas definidas por el usuario, es decir, líneas de deseo locales interconectadas entre nodos de gran relevancia. Con esta propuesta, la oferta responde a la demanda y ésta puede concentrarse para reorganizar la oferta que se tenía previamente.

8. La restricción de la red de rutas troncales a la CDMX limita el análisis si consideramos que mucha de la demanda se origina fuera de la CDMX, así, será necesario considerar las interacciones de viajes provenientes de toda la ZMVM con la finalidad de potenciar políticas públicas en el transporte que en la actualidad no están presentes, como es la seguridad, la confiabilidad y la velocidad constante, los cuales son factores determinantes para el nivel de servicio de autobuses foráneos, interurbanos y urbanos.
9. El manejo de los datos usados para la elaboración de la propuesta implicó estimar la información a partir de datos que tiene más de diez años de haber sido obtenidos, los modos de transporte concesionado carecen de datos que sirvan para considerarse polígonos de carga, contar con esta información actualizada enriquecería el análisis sobre estimación de demanda futura y en particular este trabajo de investigación.

6.2 Recomendaciones

Proponer políticas públicas para reorganizar el transporte concesionado que los usuarios emplean antes y después de usar transporte masivo debería ser prioridad, porque la mayoría de los viajes en rutas que pueden llamarse alimentadoras son de más del 75% de los viajes, esto muy probablemente obedezca a que se tienen amplias zonas con altas necesidades de transporte masivo que aún no han sido identificadas.

A lo largo de los años, el dinamismo de la ciudad generó nodos en la configuración de la red vial, estos nodos respondieron a instalaciones cercanas como transporte masivo, comercios atractivos o zonas de recreación. Los nodos seleccionados en este trabajo respondieron a la mayor demanda con respecto a la oferta que existe en el presente, pero se requiere hacer un catálogo de nuevos nodos donde se registre el transporte llamado “pirata” que opera sin regulación pero que responde a necesidad de movilidad de usuarios que carecen de oferta de transporte.

El resultado de simular una red compacta de troncales fue la disminución de los tiempos de ciclo, aumento de la velocidad comercial, así como de intervalos de paso más largos, lo cual provoca mayor eficiencia de la red. La obtención de mejoras en los parámetros operativos no se logra cuando la ruta de transporte propuesta es

excesivamente larga como se reveló con la comparativa entre sistemas troncales y rutas de la propuesta, mientras la ruta sea la más corta, esto beneficia al usuario. No obstante, la implementación de un sistema de este tipo debe ir de la mano con una nueva formulación del transporte, ya sea con varias rutas de transporte como hasta ahora sucede o con un solo sistema de transporte y una flota predeterminada de vehículos de la misma capacidad, de otra forma, los intervalos serían irregulares y los tiempos de espera de los usuarios incrementarían.

Las interacciones de viajes entre la CDMX con el Estado de México e Hidalgo en la ZMVM son cruciales, por ello es necesario proponer redes de transporte en donde las tres entidades estén involucradas para avanzar hacia la generación de una verdadera movilidad interconectada que ofrezca transporte de calidad y menores tiempos de traslado. Lo importante es identificar dónde la gente viaja, hacia dónde se trasladan, y para ello se requieren datos actualizados y fiables que deberían poder obtenerse de las mismas empresas de transporte, o de manera más general (y costosa) realizar encuestas de origen y destino ya que los cambios en la composición de la red de transporte no se detienen y ésta es dinámica.

El proceso metodológico del presente trabajo de investigación aporta una estrategia de solución que puede ser fácilmente replicable, la única limitante se encuentra en que los datos que se deben utilizar requieren un detalle que implica sensibilidad de la información y en el tratamiento de los datos, si esta información se puede conseguir es sencillo llegar a un resultado óptimo.

REFERENCIAS

- Ahuja, R., Magnanti, T., & Orlin, J. (1993). *Network Flows, Theory, algorithms and applications*. New Jersey: Prentice Hall.
- ArcGIS. (20 de 06 de 2018). *ArGIS Desktop*. Obtenido de ArcMap: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/topologies/topology-in-arcgis.htm#GUID-65784F91-9DA9-4BD5-BEF1-BooCEE8F2DE2>
- ArcGIS Desktop. (11 de Mayo de 2018). *ArcGIS Desktop*. Obtenido de Algoritmos utilizados por Extensión ArcGIS Network Analyst: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/extensions/network-analyst/algorithms-used-by-network-analyst.htm>
- Cascetta, E. (2009). *Transportation Systems Analysis, models and applications*. New York: Springer.
- CETRAM. (25 de Abril de 2017). *Centros de Transferencia Modal*. Obtenido de Centros de Transferencia Modal: <https://www.cetram.cdmx.gob.mx/>
- CETRAM. (12 de Abril de 2017). *CETRAM*. Obtenido de Gobierno de la Ciudad de México: <https://www.cetram.cdmx.gob.mx/>
- Consejo Nacional de Población. (16 de Enero de 2019). *Documentos*. Obtenido de Delimitación de las zonas metropolitanoas de México 2015: <https://www.gob.mx/conapo/documentos/delimitacion-de-las-zonas-metropolitanas-de-mexico-2015>
- CTS EMBARQ. (2015). *Proyecto de Transformación del Transporte Público Concesionado. Sistema Integrado de Transporte Público -SIT- de México D.F., 234-247.*
- CTS EMBARQ. (16 de Febrero de 2019). *The ICCT*. Obtenido de The ICCT: https://www.theicct.org/sites/default/files/PresentacionSEDEMASITP_CTS%20oEMBARQ.pdf

- CTS EMBARQ México. (2015). *Guía Técnica de Selección de Vehículos de Transporte Público*. Ciudad de México: CTS Embarq.
- FIMEVIC. (20 de Diciembre de 2016). *Fideicomiso para el Mejoramiento de las Vías de Comunicación del Distrito Federal*. Obtenido de Diagnóstico de la Movilidad de las Personas en la Ciudad de México: <http://www.fimevic.df.gob.mx/problemas/1diagnostico.htm>
- GDF, UNAM. (2009). *Estrategia de Movilidad de Bicicleta*. Ciudad de México: Secretaría del Medio Ambiente.
- Google. (15 de Octubre de 2018). *Google maps*. Obtenido de Google maps: <https://www.google.com.mx/maps/>
- Hougardy, S. (2010). The Floyd-Warshall algorithm on graphs with negative cycles. *Information Processing Letters, Elsevier*, --.
- INEGI. (18 de Enero de 2015). *Cuéntame INEGI*. Obtenido de Número de habitantes: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/df/poblacion/>
- ITDP. (2010). *Guía de Planificación de Sistemas BRT*. LATam: ITDP.
- ITDP. (2012). *Transporte Público Masivo en la Zona Metropolitana del Valle de México*. Ciudad de México: Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo.
- Lardinois, C. (1987). Supply models for intercity passenger transport: a review. *Transport Reviews*, 119-143.
- Mapatón CDMX. (1 de Febrero de 2016). *Mapatón CDMX*. Obtenido de Mapatón CDMX: <http://mapatoncd.mx/>
- Metrobús. (2016). *Informe Anual 2016*. Ciudad de México: SEMOVI, CDMX.
- Metrobús. (8 de Febrero de 2017). *Informe Anual 2016*. Obtenido de Informe Anual 2016: http://data.metrobus.cdmx.gob.mx/transparencia/documentos/art14/XIX/CD_4a_2016.pdf
- Metrobús. (27 de Marzo de 2018). *Metrobús*. Obtenido de Portal Ciudadano: <http://data.metrobus.cdmx.gob.mx/faq.html#tres>

- Molinero, Á., & Sánchez, I. (2002). *Transporte Público, Planeación, Diseño, Operación y Administración*. Ciudad de México: Fundación ICA, A.C.
- Ortúzar, J. d., & Willumsen, L. G. (2008). *Modelos de Transporte*. Santander: Ediciones de la Universidad de Cantabria.
- Secretaría de Movilidad. (4 de Febrero de 2017). *Secretaría de Movilidad*. Obtenido de Cinco siglos de transporte en la Ciudad de México: http://data.semovi.cdmx.gob.mx/wb/stv/cinco_siglos_de_transporte_en_la_ciudad_de_mexico/_rid/71-page=5.html
- Sistema de Movilidad 1. (8 de Septiembre de 2017). *Sistema de Movilidad 1*. Obtenido de Red de Rutas: <http://sm1.cdmx.gob.mx/red-de-rutas>
- STC Metro. (13 de Noviembre de 2007). *Matriz OD Metro*. Ciudad de México, Ciudad de México, México.
- Taha, H. A. (1995). *Operations Research*. New Jersey: Prentice Hall.
- Tomtom City. (3 de Julio de 2016). *Tomtom Traffic Index*. Obtenido de Measuring congestion worldwide: https://www.tomtom.com/en_gb/trafficindex/city/mexico-city
- Transcribe- Colombia. (19 de Octubre de 2006). *Transcribe S.A*. Obtenido de Definiciones: <http://www.transcribe.gov.co/definiciones.htm>
- Turnquist, M. A. (1985). *Research in transportation system characteristics and operations*. Illinois: National Science Foundation Conference on Transportation Research.
- Vuchic, V. R. (2005). *Urban Transit Operations, Planning and Economics*. Hoboken, New Jersey: Wiley.

APÉNDICES

A. Rutas de Transporte Concesionado de Mapatón

La siguiente información corresponde a las 501 rutas base de transporte concesionado obtenidas de los datos de Mapatón CDMX que fueron utilizados para la creación de la red de rutas troncales.

| FID | Nombre | Tiempo de viaje | Long_kms |
|-----|--|-----------------|-----------|
| 0 | LOS HÉROES TECÁMAC - MOCTEZUMA (METRO) | 100 | 33.971363 |
| 1 | AMPLIACIÓN CIUDAD LAGO - BALBUENA (METRO) | 46 | 9.822051 |
| 2 | POLITÉCNICO (METRO) - FES CUAUTITLÁN CAMPO 4 | 65 | 28.834814 |
| 3 | CUAUTITLAN IZCALI CAMPO 1 - POLITÉCNICO (METRO) | 69 | 25.792604 |
| 4 | SAN FELIPE LEÓN DE LOS ALDAMAS - VIA JOSÉ MARIA MORELOS | 44 | 11.548331 |
| 5 | CHAPULTEPEC (METRO) - DEPORTIVO OCEANÍA | 82 | 16.301738 |
| 6 | NORMAL (METRO) - INDUSTRIAL VALLEJO | 53 | 10.117407 |
| 7 | EL ROSARIO (METRO) - SAN MARTÍN | 48 | 11.430308 |
| 8 | CHAPULTEPEC (METRO) - AVENIDA 606 | 95 | 19.884916 |
| 9 | CHAPULTEPEC (METRO) - INDIOS VERDES (METRO) | 57 | 12.879499 |
| 10 | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - LA ESMERALDA | 46 | 11.698598 |
| 11 | TREN SUBURBANO CUAUTITLAN - DORADO | 90 | 27.671084 |
| 12 | ODONTOLOGÍA - CHAPULTEPEC (METRO) | 63 | 17.992435 |
| 13 | DEPORTIVO 18 DE MARZO (METRO) - BACHILLERES 19 SAN AGUSTÍN | 72 | 16.941786 |
| 14 | INDIOS VERDES (METRO) - ZÓCALO | 37 | 8.468426 |
| 15 | EL ROSARIO (METRO) - MUNDO E | 52 | 11.974272 |
| 16 | DEFENSA - UNIDAD EL ROSARIO BACHILLERES | 78 | 12.195249 |
| 17 | PROGRESO NACIONAL - LA RAZA (METRO) | 30 | 7.328747 |
| 18 | NORMAL (METRO) - POLITÉCNICO (METRO) | 55 | 10.949261 |
| 19 | BALBUENA (METRO) - IMPULSORA (METRO) | 62 | 13.013618 |
| 20 | LA SELVITA - LA RAZA (METRO) | 31 | 7.459074 |
| 21 | SULLIVAN - AZCAPOTZALCO (MERCADO) | 51 | 9.638428 |
| 22 | CHAPULTEPEC (METRO) - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | 69 | 17.572398 |
| 23 | EL ROSARIO (METRO) - AMPLIACIÓN HIGUERA | 77 | 13.460215 |
| 24 | CUATRO CAMINOS (METRO) - EL ROSARIO (METRO) | 33 | 9.91035 |
| 25 | V. ARAGÓN AV. 608 - CHAPULTEPEC (METRO) | 98 | 19.455376 |
| 26 | POLITÉCNICO (METRO) - AZCAPOTZALCO (DELEGACIÓN) | 54 | 7.766124 |
| 27 | EL ROSARIO (METRO) - HIGUERA | 70 | 12.657915 |
| 28 | LA RAZA (METRO) - ARCOS | 23 | 5.277115 |
| 29 | EL ROSARIO (METRO) - CUITLÁHUAC (METRO) | 51 | 8.062833 |
| 30 | INDIOS VERDES (METRO) - PANTEÓN | 51 | 7.575965 |
| 31 | IMPULSORA (METRO) - MARTÍN CARRERA (METRO) | 42 | 10.203057 |

| FID | Nombre | Tiempo de viaje | Long. kms |
|-----|--|-----------------|-----------|
| 32 | EL ROSARIO (METRO) - SAN ANTONIO | 84 | 20.709687 |
| 33 | MEXICO 86 - EL ROSARIO (METRO) | 78 | 16.120763 |
| 34 | PRADERA - DEPORTIVO 18 DE MARZO (METRO) | 61 | 10.558791 |
| 35 | INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TLALNEPANTLA - EL ROSARIO (METRO) | 30 | 6.854592 |
| 36 | SAN LÁZARO (METRO) - UNIDAD CURVA CAPILLA | 52 | 20.702371 |
| 37 | NORMAL (METRO) - DEFENSA | 29 | 6.480088 |
| 38 | MADIN POR FUENTES D. SATELITE - EL ROSARIO (METRO) | 81 | 13.747363 |
| 39 | POTRERO (METRO) - VILLA DE ARAGÓN | 38 | 8.34777 |
| 40 | POPOTLA (METRO) - UNIDAD CTM EL ROSARIO 2 | 44 | 8.449056 |
| 41 | POLITÉCNICO (METRO) - AZCAPOTZALCO (MERCADO) | 38 | 7.730359 |
| 42 | MIGRACIÓN - CHAPULTEPEC (METRO) | 20 | 4.99979 |
| 43 | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - CASAS ALEMÁN | 23 | 7.634253 |
| 44 | MÚZQUIZ (METRO) - UNIDAD CURVA CAPILLA | 46 | 6.939911 |
| 45 | CUATRO CAMINOS (METRO) - FES ACATLÁN | 13 | 5.582355 |
| 46 | POLITÉCNICO (METRO) - LOMAS LINDAS MONTE MARÍA | 56 | 20.848547 |
| 47 | EJE 3 - CUATRO CAMINOS (METRO) | 69 | 34.615489 |
| 48 | AMPLIACIÓN CIUDAD LAGO - OCEANÍA (METRO) | 34 | 7.391654 |
| 49 | AVENIDA TAXÍMETROS - CHAPULTEPEC (METRO) | 117 | 23.040955 |
| 50 | MERCADO AZCAPOTZALCO - POLITÉCNICO (METRO) | 37 | 7.608582 |
| 51 | CHAPULTEPEC (METRO) - VALLE DORADO | 51 | 20.007169 |
| 52 | AVENIDA 606 - MOCTEZUMA (METRO) | 30 | 8.243739 |
| 53 | EL ROSARIO (METRO) - CALACOAYA MONTESOL | 56 | 12.341129 |
| 54 | FCO. MORAZAN PRADERA - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | 40 | 10.258723 |
| 55 | AZCAPOTZALCO (DELEGACIÓN) - DE LA NARANJA (CALZADA) | 33 | 4.40874 |
| 56 | RECLUSORIO NORTE - INDIOS VERDES (METRO) | 32 | 7.212008 |
| 57 | MANCHURIA - CAMARONES (METRO) | 40 | 11.483032 |
| 58 | PRIZO 2 - CANDELARIA (METRO) | 34 | 15.624175 |
| 59 | EL ROSARIO (METRO) - BELLAVISTA CALACOAYA | 46 | 10.521464 |
| 60 | FES ARAGÓN - DEPORTIVO 18 DE MARZO (METRO) | 64 | 12.137696 |
| 61 | LOS HÉROES DE TECAMAC 7 - VILLAS DE ARAGON | 52 | 24.726592 |
| 62 | INDIOS VERDES (METRO) - VENUSTIANO C./ZÓCALO | 58 | 8.613691 |
| 63 | SAUCES - MARTÍN CARRERA (METRO) | 65 | 16.500957 |
| 64 | VILLA DE ARAGÓN - VALLEJO | 74 | 13.314442 |
| 65 | LA RAZA (METRO) - TICOMÁN | 24 | 5.2771 |
| 66 | BOSQUES DE ARAGÓN - POTRERO (METRO) | 37 | 8.366886 |
| 67 | INDIOS VERDES (METRO) - LA PRESA PANTEÓN | 28 | 5.575805 |
| 68 | CUATRO CAMINOS (METRO) - LOMAS DEL CADETE | 61 | 8.064967 |
| 69 | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - PRADERA | 37 | 8.661039 |
| 70 | SAUCES - MOCTEZUMA (METRO) | 32 | 15.319111 |
| 71 | LA VILLA BASÍLICA (METRO) - MERCED | 60 | 7.36004 |

| FID | Nombre | Tiempo de viaje | Long. kms |
|-----|--|-----------------|-----------|
| 72 | TACUBA (METRO) - HIDALGO (METRO) | 30 | 6.520147 |
| 73 | VALERIO TRUJANO - PLAZA TOREO | 83 | 9.408331 |
| 74 | FABELA - CUCHILLA | 34 | 8.065219 |
| 75 | EL ROSARIO (METRO) - PANTEÓN CAHUACÁ | 130 | 37.338047 |
| 76 | MERCED - INDIOS VERDES (METRO) | 55 | 12.843317 |
| 77 | MOCTEZUMA (METRO) - FES ARAGÓN | 30 | 12.076503 |
| 78 | INDIOS VERDES (METRO) - AUDITORIO (METRO) | 43 | 13.065561 |
| 79 | NARANJA - EL ROSARIO (METRO) | 29 | 4.352775 |
| 80 | LA RAZA (METRO) - SANTIAGO ATEPETLAC | 33 | 7.132212 |
| 81 | CUATRO CAMINOS (METRO) - BACHILLERES | 43 | 8.526469 |
| 82 | EL ROSARIO (METRO) - VILLA DE LAS FLORES | 44 | 26.198825 |
| 83 | LA RAZA (METRO) - AZCAPOTZALCO (DELEGACIÓN) | 44 | 6.192719 |
| 84 | PLAZAS ARAGON - MOCTEZUMA (METRO) | 28 | 12.798136 |
| 85 | EL ROSARIO (METRO) - DEFENSA | 49 | 9.057262 |
| 86 | AZCAPOTZALCO (PARQUE SAN ANDRÉS) - NORMAL (METRO) | 36 | 5.944236 |
| 87 | TEXCOCO - SAN MIGUEL TLAIXPAN | 19 | 8.986099 |
| 88 | SAN LÁZARO (METRO) - TEXCOCO | 61 | 26.683238 |
| 89 | REAL DEL BOSQUE - EL ROSARIO (METRO) | 103 | 25.377781 |
| 90 | GUADALUPE VICTORIA CAMPOS - MARTÍN CARRERA (METRO) | 46 | 28.229957 |
| 91 | EL ROSARIO (METRO) - LIBERTAD BUENAVISTA | 74 | 19.37273 |
| 92 | INDIOS VERDES (METRO) - LAGUNILLA | 69 | 8.503012 |
| 93 | OCEANÍA (METRO) - CAMARONES (METRO) | 45 | 11.893439 |
| 94 | LA VILLA BASÍLICA (METRO) - FES ARAGÓN | 43 | 10.987911 |
| 95 | MOCTEZUMA (METRO) - FLORIDA | 41 | 18.522735 |
| 96 | VILLA DE ARAGÓN - CEYLÁ | 57 | 13.314442 |
| 97 | CUITLÁHUAC (METRO) - SAN JUAN IZTACALA | 45 | 7.943347 |
| 98 | LA RAZA - LA SELVITA | 29 | 6.285273 |
| 99 | MERCADO AZCAPOTZALCO - COLONIA 10 DE ABRIL | 27 | 5.541173 |
| 100 | MOCTEZUMA (METRO) - PLAZAS-ENEP | 31 | 11.921586 |
| 101 | SAN JUAN TICOMÁN - POTRERO (METRO) | 45 | 6.258146 |
| 102 | SEVILLA (METRO) - ANTARA (CENTRO COMERCIAL) | 12 | 4.668923 |
| 103 | DEPORTIVO CEYLÁ - LA RAZA (METRO) | 27 | 3.65423 |
| 104 | DEPORTIVO 18 DE MARZO (METRO) - LA BRECHA | 59 | 8.011399 |
| 105 | NUEVA ATZACOALCO - ZÓCALO | 72 | 13.868222 |
| 106 | VILLAS DE ARAGON - HÉROES DE TECAMAC 7 | 61 | 25.825982 |
| 107 | EL PORTON - CUATRO CAMINOS (METRO) | 44 | 9.142583 |
| 108 | DEPORTIVO 18 DE MARZO (METRO) - ACUEDUCTO DE GUADALUPE | 53 | 8.476447 |
| 109 | LA FLORIDA - MOCTEZUMA (METRO) | 62 | 17.488247 |
| 110 | PEÑÓN - LAS ARMAS | 73 | 15.658531 |
| 111 | TACUBA (METRO) - IZCALLI DEL VALLE | 89 | 20.248 |

| FID | Nombre | Tiempo de viaje | Long kms |
|-----|--|-----------------|------------|
| 112 | FES ARAGÓN - MARTÍN CARRERA (METRO) | 62 | 10.957995 |
| 113 | INDIOS VERDES (METRO) - LA BRECHA | 78 | 11.340421 |
| 114 | VILLA DE LAS FLORES - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | 72 | 37.836946 |
| 115 | ACUEDUCTO DE GUADALUPE - PINO SUÁREZ (METRO) | 66 | 17.293389 |
| 116 | FERRERÍA (METRO) - NORMAL (METRO) | 24 | 5.493073 |
| 117 | CUITLÁHUAC (METRO) - REYNOSA SAN PABLO | 63 | 7.16928 |
| 118 | LA VILLA BASÍLICA (METRO) - ZÓCALO | 27 | 7.044631 |
| 119 | CUITLÁHUAC (METRO) - UNIDAD ROSARIO BACHILLERES | 31 | 7.928759 |
| 120 | TACUBA (METRO) - UNIDAD EL ROSARIO BACHILLERES | 21 | 7.846941 |
| 121 | UNIDAD EL ROSARIO BACHILLERES - CUATRO CAMINOS (METRO) | 46 | 7.690027 |
| 122 | EL ROSARIO (METRO) - TACUBA (METRO) | 48 | 8.968728 |
| 123 | CHAPULTEPEC (METRO) - LA RAZA (METRO) | 28 | 8.037824 |
| 124 | SAN COSME (METRO) - DEPORTIVO CEYLÁN | 35 | 6.39332 |
| 125 | SAN FELIPE VALLE DE ARAGÓN 1A SECCIÓN - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | 66 | 15.410048 |
| 126 | CUCHILLA - PROVIDENCIA | 40 | 10.196283 |
| 127 | LA RAZA (METRO) - POLITÉCNICO (METRO) | 25 | 5.774009 |
| 128 | EL ROSARIO (METRO) - PLAZA SATÉLITE | 52 | 9.030889 |
| 129 | EL TESORO - EL ROSARIO (METRO) | 65 | 15.780534 |
| 130 | SAN LÁZARO (METRO) - CHICHQUILA HUATUSCO | 334 | 263.276517 |
| 131 | CUATRO CAMINOS (METRO) - BUENAVISTA (METRO) | 69 | 11.536806 |
| 132 | POLITÉCNICO (METRO) - TLALNEPANTLA | 26 | 6.771334 |
| 133 | INDIOS VERDES (METRO) - ECATEPEC | 35 | 11.358071 |
| 134 | CARACOLES - LA VILLA BASÍLICA (METRO) | 21 | 7.6187 |
| 135 | INDIOS VERDES (METRO) - PINO SUAREZ - POR ABAJO | 56 | 19.851211 |
| 136 | MARTÍN CARRERA (METRO) - SANTA ISABEL TOLA | 75 | 14.524323 |
| 137 | POTRERO (METRO) - PACHUCA | 133 | 85.956972 |
| 138 | MARTÍN CARRERA (METRO) - VISTA HERMOSA POR AUTOPISTA | 63 | 18.461869 |
| 139 | INDIOS VERDES (METRO) - NUEVA ARAGON | 46 | 12.171129 |
| 140 | INDIOS VERDES (METRO) - BARRIO NUEVO (GUADALUPE VICTORIA) | 58 | 21.133056 |
| 141 | CENTRAL CAMIONERA DEL NORTE - SAN MARTÍN DE LAS PIRAMIDES | 63 | 45.732826 |
| 142 | VILLA DE LAS FLORES - LA RAZA (METRO) | 81 | 29.176544 |
| 143 | MARTÍN CARRERA (METRO) - TEXALPA | 92 | 14.447166 |
| 144 | MÚZQUIZ (METRO) - INDIOS VERDES (METRO) | 28 | 11.516882 |
| 145 | INDIOS VERDES (METRO) - PRADOS | 83 | 29.450123 |
| 146 | POTRERO (METRO) - TIZAYUCA | 65 | 47.807842 |
| 147 | MARTÍN CARRERA (METRO) - SAN LUIS | 147 | 46.794568 |
| 148 | LA RAZA (METRO) - TECÁMAC | 38 | 33.810744 |
| 149 | INDIOS VERDES (METRO) - JARDINES DE MORELOS | 46 | 24.618033 |
| 150 | MARTÍN CARRERA (METRO) - CD CUAUHTÉMOC | 87 | 25.427764 |

| FID | Nombre | Tiempo de viaje | Long kms |
|-----|---|-----------------|-----------|
| 151 | MARTÍN CARRERA (METRO) - EL CARMEN | 134 | 52.827347 |
| 152 | INDIOS VERDES (METRO) - AZTECA TERCERA SECCIÓN | 59 | 15.604789 |
| 153 | HÉROES V SECCIÓN ECATEPEC - INDIOS VERDES (METRO) | 27 | 18.403185 |
| 154 | MARTÍN CARRERA (METRO) - SAN MIGUEL BOCA NEGRA | 101 | 52.015276 |
| 155 | MARTÍN CARRERA (METRO) - JARDINES DE MORELOS | 63 | 17.787484 |
| 156 | MARTÍN CARRERA (METRO) - PRADOS NORTE | 91 | 30.860794 |
| 157 | INDIOS VERDES (METRO) - PRADOS-ALBORADA | 61 | 25.286071 |
| 158 | INDIOS VERDES (METRO) - APAXCO | 127 | 65.641833 |
| 159 | INDIOS VERDES (METRO) - SANTUARIO | 77 | 13.512925 |
| 160 | CARACOLES - INDIOS VERDES (METRO) | 22 | 6.835441 |
| 161 | MARTÍN CARRERA (METRO) - SANTA MARÍA CARDONAL | 35 | 8.442935 |
| 162 | MARTÍN CARRERA (METRO) - SANTA MARÍA AJOLOAPAN | 93 | 75.228457 |
| 163 | TEXALPA - INDIOS VERDES (METRO) | 80 | 14.642428 |
| 164 | INDIOS VERDES (METRO) - LOS HÉROES TECÁMAC | 44 | 19.07022 |
| 165 | IZCALLI CONDOMINIOS - INDIOS VERDES (METRO) | 28 | 18.624874 |
| 166 | CENTRAL DE ABASTO - PANTITLÁN (METRO) | 35 | 6.390715 |
| 167 | PLAZA ARAGON - PANTEON LOS ROSALES | 88 | 26.421105 |
| 168 | COLONIA FEDERAL - ZÓCALO | 44 | 6.156006 |
| 169 | FRENTES - VIADUCTO (METRO) | 64 | 13.190504 |
| 170 | CHAPULTEPEC (METRO) - SALAZAR | 78 | 32.4608 |
| 171 | BOSQUES KM14 - CHAPULTEPEC (METRO) | 54 | 17.067344 |
| 172 | CHAPINGO - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | 85 | 34.078036 |
| 173 | IZTAPALAPA (METRO) - ZARAGOZA (METRO) | 59 | 8.67793 |
| 174 | PANTITLÁN (METRO) - ALTIMPA | 44 | 11.76079 |
| 175 | CENTRAL DE ABASTO - CHAPULTEPEC (METRO) | 84 | 15.938747 |
| 176 | OBSERVATORIO (METRO) - ACOPIILCO | 49 | 19.066048 |
| 177 | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - GRANJEROS | 44 | 8.076676 |
| 178 | SALAZAR - TACUBAYA (METRO) | 56 | 31.221025 |
| 179 | FRENTES - PANTITLÁN (METRO) | 46 | 7.484485 |
| 180 | PLAZA GALERIAS - COYOACÁN (METRO) | 46 | 9.983587 |
| 181 | XOLA (METRO) - PARQUE TEZONTLE | 37 | 6.988954 |
| 182 | OBSERVATORIO (METRO) - LA ARAÑA | 48 | 9.787584 |
| 183 | TACUBAYA (METRO) - CEGUAYO | 57 | 11.91188 |
| 184 | ERMITA (METRO) - MIXCOAC (METRO) | 21 | 7.266867 |
| 185 | SAN ÁNGEL - BARRANCA DEL MUERTO (METRO) | 9 | 2.601393 |
| 186 | UAM IZTAPALAPA - UAM I (METRO) | 10 | 1.680903 |
| 187 | CHIMALHUACÁN (LOBA 1ERA SECCIÓN) - ZARAGOZA (METRO) | 54 | 18.143931 |
| 188 | GUELATAO (METRO) - ESTADIO NEZA | 25 | 8.152951 |
| 189 | PANTITLÁN (METRO) - PIRULES | 20 | 3.658406 |
| 190 | TASQUEÑA (METRO) - CIUDAD UNIVERSITARIA | 32 | 6.466269 |

| FID | Nombre | Tiempo de viaje | Long kms |
|-----|---|-----------------|-----------|
| 191 | DURAZNOS - CHAPULTEPEC (METRO) | 34 | 9.277732 |
| 192 | GRANJAS NAVIDAD - TACUBAYA (METRO) | 31 | 12.931993 |
| 193 | PALMAS KM 13 - CHAPULTEPEC (METRO) | 31 | 10.432034 |
| 194 | PORTALES (METRO) - TINACOS IZTAPALAPA | 67 | 14.975312 |
| 195 | MIXCOAC (METRO) - ROJO GÓMEZ | 48 | 11.708274 |
| 196 | INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL - CIUDAD UNIVERSITARIA | 106 | 21.891157 |
| 197 | ERMITA (METRO) - BACHILLERES 7 | 54 | 10.766217 |
| 198 | PANTITLÁN (METRO) - PERLA REFORMA | 54 | 13.020798 |
| 199 | PARQUE LA BOMBILLA - TASQUEÑA (METRO) | 42 | 5.929588 |
| 200 | PLAZA LORETO - CHAPULTEPEC (METRO) | 38 | 9.522078 |
| 201 | LEYES DE REFORMA (METROBÚS) - UAM I (METRO) | 19 | 4.616153 |
| 202 | CHAPULTEPEC (METRO) - PUEBLA (METRO) | 62 | 11.058873 |
| 203 | LA RAZA (METRO) - JUANACATLÁN (METRO) | 40 | 8.895618 |
| 204 | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - MIGUEL DE LA MADRID | 35 | 14.615754 |
| 205 | IZTAPALAPA (METRO) - ZAPATA (METRO) | 33 | 8.56233 |
| 206 | CHAPULTEPEC (METRO) - PASEO DE TAMARINDOS | 61 | 19.24664 |
| 207 | SAN ÁNGEL - TASQUEÑA (METRO) | 46 | 6.861871 |
| 208 | LA VILLA BASÍLICA (METRO) - PANTITLÁN (METRO) | 45 | 11.602402 |
| 209 | SAN MARCOS IZTAPALAPA - TASQUEÑA (METRO) | 28 | 4.691504 |
| 210 | DR. GÁLVEZ - CHAPULTEPEC (METRO) | 30 | 8.916 |
| 211 | TASQUEÑA (METRO) - EJIDO LOS REYES | 25 | 5.690417 |
| 212 | TASQUEÑA (METRO) - CIUDAD UNIVERSITARIA | 30 | 6.322994 |
| 213 | IZTAPALAPA - CANAL DE SAN JUAN (METRO) | 56 | 7.833428 |
| 214 | GUELATAO (METRO) - SANTA CRUZ | 14 | 2.962778 |
| 215 | XALTIPAC - PANTITLÁN (METRO) | 52 | 12.272844 |
| 216 | CENTRAL DE ABASTO - MERCED | 39 | 9.870733 |
| 217 | PUERTA GRANDE - MIXCOAC (METRO) | 37 | 6.984573 |
| 218 | LAS TORRES - PANTITLÁN (METRO) | 50 | 12.580415 |
| 219 | PINO SUÁREZ (METRO) - CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) | 75 | 17.339306 |
| 220 | LOMAS LINDAS MONTE MARÍA - OBSERVATORIO (METRO) | 104 | 27.819094 |
| 221 | CANAL DE SAN JUAN (METRO) - IZTAPALAPA (METRO) | 51 | 8.145579 |
| 222 | NORMAL - PANTITLÁN (METRO) | 73 | 12.27177 |
| 223 | MIXCOAC (METRO) - PORTALES (METRO) | 25 | 6.546565 |
| 224 | SAN FERNANDO - CUAJIMALPA | 31 | 4.783092 |
| 225 | IZTAPALAPA (METRO) - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | 37 | 9.087376 |
| 226 | TACUBA (METRO) - CENTRAL DE ABASTO | 63 | 18.820364 |
| 227 | UNIDAD PLATEROS - ZAPATA (METRO) | 36 | 5.048451 |
| 228 | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - MIXCOAC (METRO) | 73 | 16.490708 |
| 229 | ZARAGOZA (METRO) - CHAPULTEPEC (METRO) | 40 | 10.817453 |
| 230 | PANTITLÁN (METRO) - TACUBA (METRO) | 102 | 15.484827 |

| FID | Nombre | Tiempo de viaje | Long kms |
|-----|--|-----------------|-----------|
| 231 | CUERNITO - AYUNTAMIENTO | 72 | 11.685043 |
| 232 | PANTITLAN (CETRAM) - UAM-I (METRO) | 57 | 9.990709 |
| 233 | CENTRAL DE ABASTO - CUARTA AVENIDA | 74 | 16.000106 |
| 234 | GUELATAO (METRO) - CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) | 37 | 8.27064 |
| 235 | PANTITLÁN (METRO) - UAM I (METRO) | 71 | 9.572082 |
| 236 | LEYES DE REFORMA (METROBÚS) - IZTAPALAPA (METRO) | 27 | 6.40363 |
| 237 | CHAPULTEPEC (METRO) - ESTADIO CIUDAD UNIVERSITARIA | 53 | 10.564076 |
| 238 | OBSERVATORIO (METRO) - P.F.P HACIENDA | 16 | 3.267204 |
| 239 | SANTA ROSA XOCHIAAC - YAQUI | 41 | 10.337391 |
| 240 | IZTAPALAPA (METRO) - TEZONTLE | 28 | 5.569379 |
| 241 | CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) - PANTITLÁN (METRO) | 72 | 12.330753 |
| 242 | MIXCOAC - BOULEVARD PUERTO AEREO (METRO) | 44 | 15.352739 |
| 243 | MERCADO IZTAPALAPA - LEYES DE REFORMA (METROBÚS) | 29 | 5.59354 |
| 244 | COLONIA DEL SOL - PANTITLÁN (METRO) | 24 | 5.73203 |
| 245 | CHAPULTEPEC (METRO) - CUAJIMALPA CONTADERO | 98 | 21.019666 |
| 246 | IZTACALCO CENTRO - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | 21 | 3.774343 |
| 247 | CENTRAL DE ABASTO - CONSTITUCIÓN 1917 (METRO) | 28 | 5.344486 |
| 248 | MÓDULO CORPUS CHRISTI - OBSERVATORIO (METRO) | 46 | 8.317652 |
| 249 | UAM IZTAPALAPA - ZAPATA (METRO) | 54 | 16.191151 |
| 250 | PLAZA JARDÍN - TEPALCATES (METRO) | 17 | 4.951155 |
| 251 | PANTITLÁN (METRO) - ESPERANZA KM 14 | 34 | 11.190496 |
| 252 | PLAZA CIUDAD JARDÍN - PANTITLÁN (METRO) | 23 | 6.553064 |
| 253 | SANTA MARTA (METRO) - UAM I (METRO) | 38 | 9.350583 |
| 254 | PANTITLÁN (METRO) - 4A AVENIDA (LÓPEZ MATEOS) | 19 | 6.776717 |
| 255 | ARENAL CUARTA SECCIÓN - ZARAGOZA (METRO) | 25 | 5.440556 |
| 256 | HOSPITAL GENERAL - SANTA CRUZ MEYEHUALCO | 68 | 19.944872 |
| 257 | MANZANASTITLA - CUAJIMALPA | 21 | 1.187825 |
| 258 | SAN SEBASTIAN - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | 50 | 12.256709 |
| 259 | PANTITLÁN (METRO) - ADOLFO LÓPEZ MATEOS (AVENIDA) | 21 | 5.597805 |
| 260 | CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) - SANTA MARTA (METRO) | 24 | 8.024894 |
| 261 | SAN BARTOLO AMEYALCO - MIXCOAC (METRO) | 73 | 12.211639 |
| 262 | MONTADA - VIADUCTO (METRO) | 63 | 13.498215 |
| 263 | CHAPULTEPEC (METRO) - PANTITLÁN (METRO) | 67 | 13.061698 |
| 264 | LA RAZA (METRO) - TACUBAYA (METRO) | 53 | 10.466992 |
| 265 | MIXCOAC (METRO) - SAN ÁNGEL | 23 | 3.446336 |
| 266 | SAN ANTONIO (METRO) - CENTRAL DE ABASTO | 57 | 10.392839 |
| 267 | IZTAPALAPA - ZARAGOZA (METRO) | 54 | 8.035379 |
| 268 | CENTRAL DE ABASTO - SAN PABLO | 47 | 9.885201 |
| 269 | ZAPATA (METRO) - CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) | 55 | 11.959892 |
| 270 | ACOPIILCO - CUAJIMALPA | 33 | 6.873756 |

| FID | Nombre | Tiempo de viaje | Long kms |
|-----|---|-----------------|-----------|
| 271 | CUAJIMALPA - TACUBAYA (METRO) | 33 | 15.539406 |
| 272 | FERIA DE CHAPULTEPEC - CHAPULTEPEC (METRO) | 14 | 2.42502 |
| 273 | PORTALES (METRO) - ACATITLA (METRO) | 103 | 20.340733 |
| 274 | OBSERVATORIO (METRO) - CLÍNICAS 4 Y 8 | 42 | 9.69229 |
| 275 | SANTA MARTA (METRO) - IZTAPALAPA (METRO) | 64 | 11.544371 |
| 276 | CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) - CANAL DE SAN JUAN (METRO) | 51 | 8.057347 |
| 277 | SANTA CRUZ MEYAHUALCO - HOSPITAL GENERAL | 105 | 21.416503 |
| 278 | PANTEÓN DOLORES - CHAPULTEPEC (METRO) | 18 | 5.857409 |
| 279 | TACUBAYA (METRO) - LA LOMA SANTA FE | 50 | 9.775103 |
| 280 | PARQUE MÉXICO - UNIDAD EL ROSARIO BACHILLERES | 87 | 12.895669 |
| 281 | BILBAO - ATLALILCO (METRO) | 24 | 5.543258 |
| 282 | CERRO DE LA ESTRELLA (METRO) - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | 37 | 9.638202 |
| 283 | SAN ÁNGEL - OBSERVATORIO (METRO) | 54 | 8.560197 |
| 284 | AGRÍCOLA ORIENTAL (METRO) - CENTRAL DE ABASTO | 24 | 5.202215 |
| 285 | SANTA ELENA - PANTITLÁN (METRO) | 47 | 14.921319 |
| 286 | ZAPATA (METRO) - VICENTE GUERRERO | 73 | 15.373955 |
| 287 | IZCALLI NEZAHUALCÓYOTL - PANTITLÁN (METRO) | 38 | 11.486031 |
| 288 | OBSERVATORIO (METRO) - TOLUCA | 69 | 54.403932 |
| 289 | CHAPULTEPEC (METRO) - OBSERVATORIO (METRO) | 35 | 4.695693 |
| 290 | LA BOMBILLA - TASQUEÑA (METRO) | 32 | 5.103154 |
| 291 | PANTITLÁN (METRO) - LAGUNA SAN CRISTÓBAL Y LÓPEZ MATEOS | 20 | 5.186671 |
| 292 | BALBUENA (METRO) - POZOS (AVENIDA) | 66 | 15.45156 |
| 293 | ESPERANZA PALACIO - IZCALLI NEZAHUALCÓYOTL | 34 | 10.321515 |
| 294 | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - CENTRAL DE ABASTO | 27 | 6.646661 |
| 295 | UPICSA - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | 16 | 3.335899 |
| 296 | CENTRAL DE ABASTO - SAN ÁNGEL | 63 | 12.695412 |
| 297 | PASEOS DE CHURUBUSCO - XOLA (METRO) | 29 | 6.119878 |
| 298 | XOLA (METRO) - PARQUE TEZONTLE POR ATRAS DE WALMART | 40 | 7.095244 |
| 299 | CENTRAL DE ABASTO - VILLA DE CORTÉS (METRO) | 32 | 6.039301 |
| 300 | CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) - ALAMEDA ORIENTE | 50 | 10.743888 |
| 301 | ROMERO VIRGENES - PUEBLA (METRO) | 46 | 8.627501 |
| 302 | GUELATAO (METRO) - HOSPITAL GUSTAVO BAZ | 25 | 4.640059 |
| 303 | ESTADIO NEZA - PANTITLÁN (METRO) | 32 | 10.571449 |
| 304 | ZAPATA (METRO) - SAN BARTOLO AMEYALCO | 83 | 14.61107 |
| 305 | CHAPULTEPEC (METRO) - SANTA MARTA (METRO) | 87 | 21.935652 |
| 306 | EL VERGEL - CHAPULTEPEC (METRO) | 76 | 9.659128 |
| 307 | TASQUEÑA (METRO) - COPILCO (METRO) | 23 | 5.243153 |
| 308 | OBSERVATORIO (METRO) - INTERLOMAS OLIVO | 49 | 14.32739 |
| 309 | SANTA MARTA (METRO) - ZAPATA (METRO) | 86 | 22.687418 |

| FID | Nombre | Tiempo de viaje | Long kms |
|-----|--|-----------------|-----------|
| 310 | SAN ÁNGEL - CHAPULTEPEC (METRO) | 35 | 9.243911 |
| 311 | IZTACALCO (METRO) - CLÍNICA 25 | 53 | 8.93926 |
| 312 | UNIDAD HABITACIONAL REY NEZA - PANTITLÁN (METRO) | 48 | 11.999965 |
| 313 | HOTEL DE MÉXICO - SANTA FE | 54 | 12.462572 |
| 314 | SANTA MARTA (METRO) - ESTADIO NEZA | 25 | 6.165305 |
| 315 | TASQUEÑA (METRO) - SANTA CRUZ MEYAHUALCO | 51 | 12.815543 |
| 316 | TACUBAYA (METRO) - HUIXQUILUCAN | 79 | 25.218818 |
| 317 | OBSERVATORIO (METRO) - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | 63 | 18.189824 |
| 318 | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - TACUBAYA (METRO) | 54 | 17.18839 |
| 319 | ORIENTE 106 - VIADUCTO (METRO) | 31 | 4.95113 |
| 320 | ESTADIO CIUDAD UNIVERSITARIA - ETIOPÍA (METRO) | 52 | 9.708383 |
| 321 | PLAZA EL SALADO - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | 47 | 11.721379 |
| 322 | RAMOS MILLÁN - VIADUCTO (METRO) | 33 | 6.383087 |
| 323 | TACUBAYA (METRO) - SAN FERNANDO VISTA HERMOSA | 39 | 13.904202 |
| 324 | IMAN (INSURGENTES) - HUIPULCO | 18 | 4.079488 |
| 325 | COYOACÁN (METRO) - VILLA COAPA | 53 | 12.49986 |
| 326 | PINO SUÁREZ (METRO) - XOCHIMILCO CENTRO | 45 | 21.978585 |
| 327 | TASQUEÑA (METRO) - UNIVERSIDAD (METRO) | 34 | 5.521099 |
| 328 | IMAN DIRECTO - TASQUEÑA (METRO) | 34 | 5.536461 |
| 329 | COPILO (METRO) - CERRO DEL JUDÍO | 57 | 8.944238 |
| 330 | HUIPULCO (CETRAM) - CASETA | 14 | 9.069026 |
| 331 | SAN BUENAVENTURA - GÓMEZ FARÍAS (METRO) | 48 | 27.890425 |
| 332 | AZTECAS (AVENIDA) UNIVERSIDAD LATINA - CERRO DEL JUDÍO | 62 | 10.914732 |
| 333 | OYAMEL - MIGUEL ÁNGEL DE QUEVEDO (METRO) | 77 | 14.671389 |
| 334 | UNIVERSIDAD (METRO) - VILLA PANAMERICANA | 15 | 3.465512 |
| 335 | GLORIETA TARASQUILLO - MIGUEL ÁNGEL DE QUEVEDO (METRO) | 78 | 12.337579 |
| 336 | TASQUEÑA (METRO) - COTIJA | 34 | 4.698004 |
| 337 | LOMAS DE SAN LORENZO - TASQUEÑA (METRO) | 82 | 13.754291 |
| 338 | HUIPULCO - SANTO TOMÁS AJUSCO | 81 | 20.960623 |
| 339 | ARCOS CUAUTLA - CANDELARIA (METRO) | 137 | 93.196162 |
| 340 | NEZAHUALPILLI - UNIVERSIDAD (METRO) | 40 | 6.315308 |
| 341 | ESTADIO AZTECA - UNIVERSIDAD (METRO) | 24 | 3.505301 |
| 342 | PERIFERICO - SAN LÁZARO (METRO) | 38 | 14.596094 |
| 343 | MILPA ALTA - TASQUEÑA (METRO) | 96 | 25.291585 |
| 344 | XOCHIMILCO - SANTA CRUZ ACALPIXCA | 21 | 5.17574 |
| 345 | CALLE 11 (METRO) - IZTAPALAPA (METRO) | 39 | 6.522368 |
| 346 | TULYEHUALCO - TEPALCATES (METRO) | 79 | 24.543389 |
| 347 | RECLUSORIO ORIENTE - CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) | 30 | 3.840023 |
| 348 | PINO SUÁREZ (METRO) - HUIPULCO | 23 | 8.95548 |
| 349 | XOCHIMILCO CENTRO - 20 DE NOVIEMBRE (AVENIDA) | 56 | 19.815945 |

| FID | Nombre | Tiempo de viaje | Long kms |
|-----|--|-----------------|-----------|
| 350 | EL RELOJ - UNIVERSIDAD (METRO) | 26 | 4.013495 |
| 351 | CANAL DE CHALCO (AVENIDA) - CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) | 32 | 5.659607 |
| 352 | UACM SAN LORENZO TEZONCO - UACM SAN LORENZO TEZONCO | 74 | 7.797198 |
| 353 | VILLA PANAMERICANA - CETRAM UNIVERSIDAD | 15 | 1.985133 |
| 354 | 2 DE OCTUBRE - SAN ÁNGEL | 81 | 12.907038 |
| 355 | CETRAM UNIVERSIDAD - BOSQUES DEL PEDREGAL | 56 | 15.909409 |
| 356 | HORNOS (CALLE CHANTEPEC) - ESTADIO AZTECA | 29 | 6.010401 |
| 357 | TLAHUAC (METRO) - MIXQUI TECOMIL | 77 | 13.709829 |
| 358 | TASQUEÑA (METRO) - TLAXOPAN | 69 | 15.737223 |
| 359 | HUIPULCO - TEPEXIMILPA | 46 | 7.125736 |
| 360 | TLÁHUAC (PARADERO) - TASQUEÑA (METRO) | 63 | 19.664553 |
| 361 | NEZAHUALPILLI - COPILCO (METRO) | 28 | 4.579803 |
| 362 | CHALCO - TLÁHUAC (PARADERO) | 20 | 11.022566 |
| 363 | ESTADIO AZTECA - TOPILEJO | 68 | 17.83601 |
| 364 | UNIVERSIDAD (METRO) - COL. HIDALGO CRUCERO. | 39 | 8.234578 |
| 365 | LOMAS DE SAN LORENZO - 10 MAYO | 18 | 3.06322 |
| 366 | XOCHIMILCO - HUIPULCO | 46 | 6.889122 |
| 367 | CETRAM UNIVERSIDAD - 2 DE OCTUBRE | 35 | 11.223969 |
| 368 | HUIPULCO - CORREGIDORA | 61 | 8.101279 |
| 369 | GÓMEZ FARÍAS (METRO) - VILLAS DE CHALCO | 59 | 33.18878 |
| 370 | CETRAM UNIVERSIDAD - CASINO | 54 | 12.451579 |
| 371 | MOCTEZUMA (METRO) - TULYEHUALCO | 70 | 31.516889 |
| 372 | TASQUEÑA (METRO) - UAM XOCHIMILCO / VALLE DE SAN LORENZO | 55 | 12.459259 |
| 373 | PINO SUÁREZ (METRO) - SANTIAGO TECALPATLALPAN | 69 | 21.916883 |
| 374 | CALIZ (EL RELOJ) - UNIVERSIDAD (METRO) | 29 | 4.537844 |
| 375 | HUIPULCO (CETRAM) - ZAPATA (METRO) | 96 | 14.513073 |
| 376 | CUEMANCO - SALTO DEL AGUA (METRO) | 109 | 21.77619 |
| 377 | UNIVERSIDAD (METRO) - MILPAS CHICHICASPA | 76 | 13.4616 |
| 378 | MILPA ALTA - XOCHIMILCO CENTRO | 56 | 16.816329 |
| 379 | SAN ÁNGEL - SANTA ROSA XOCHIAC | 83 | 14.381651 |
| 380 | CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) - MINAS IZTAPALAPA | 28 | 5.522089 |
| 381 | XOCHIMILCO - TASQUEÑA (METRO) | 65 | 12.920664 |
| 382 | PEDREGAL - MIGUEL ÁNGEL DE QUEVEDO (METRO) | 50 | 11.934312 |
| 383 | CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) - UACM SAN LORENZO TEZONCO | 56 | 8.997512 |
| 384 | TEPEXIMILPA - UNIVERSIDAD (METRO) | 56 | 10.462761 |
| 385 | SAN LÁZARO (METRO) - TEC DE MONTERREY | 80 | 18.54473 |
| 386 | CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) - AGRÍCOLA METROPOLITANA | 44 | 9.278969 |
| 387 | CHAPULTEPEC (METRO) - COLONIA ESPARTACO | 72 | 13.592246 |
| 388 | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - 10 DE MAYO | 59 | 14.151917 |
| 389 | RECLUSORIO SUR - TASQUEÑA (METRO) | 57 | 17.552302 |

| FID | Nombre | Tiempo de viaje | Long kms |
|------------|---|------------------------|-----------------|
| 390 | VIVEROS (METRO) - JUDÍO TANQUE | 65 | 11.163816 |
| 391 | MIGUEL HIDALGO (COLONIA) - HUIPULCO | 48 | 8.729688 |
| 392 | UNIVERSIDAD (METRO) - PLAZA CANTIL | 29 | 3.624892 |
| 393 | DEPORTIVA XOCHIMILCO - TASQUEÑA (METRO) | 33 | 9.49065 |
| 394 | XOCHIMILCO CENTRO - ALAMEDA ORIENTE | 90 | 24.001385 |
| 395 | SAN ÁNGEL - SAN BERNABÉ | 54 | 10.744991 |
| 396 | ZONA DE HOSPITALES - PINO SUÁREZ (METRO) | 38 | 15.778462 |
| 397 | OYAMEL - TASQUEÑA (METRO) | 103 | 18.569873 |
| 398 | APOLOCALCO - SANTA MARTA (METRO) | 22 | 4.74931 |
| 399 | TASQUEÑA (METRO) - LOMAS ESTRELLA | 46 | 7.679929 |
| 400 | UNIVERSIDAD (METRO) - CARRETERA PICACHO AJUSCO | 53 | 9.371658 |
| 401 | SAN LÁZARO (METRO) - TLÁHUAC (METRO) | 115 | 31.295059 |
| 402 | 2 DE OCTUBRE - UNIVERSIDAD (METRO) | 63 | 11.466862 |
| 403 | IMAN - TASQUEÑA (METRO) | 57 | 8.727143 |
| 404 | GENERAL ANAYA (METRO) - CIUDAD UNIVERSITARIA | 49 | 7.300066 |
| 405 | SAN ÁNGEL - NEZAHUALPILLI AZTECAS | 27 | 6.650363 |
| 406 | HOSPITAL DE PEMEX - UNIVERSIDAD (METRO) | 26 | 1.867437 |
| 407 | TULYEHUALCO - MILPA ALTA | 47 | 9.753376 |
| 408 | CETRAM UNIVERSIDAD - FUENTES BROTTANTES FOVISSSTE | 25 | 6.117857 |
| 409 | ZAPATA (METRO) - HUIPULCO | 78 | 13.060525 |
| 410 | SAN NICOLÁS TOTOLAPAN - MIGUEL ÁNGEL DE QUEVEDO (METRO) | 31 | 10.001309 |
| 411 | HUIPULCO - COLONIA HIDALGO - CORREGIDORA | 66 | 11.021549 |
| 412 | HUIPULCO - MÓDULO R-100 | 62 | 6.681768 |
| 413 | UACM SAN LORENZO TEZONCO - TASQUEÑA (METRO) | 107 | 13.628933 |
| 414 | XOCHIMILCO CENTRO - HUIPULCO | 16 | 5.816288 |
| 415 | HUIPULCO - CETRAM UNIVERSIDAD | 13 | 4.198635 |
| 416 | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - IXTAPALUCA | 55 | 25.989704 |
| 417 | SECUNDARIA 224 - XOCHIMILCO CENTRO | 40 | 5.852997 |
| 418 | ZAPOTITLÁN (METRO) - BOSQUE DE TLÁHUAC | 18 | 4.874208 |
| 419 | LOS HÉROES IXTAPALUCA - SANTA MARTA (METRO) | 55 | 16.201274 |
| 420 | DESIERTO DE LOS LEONES - VIVEROS (METRO) | 68 | 18.166527 |
| 421 | HUIPULCO - UNIVERSIDAD (METRO) | 19 | 3.437332 |
| 422 | ZAPOTITLÁN (METRO) - UNIVERSIDAD MARISTA | 22 | 4.446764 |
| 423 | PEMEX - VILLA COAPA | 123 | 22.601119 |
| 424 | SAN NICOLÁS TOTOLAPAN - METRO MIGUEL ANGEL DE QUEVEDO | 46 | 10.313222 |
| 425 | SAN LÁZARO - VILLA COAPA VAQUERITOS | 63 | 19.192179 |
| 426 | XOCHIMILCO CENTRO - ESTADIO CIUDAD UNIVERSITARIA | 50 | 15.406917 |
| 427 | COYOACÁN (METRO) - HUIPULCO | 35 | 8.665897 |
| 428 | TASQUEÑA (METRO) - LA JOYA VALLE VERDE | 61 | 14.822557 |
| 429 | MALITZIN Y AGUAYO COYOACAN - AV AZTECAS Y NEZAHUALPILLI | 37 | 6.148764 |

| FID | Nombre | Tiempo de viaje | Long kms |
|-----|---|-----------------|-----------|
| 430 | MIGUEL ÁNGEL DE QUEVEDO (METRO) - SAN NICOLAS CAZULCO | 49 | 12.281295 |
| 431 | SAN ÁNGEL - MERCADO DE LA BOLA | 34 | 4.845733 |
| 432 | ESTADIO AZTECA - LOPEZ PORTILLO | 18 | 5.450862 |
| 433 | PREPA 5 - UNIVERSIDAD (METRO) | 45 | 7.766654 |
| 434 | CALLE 29 DE OCTUBRE - BARRANCA DEL MUERTO (METRO) | 37 | 10.84653 |
| 435 | HUIPULCO - SAN PEDRO MÁRTIR ISSFAM | 15 | 3.99834 |
| 436 | CUEMANCO - PEMEX | 107 | 21.779674 |
| 437 | OBSERVATORIO (METRO) - SANTA CATARINA | 102 | 31.249916 |
| 438 | ZAPATA Y CANAL DE CHALCO - TEZONCO (METRO) | 18 | 2.218771 |
| 439 | CERRO DEL JUDIO - COPILCO (METRO) | 43 | 7.588129 |
| 440 | XOCHIMILCO CENTRO - TULYEHUALCO | 56 | 12.91418 |
| 441 | FUENTES BROTTANTES FOVISSSTE - PINO SUÁREZ (METRO) | 65 | 20.549481 |
| 442 | CERRO DE LA ESTRELLA (METRO) - CALLE 11 (METRO) | 21 | 3.633179 |
| 443 | TASQUEÑA (METRO) - NOPALERA | 71 | 12.006235 |
| 444 | UNIVERSIDAD (METRO) - VILLA COAPA | 65 | 12.395121 |
| 445 | DIVISIÓN DEL NORTE ESPARTACO - CHAPULTEPEC (METRO) | 69 | 10.971446 |
| 446 | CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) - PIRAÑA | 69 | 6.658957 |
| 447 | CANDELARIA (METRO) - OZUMBA | 109 | 67.80064 |
| 448 | CHALCO - SANTA MARTA (METRO) | 52 | 18.739068 |
| 449 | HUIPULCO - RECLUSORIO SUR CIUDAD DE MEXICO | 20 | 4.801372 |
| 450 | CETRAM UNIVERSIDAD - SAN ÁNGEL | 21 | 3.212082 |
| 451 | FUENTES BROTTANTES FOVISSSTE - UNIVERSIDAD (METRO) | 27 | 6.294591 |
| 452 | MARIQUITA SANCHEZ - TASQUEÑA (METRO) | 36 | 4.423904 |
| 453 | PREPA 5 - CHAPULTEPEC (METRO) | 82 | 13.828959 |
| 454 | MÓDULO R. 100 - HUIPULCO | 31 | 6.063451 |
| 455 | UNIVERSIDAD (METRO) - ENCINAL 2 DE OCTUBRE | 57 | 10.614738 |
| 456 | VILLA COAPA VAQUERITOS - SAN LÁZARO (METRO) | 60 | 18.205105 |
| 457 | CUEMANCO - PLAZA CARSO | 113 | 20.882985 |
| 458 | TASQUEÑA (METRO) - BOSQUES DEL PEDREGAL | 87 | 20.536715 |
| 459 | IMÁN - TASQUEÑA (METRO) | 48 | 6.279745 |
| 460 | SAN LÁZARO (METRO) - UAM XOCHIMILCO | 74 | 16.448485 |
| 461 | SAN ÁNGEL - SAN BARTOLO AMEYALCO | 47 | 10.498579 |
| 462 | GEOVILLAS DE SANTA BARBARA - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | 58 | 26.722933 |
| 463 | UAM XOCHIMILCO - TASQUEÑA (METRO) | 40 | 5.831691 |
| 464 | HUIPULCO - COLONIA HIDALGO CORREGIDORA | 67 | 9.946376 |
| 465 | MEXICALTZINGO (METRO) - BILBAO | 29 | 6.258751 |
| 466 | SAN LORENZO TEZONCO - QUETZALCOATL | 23 | 3.633475 |
| 467 | EL TANQUE - AVENIDA AZTECAS | 62 | 11.314924 |
| 468 | VALLE VERDE - LA JOYA - TASQUEÑA (METRO) | 57 | 15.606455 |
| 469 | BOSQUE DE NATIVITAS - TASQUEÑA (METRO) | 66 | 15.341646 |

| FID | Nombre | Tiempo de viaje | Long kms |
|-----|---|-----------------|-----------|
| 470 | LA CONCHITA - TASQUEÑA (METRO) | 79 | 12.198384 |
| 471 | ESTADIO AZTECA - LA FAJA | 42 | 16.678893 |
| 472 | SAN LÁZARO (METRO) - PERIFÉRICO | 53 | 15.021277 |
| 473 | UNIVERSIDAD (METRO) - SANTA MARTA (METRO) | 88 | 25.916048 |
| 474 | UNIVERSIDAD (METRO) - UAM XOCHIMILCO | 59 | 10.895116 |
| 475 | MILPA ALTA CENTRO - SAN ISIDRO TULYEHUALCO | 36 | 8.699426 |
| 476 | FLAMENCOS - HUIPULCO | 40 | 16.01924 |
| 477 | SAUZALES - UNIVERSIDAD (METRO) | 37 | 7.604002 |
| 478 | VILLA COAPA VAQUERITOS - CETRAM UNIVERSIDAD | 80 | 12.853332 |
| 479 | AMECAMECA - PUENTE ROJO | 84 | 31.311788 |
| 480 | MIGUEL ÁNGEL DE QUEVEDO - SAN NICOLAS TOTOLAPAN CAZULCO LA MAGDALENA CONTRERAS | 64 | 11.182347 |
| 481 | XOCHIMILCO CENTRO - TASQUEÑA (METRO) | 36 | 5.66739 |
| 482 | CANDELARIA (METRO) - CUAUTLA ARCOS | 148 | 94.367855 |
| 483 | IXTAPALUCA CENTRO - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | 49 | 25.919145 |
| 484 | CLINICA 25 - TULYEHUALCO | 63 | 22.680341 |
| 485 | MANIFIESTO - GENERAL ANAYA (METRO) | 36 | 7.551659 |
| 486 | HUIPULCO - CANAL DE CHALCO (AVENIDA) | 33 | 8.511428 |
| 487 | SAN MARCOS - XOCHIMILCO CENTRO | 11 | 1.540982 |
| 488 | CETRAM UNIVERSIDAD - TASQUEÑA (METRO) | 55 | 10.816583 |
| 489 | HUIPULCO - ESTADIO CIUDAD UNIVERSITARIA | 28 | 2.976967 |
| 490 | SAN ÁNGEL - UNIVERSIDAD (METRO) | 33 | 6.550532 |
| 491 | TASQUEÑA (METRO) - LA MORA | 65 | 12.563379 |
| 492 | PANTITLÁN (METRO) - NOPALERA | 95 | 21.376908 |
| 493 | CENTRAL DE ABASTO - MILPA ALTA | 126 | 31.862809 |
| 494 | MERCED - RECLUSORIO ORIENTE | 108 | 17.808476 |
| 495 | MINAS IZTAPALAPA - PUENTE TITLA | 66 | 10.743346 |
| 496 | CALLE 11 (METRO) - NATIVITAS (METRO) | 79 | 12.788541 |
| 497 | CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) - CALLE 11 (METRO) | 49 | 8.639263 |
| 498 | TASQUEÑA (METRO) - VALLE DE CHALCO | 48 | 11.642185 |
| 499 | CANAL DE CHALCO (AVENIDA) - HUIPULCO (CETRAM) | 32 | 8.500716 |
| 500 | CALZADA DEL HUESO - TLÁHUAC (PARADERO) | 80 | 19.751774 |

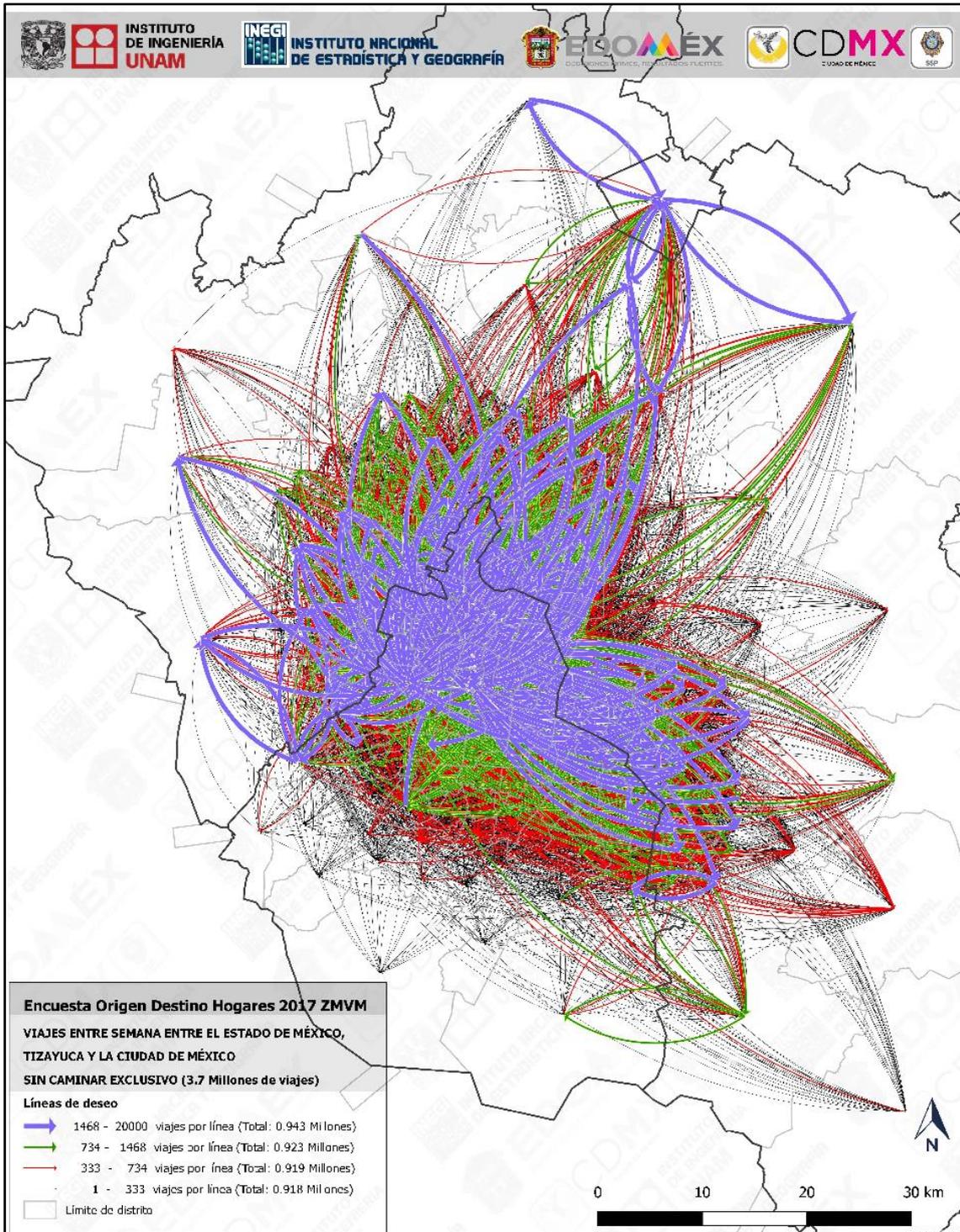
B. Ramales que operan en cada CETRAM

La tabla mostrada a continuación corresponde a los ramales que operan en los CETRAM que El Poder del Consumidor registró con base en observaciones y en la página de CETRAM.

| No. | CETRAM | RUTAS | No. | CETRAM | RUTAS |
|-----|-------------------------|---|-----|----------------------|--|
| 1 | El Rosario | 003, 023, 028 | 27 | Barranca del Muerto | 002, 025, 057, 098 |
| 2 | Refinería | 017, 023, 099 | 28 | Dr. Gálvez | 001, 002, 016, 041, 042, 043, 045, 060, 066, 087 |
| 3 | Miguel Ángel de Quevedo | 001, 002, 016, 041, 042, 043, 060 | 29 | Observatorio | 002, 004, 005, 015, 024, 054, 089 |
| 4 | Taxqueña | 001, 012, 013, 026, 044, 050, 056, 081, 084, 087, 091, 094 | 30 | Huipulco | 001, 002, 013, 026, 039, 040, 070, 073, 075, 079, 095, 098 |
| 5 | Universidad | 001, 013, 034, 040, 060, 076, 095 | 31 | Deportivo Xochimilco | 020, 026, 055, 093 |
| 6 | Viveros | 001, 042, 043, 060 | 32 | Xochimilco | 020, 026, 081 |
| 7 | Deportivo 18 de Marzo | 002, 003, 018, 068 | 33 | Mixcoac | 002, 015, 025, 027, 057, 098 |
| 8 | Ferropiazza | 002, 003, 018, 058 | 34 | Zapata | 001, 002, 025 |
| 9 | Indios Verdes | 002, 018, 064, 068 | 35 | Chapultepec | 002, 003, 023, 024 |
| 10 | La Raza | 001, 002, 003, 068 | 36 | Oaxaca | 001, 002, 080 |
| 11 | Martín Carrera | 018, 058 | 37 | San Antonio Abad | 001, 009, 026, 031, 078 |
| 12 | Politécnico | 001, 003 | 38 | Tacuba | 001, 017, 023, 028, 099 |
| 13 | Potrero | 001, 002, 003, 018, 058, 068 | 39 | Tacubaya | 001, 002, 004, 005, 019, 024, 027, 046, 080, 089, 098 |
| 14 | Villa Cantera | 002, 003, 018, 058 | 40 | Balbuena | 001, 003, 009, 022, 028, 058, 104 |
| 15 | Canal de San Juan | 001, 009, 011, 022, 027, 049, 051, 071, 074, 077, 085, 086, 104 | 41 | Moctezuma | 001, 003, 009, 012, 022, 058, 104 |
| 16 | Coyuya | 001, 010, 011, 012, 027, 031, 078, 101 | 42 | Pantitlán | 001, 009, 011, 019, 022, 027, 102 |
| 17 | Santa Anita | 001, 010, 011, 014, 019, 031, 056, 078, 101 | 43 | Bld. Puerto Aéreo | 001, 003, 009, 010, 011, 022, 028, 071, 077, 104 |
| 18 | Acatitla | 001, 009, 051, 071, 074, 077, 104 | 44 | San Lázaro | 001, 003, 009, 012, 022, 058, 104 |
| 19 | Apatlaco | 001, 010, 012, 025, 027 | 45 | Zaragoza | 001, 009, 011, 019, 022, 028, 071, 074, 077, 085, 102, 104 |
| 20 | Canal de Garay | 014, 035, 091 | 46 | Buenavista | 001, 002, 028 |
| 21 | Central de Abastos | 001, 011, 014 | 47 | Canal de Chalco | 002, 013, 014, 035, 050, 094 |
| 22 | Constitución de 1917 | 001, 011, 014, 037 | 48 | Periférico Oriente | 012, 014, 035, 056, 091 |
| 23 | Escuadrón 201 | 001, 010, 012, 014, 025 | 49 | Tláhuac | 050, 051, 056, 062, 094 |
| 24 | Iztapalapa | 001, 011, 014, 025 | 50 | Azteca | 003, 018 |
| 25 | Santa Martha | 009, 014, 051, 071, 077, 104 | 51 | Cuatro Caminos | 017, 023, 028, 099 |
| 26 | Tepalcates | 001, 009, 027, 031, 051, 071, 074, 077, 078, 085, 086, 104 | | | |

C. Líneas de deseo en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)

Conjunto de líneas de deseo de todos los orígenes a todos los destinos en toda la Zona Metropolitana del Valle de México. Fuente: Instituto de Ingeniería, UNAM.



D. Selección de CETRAM con respecto a la oferta

Los CETRAM que tienen relleno rojo son los que fueron elegidos para el estudio, los verdes fueron descartados porque no cumplieron con el indicador (que se muestra en la tabla en la esquina derecha). Las rutas que se muestran en rosa son aquellas que tenían origen o destino en el nodo que se estudia, las demás rutas solo pasaban por el nodo.

| | | |
|--|---|-----------|
| CETRAM "BARRANCA DEL MUERTO" | Nombre | 0.2222222 |
| | SAN ÁNGEL - BARRANCA DEL MUERTO (METRO) | 2 |
| | CALLE 29 DE OCTUBRE - BARRANCA DEL MUERTO (METRO) | |
| | PLAZA LORETO - CHAPULTEPEC (METRO) | 9 |
| | DR. GÁLVEZ - CHAPULTEPEC (METRO) | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - ESTADIO CIUDAD UNIVERSITARIA | |
| | MIXCOAC (METRO) - SAN ÁNGEL | |
| | OBSERVATORIO (METRO) - CLÍNICAS 4 Y 8 | |
| | SAN ÁNGEL - OBSERVATORIO (METRO) | |
| | SAN ÁNGEL - CHAPULTEPEC (METRO) | |
| SAN ÁNGEL - CHAPULTEPEC (METRO) | | |
| CETRAM "DR.GALVEZ" | Nombre | 0.0714286 |
| | DR. GÁLVEZ - CHAPULTEPEC (METRO) | 1 |
| | SAN ÁNGEL - BARRANCA DEL MUERTO (METRO) | 14 |
| | PLAZA LORETO - CHAPULTEPEC (METRO) | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - ESTADIO CIUDAD UNIVERSITARIA | |
| | OBSERVATORIO (METRO) - CLÍNICAS 4 Y 8 | |
| | SAN ÁNGEL - OBSERVATORIO (METRO) | |
| | CENTRAL DE ABASTO - SAN ÁNGEL | |
| | SAN ÁNGEL - CHAPULTEPEC (METRO) | |
| | SAN ÁNGEL - SANTA ROSA XOCHIAH | |
| | VIVEROS (METRO) - JUDÍO TANQUE | |
| | MIGUEL ÁNGEL DE QUEVEDO (METRO) - SAN NICOLAS CAZULCO | |
| | CALLE 29 DE OCTUBRE - BARRANCA DEL MUERTO (METRO) | |
| | SAN ÁNGEL - SAN BARTOLO AMEYALCO | |
| SAN ÁNGEL - UNIVERSIDAD (METRO) | | |
| CETRAM "OBSERVATORIO" | Nombre | 1 |
| | OBSERVATORIO (METRO) - ACOPIILCO | 10 |
| | OBSERVATORIO (METRO) - LA ARAÑA | |
| | OBSERVATORIO (METRO) - P.F.P HACIENDA | |
| | MÓDULO CORPUS CHRISTI - OBSERVATORIO (METRO) | |
| | OBSERVATORIO (METRO) - CLÍNICAS 4 Y 8 | |
| | SAN ÁNGEL - OBSERVATORIO (METRO) | |
| | OBSERVATORIO (METRO) - TOLUCA | |
| CHAPULTEPEC (METRO) - OBSERVATORIO (METRO) | | |

| | | |
|-------------------------------------|--|-----------|
| | OBSERVATORIO (METRO) - INTERLOMAS OLIVO | |
| | OBSERVATORIO (METRO) - SANTA CATARINA | |
| CETRAM "EL ROSARIO" | Nombre | 0.8076923 |
| | EL ROSARIO (METRO) - SAN MARTÍN | 21 |
| | EL ROSARIO (METRO) - MUNDO E | |
| | EL ROSARIO (METRO) - AMPLIACIÓN HIGUERA | |
| | CUATRO CAMINOS (METRO) - EL ROSARIO (METRO) | |
| | EL ROSARIO (METRO) - HIGUERA | |
| | EL ROSARIO (METRO) - CUITLÁHUAC (METRO) | |
| | EL ROSARIO (METRO) - SAN ANTONIO | |
| | MEXICO 86 - EL ROSARIO (METRO) | |
| | INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TLALNEPANTLA - EL ROSARIO (METRO) | |
| | MADIN POR FUENTES D. SATELITE - EL ROSARIO (METRO) | |
| | EL ROSARIO (METRO) - CALACOAYA MONTESOL | |
| | EL ROSARIO (METRO) - BELLAVISTA CALACOAYA | |
| | EL ROSARIO (METRO) - PANTEÓN CAHUACÁN | |
| | NARANJA - EL ROSARIO (METRO) | |
| | EL ROSARIO (METRO) - VILLA DE LAS FLORES | |
| | EL ROSARIO (METRO) - DEFENSA | |
| | REAL DEL BOSQUE - EL ROSARIO (METRO) | |
| | EL ROSARIO (METRO) - LIBERTAD BUENAVISTA | |
| | EL ROSARIO (METRO) - TACUBA (METRO) | |
| | EL ROSARIO (METRO) - PLAZA SATÉLITE | |
| EL TESORO - EL ROSARIO (METRO) | | |
| CETRAM "REFINERÍA" | Nombre | 0 |
| | EL ROSARIO (METRO) - CUITLÁHUAC (METRO) | 6 |
| | POPOTLA (METRO) - UNIDAD CTM EL ROSARIO 2 | |
| | TACUBA (METRO) - IZCALLI DEL VALLE | |
| | TACUBA (METRO) - UNIDAD EL ROSARIO BACHILLERES | |
| EL ROSARIO (METRO) - TACUBA (METRO) | | |
| CETRAM "MIXCOAC" | Nombre | 0.6363636 |
| | ERMITA (METRO) - MIXCOAC (METRO) | 7 |
| | MIXCOAC (METRO) - ROJO GÓMEZ | |
| | PUERTA GRANDE - MIXCOAC (METRO) | |
| | MIXCOAC (METRO) - PORTALES (METRO) | |
| | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - MIXCOAC (METRO) | |
| | SAN BARTOLO AMEYALCO - MIXCOAC (METRO) | |

| | | |
|----------------------------------|--|-----------|
| | MIXCOAC (METRO) - SAN ÁNGEL | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - ESTADIO CIUDAD UNIVERSITARIA | 11 |
| | PLAZA LORETO - CHAPULTEPEC (METRO) | |
| | DR. GÁLVEZ - CHAPULTEPEC (METRO) | |
| | SAN ÁNGEL - CHAPULTEPEC (METRO) | |
| | | |
| CETRAM "ZAPATA" | Nombre | 0.75 |
| | IZTAPALAPA (METRO) - ZAPATA (METRO) | 9 |
| | UNIDAD PLATEROS - ZAPATA (METRO) | |
| | UAM IZTAPALAPA - ZAPATA (METRO) | |
| | ZAPATA (METRO) - CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) | |
| | ZAPATA (METRO) - VICENTE GUERRERO | |
| | ZAPATA (METRO) - SAN BARTOLO AMEYALCO | |
| | SANTA MARTA (METRO) - ZAPATA (METRO) | |
| | HUIPULCO (CETRAM) - ZAPATA (METRO) | |
| | ZAPATA (METRO) - HUIPULCO | |
| | ESTADIO CIUDAD UNIVERSITARIA - ETIOPÍA (METRO) | 12 |
| | ERMITA (METRO) - MIXCOAC (METRO) | |
| | INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL - CIUDAD UNIVERSITARIA | |
| CETRAM "MIGUEL A. DE QUEVEDO" | Nombre | 0.4444444 |
| | OYAMEL - MIGUEL ÁNGEL DE QUEVEDO (METRO) | 4 |
| | GLORIETA TARASQUILLO - MIGUEL ÁNGEL DE QUEVEDO (METRO) | |
| | MIGUEL ÁNGEL DE QUEVEDO (METRO) - SAN NICOLAS CAZULCO | |
| | MIGUEL ÁNGEL DE QUEVEDO - SAN NICOLAS TOTOLAPAN CAZULCO LA MAGDALENA CONTRERAS | |
| | INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL - CIUDAD UNIVERSITARIA | 9 |
| | PARQUE LA BOMBILLA - TASQUEÑA (METRO) | |
| | SAN ÁNGEL - TASQUEÑA (METRO) | |
| | LA BOMBILLA - TASQUEÑA (METRO) | |
| | ESTADIO CIUDAD UNIVERSITARIA - ETIOPÍA (METRO) | |
| CETRAM "TASQUEÑA" | Nombre | 1 |
| | TASQUEÑA (METRO) - CIUDAD UNIVERSITARIA | 22 |
| | PARQUE LA BOMBILLA - TASQUEÑA (METRO) | |
| | SAN ÁNGEL - TASQUEÑA (METRO) | |
| | SAN MARCOS IZTAPALAPA - TASQUEÑA (METRO) | |
| | TASQUEÑA (METRO) - EJIDO LOS REYES | |
| | TASQUEÑA (METRO) - CIUDAD UNIVERSITARIA | |
| | LA BOMBILLA - TASQUEÑA (METRO) | |
| | TASQUEÑA (METRO) - COPILCO (METRO) | |
| | TASQUEÑA (METRO) - UNIVERSIDAD (METRO) | |
| | LOMAS DE SAN LORENZO - TASQUEÑA (METRO) | |
| | MILPA ALTA - TASQUEÑA (METRO) | |
| | TASQUEÑA (METRO) - TLAXOPAN | |
| | TLÁHUAC (PARADERO) - TASQUEÑA (METRO) | |
| OYAMEL - TASQUEÑA (METRO) | | |

| | | |
|---|---|-----------|
| | TASQUEÑA (METRO) - LOMAS ESTRELLA | |
| | UACM SAN LORENZO TEZONCO - TASQUEÑA (METRO) | |
| | TASQUEÑA (METRO) - NOPALERA | |
| | TASQUEÑA (METRO) - BOSQUES DEL PEDREGAL | |
| | VALLE VERDE - LA JOYA - TASQUEÑA (METRO) | |
| | BOSQUE DE NATIVITAS - TASQUEÑA (METRO) | |
| | LA CONCHITA - TASQUEÑA (METRO) | |
| | CETRAM UNIVERSIDAD - TASQUEÑA (METRO) | |
| CETRAM "UNIVERSIDAD" | Nombre | 1 |
| | UNIVERSIDAD (METRO) - VILLA PANAMERICANA | 16 |
| | CETRAM UNIVERSIDAD - BOSQUES DEL PEDREGAL | |
| | UNIVERSIDAD (METRO) - COL. HIDALGO CRUCERO. | |
| | CETRAM UNIVERSIDAD - 2 DE OCTUBRE | |
| | CETRAM UNIVERSIDAD - CASINO | |
| | UNIVERSIDAD (METRO) - CARRETERA PICACHO AJUSCO | |
| | GENERAL ANAYA (METRO) - CIUDAD UNIVERSITARIA | |
| | CETRAM UNIVERSIDAD - FUENTES BROTTANTES FOVISSSTE | |
| | PREPA 5 - UNIVERSIDAD (METRO) | |
| | UNIVERSIDAD (METRO) - VILLA COAPA | |
| | CETRAM UNIVERSIDAD - SAN ÁNGEL | |
| | UNIVERSIDAD (METRO) - ENCINAL 2 DE OCTUBRE | |
| | UNIVERSIDAD (METRO) - UAM XOCHIMILCO | |
| | VILLA COAPA VAQUERITOS - CETRAM UNIVERSIDAD | |
| | HUIPULCO - ESTADIO CIUDAD UNIVERSITARIA | |
| SAN ÁNGEL - UNIVERSIDAD (METRO) | | |
| CETRAM "VIVEROS" | Nombre | 0.3333333 |
| | VIVEROS (METRO) - JUDÍO TANQUE | 1 |
| | INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL - CIUDAD UNIVERSITARIA | 3 |
| CETRAM "CHAPULTEPEC" | CENTRAL DE ABASTO - SAN ÁNGEL | 31 |
| | Nombre | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - DEPORTIVO OCEANÍA | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - AVENIDA 606 | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - INDIOS VERDES (METRO) | |
| | ODONTOLOGÍA - CHAPULTEPEC (METRO) | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | |
| | V. ARAGÓN AV. 608 - CHAPULTEPEC (METRO) | |
| | MIGRACIÓN - CHAPULTEPEC (METRO) | |
| | AVENIDA TAXÍMETROS - CHAPULTEPEC (METRO) | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - VALLE DORADO | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - LA RAZA (METRO) | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - SALAZAR | |
| | BOSQUES KM14 - CHAPULTEPEC (METRO) | |
| CENTRAL DE ABASTO - CHAPULTEPEC (METRO) | | |

| | | | |
|---------------------------------------|---|-----------|----|
| | DURAZNOS - CHAPULTEPEC (METRO) | | |
| | PALMAS KM 13 - CHAPULTEPEC (METRO) | | |
| | PLAZA LORETO - CHAPULTEPEC (METRO) | | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - PUEBLA (METRO) | | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - PASEO DE TAMARINDOS | | |
| | DR. GÁLVEZ - CHAPULTEPEC (METRO) | | |
| | ZARAGOZA (METRO) - CHAPULTEPEC (METRO) | | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - ESTADIO CIUDAD UNIVERSITARIA | | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - CUAJIMALPA CONTADERO | | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - PANTITLÁN (METRO) | | |
| | FERIA DE CHAPULTEPEC - CHAPULTEPEC (METRO) | | |
| | PANTEÓN DOLORES - CHAPULTEPEC (METRO) | | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - OBSERVATORIO (METRO) | | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - SANTA MARTA (METRO) | | |
| | EL VERGEL - CHAPULTEPEC (METRO) | | |
| | SAN ÁNGEL - CHAPULTEPEC (METRO) | | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - COLONIA ESPARTACO | | |
| | PREPA 5 - CHAPULTEPEC (METRO) | | |
| | OBSERVATORIO (METRO) - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | | 35 |
| | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - TACUBAYA (METRO) | | |
| LA RAZA (METRO) - JUANACATLÁN (METRO) | | | |
| LA RAZA (METRO) - TACUBAYA (METRO) | | | |
| CETRAM "SAN ANTONIO ABAD" | Nombre | 0 | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - PANTITLÁN (METRO) | 6 | |
| | PINO SUÁREZ (METRO) - XOCHIMILCO CENTRO | | |
| | PINO SUÁREZ (METRO) - SANTIAGO TECALPATLALPAN | | |
| | ZONA DE HOSPITALES - PINO SUÁREZ (METRO) | | |
| | FUENTES BROTTANTES FOVISSSTE - PINO SUÁREZ (METRO) | | |
| FLAMENCOS - HUIPULCO | | | |
| CETRAM "BUENAVISTA" | Nombre | 0.3333333 | |
| | CUATRO CAMINOS (METRO) - BUENAVISTA (METRO) | 1 | |
| | ACUEDUCTO DE GUADALUPE - PINO SUÁREZ (METRO) | 3 | |
| | NORMAL - PANTITLÁN (METRO) | | |
| CETRAM "INDIOS VERDES" | Nombre | 0.78125 | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - INDIOS VERDES (METRO) | 25 | |
| | INDIOS VERDES (METRO) - ZÓCALO | | |
| | INDIOS VERDES (METRO) - PANTEÓN | | |
| | RECLUSORIO NORTE - INDIOS VERDES (METRO) | | |
| | INDIOS VERDES (METRO) - VENUSTIANO C./ZÓCALO | | |
| | INDIOS VERDES (METRO) - LA PRESA PANTEÓN | | |
| | MERCED - INDIOS VERDES (METRO) | | |
| | INDIOS VERDES (METRO) - AUDITORIO (METRO) | | |
| INDIOS VERDES (METRO) - LAGUNILLA | | | |

| | | | |
|------------------------------------|---|-----|-----------|
| | INDIOS VERDES (METRO) - LA BRECHA | | |
| | INDIOS VERDES (METRO) - ECATEPEC | | |
| | INDIOS VERDES (METRO) - PINO SUAREZ - POR ABAJO | | |
| | INDIOS VERDES (METRO) - BARRIO NUEVO (GUADALUPE VICTORIA) | | |
| | MÚZQUIZ (METRO) - INDIOS VERDES (METRO) | | |
| | INDIOS VERDES (METRO) - PRADOS | | |
| | INDIOS VERDES (METRO) - JARDINES DE MORELOS | | |
| | INDIOS VERDES (METRO) - AZTECA TERCERA SECCIÓN | | |
| | HÉROES V SECCIÓN ECATEPEC - INDIOS VERDES (METRO) | | |
| | INDIOS VERDES (METRO) - PRADOS-ALBORADA | | |
| | INDIOS VERDES (METRO) - APAXCO | | |
| | INDIOS VERDES (METRO) - SANTUARIO | | |
| | CARACOLES - INDIOS VERDES (METRO) | | |
| | TEXALPA - INDIOS VERDES (METRO) | | |
| | INDIOS VERDES (METRO) - LOS HÉROES TECÁMAC | | |
| | IZCALLI CONDOMINIOS - INDIOS VERDES (METRO) | | |
| | DEPORTIVO 18 DE MARZO (METRO) - LA BRECHA | 32 | |
| | CARACOLES - LA VILLA BASÍLICA (METRO) | | |
| | POTRERO (METRO) - PACHUCA | | |
| | CENTRAL CAMIONERA DEL NORTE - SAN MARTÍN DE LAS PIRAMIDES | | |
| | VILLA DE LAS FLORES - LA RAZA (METRO) | | |
| | POTRERO (METRO) - TIZAYUCA | | |
| CETRAM "LA RAZA" | LA RAZA (METRO) - TECÁMAC | 14 | |
| | Nombre | | 0.8235294 |
| | PROGRESO NACIONAL - LA RAZA (METRO) | | |
| | LA SELVITA - LA RAZA (METRO) | | |
| | LA RAZA (METRO) - ARCOS | | |
| | LA RAZA (METRO) - TICOMÁN | | |
| | LA RAZA (METRO) - SANTIAGO ATEPETLAC | | |
| | LA RAZA (METRO) - AZCAPOTZALCO (DELEGACIÓN) | | |
| | LA RAZA - LA SELVITA | | |
| | DEPORTIVO CEYLÁN - LA RAZA (METRO) | | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - LA RAZA (METRO) | | |
| | LA RAZA (METRO) - POLITÉCNICO (METRO) | | |
| | VILLA DE LAS FLORES - LA RAZA (METRO) | | |
| | LA RAZA (METRO) - TECÁMAC | | |
| | LA RAZA (METRO) - JUANACATLÁN (METRO) | | |
| LA RAZA (METRO) - TACUBAYA (METRO) | | | |
| | MERCED - INDIOS VERDES (METRO) | 17 | |
| | ACUEDUCTO DE GUADALUPE - PINO SUÁREZ (METRO) INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL - CIUDAD UNIVERSITARIA | | |
| CETRAM "18 DE MARZO" | Nombre | 0.4 | |
| | DEPORTIVO 18 DE MARZO (METRO) - BACHILLERES 19 SAN AGUSTÍN | 4 | |

| | | |
|--|---|-----------|
| | PRADERA - DEPORTIVO 18 DE MARZO (METRO) | |
| | DEPORTIVO 18 DE MARZO (METRO) - LA BRECHA | |
| | DEPORTIVO 18 DE MARZO (METRO) - ACUEDUCTO DE GUADALUPE | |
| | MERCED - INDIOS VERDES (METRO) | |
| | POTRERO (METRO) - PACHUCA | |
| | CENTRAL CAMIONERA DEL NORTE - SAN MARTÍN DE LAS PIRAMIDES | 10 |
| | VILLA DE LAS FLORES - LA RAZA (METRO) | |
| | POTRERO (METRO) - TIZAYUCA | |
| LA RAZA (METRO) - TECÁMAC | | |
| CETRAM "FERROPLAZA" | Nombre | 0 |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - INDIOS VERDES (METRO) | 2 |
| | FES ARAGÓN - DEPORTIVO 18 DE MARZO (METRO) | |
| CETRAM "POTRERO" | Nombre | 0.625 |
| | POTRERO (METRO) - VILLA DE ARAGÓN | |
| | BOSQUES DE ARAGÓN - POTRERO (METRO) | |
| | SAN JUAN TICOMÁN - POTRERO (METRO) | 5 |
| | POTRERO (METRO) - PACHUCA | |
| | POTRERO (METRO) - TIZAYUCA | |
| | VILLA DE LAS FLORES - LA RAZA (METRO) | |
| | MERCED - INDIOS VERDES (METRO) | 8 |
| LA RAZA (METRO) - TECÁMAC | | |
| CETRAM "MARTÍN CARRERA" | Nombre | 0.9333333 |
| | IMPULSORA (METRO) - MARTÍN CARRERA (METRO) | |
| | SAUCES - MARTÍN CARRERA (METRO) | |
| | GUADALUPE VICTORIA CAMPOS - MARTÍN CARRERA (METRO) | |
| | MARTÍN CARRERA (METRO) - SANTA ISABEL TOLA | |
| | MARTÍN CARRERA (METRO) - VISTA HERMOSA POR AUTOPISTA | |
| | MARTÍN CARRERA (METRO) - TEXALPA | |
| | MARTÍN CARRERA (METRO) - SAN LUIS | 14 |
| | MARTÍN CARRERA (METRO) - CD CUAUHTÉMOC | |
| | MARTÍN CARRERA (METRO) - EL CARMEN | |
| | MARTÍN CARRERA (METRO) - SAN MIGUEL BOCA NEGRA | |
| | MARTÍN CARRERA (METRO) - JARDINES DE MORELOS | |
| | MARTÍN CARRERA (METRO) - PRADOS NORTE | |
| | MARTÍN CARRERA (METRO) - SANTA MARÍA CARDONAL | |
| MARTÍN CARRERA (METRO) - SANTA MARÍA AJOLOAPAN | | |
| DEPORTIVO 18 DE MARZO (METRO) - BACHILLERES 19 SAN AGUSTÍN | 15 | |
| CETRAM "VILLA CANTERA" | Nombre | 0 |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - INDIOS VERDES (METRO) | |
| | AVENIDA TAXÍMETROS - CHAPULTEPEC (METRO) | 3 |
| | NUEVA ATZACOALCO - ZÓCALO | |
| | Nombre | 0.6153846 |

| | | |
|--|---|-----------|
| CETRAM "POLITÉCNICO" | POLITÉCNICO (METRO) - FES CUAUTITLÁN CAMPO 4 | 8 |
| | CUAUTITLAN IZCALI CAMPO 1 - POLITÉCNICO (METRO) | |
| | NORMAL (METRO) - POLITÉCNICO (METRO) | |
| | POLITÉCNICO (METRO) - AZCAPOTZALCO (DELEGACIÓN) | |
| | POLITÉCNICO (METRO) - AZCAPOTZALCO (MERCADO) | |
| | POLITÉCNICO (METRO) - LOMAS LINDAS MONTE MARÍA | |
| | MERCADO AZCAPOTZALCO - POLITÉCNICO (METRO) | |
| | POLITÉCNICO (METRO) - TLALNEPANTLA | |
| | PROGRESO NACIONAL - LA RAZA (METRO) | 13 |
| | LA SELVITA - LA RAZA (METRO) | |
| | LA RAZA (METRO) - SANTIAGO ATEPETLAC | |
| | LA RAZA - LA SELVITA | |
| | ACUEDUCTO DE GUADALUPE - PINO SUÁREZ (METRO) | |
| CETRAM "SANTA MARTHA" | Nombre | 0.7 |
| | SANTA MARTA (METRO) - UAM I (METRO) | 7 |
| | CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) - SANTA MARTA (METRO) | |
| | SANTA MARTA (METRO) - IZTAPALAPA (METRO) | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - SANTA MARTA (METRO) | |
| | SANTA MARTA (METRO) - ZAPATA (METRO) | |
| | SANTA MARTA (METRO) - ESTADIO NEZA | |
| | APOLOCALCO - SANTA MARTA (METRO) | |
| | CHAPINGO - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | 10 |
| | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - IXTAPALUCA IXTAPALUCA CENTRO - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | |
| CETRAM "TEPALCATES" | Nombre | 0.0555556 |
| | PLAZA JARDÍN - TEPALCATES (METRO) | 1 |
| | CHAPINGO - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | 18 |
| | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - MIGUEL DE LA MADRID | |
| | SAN SEBASTIAN - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | |
| | BALBUENA (METRO) - POZOS (AVENIDA) | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - SANTA MARTA (METRO) | |
| | PLAZA EL SALADO - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | |
| | SAN BUENAVENTURA - GÓMEZ FARÍAS (METRO) | |
| | ARCOS CUAUTLA - CANDELARIA (METRO) | |
| | GÓMEZ FARÍAS (METRO) - VILLAS DE CHALCO | |
| | MOCTEZUMA (METRO) - TULYEHUALCO | |
| | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - 10 DE MAYO | |
| | SAN LÁZARO (METRO) - TLÁHUAC (METRO) | |
| | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - IXTAPALUCA | |
| | CANDELARIA (METRO) - OZUMBA | |
| | GEOVILLAS DE SANTA BARBARA - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | |
| | CANDELARIA (METRO) - CUAUTLA ARCOS | |
| IXTAPALUCA CENTRO - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | | |

| | | |
|--|--|-----------|
| CETRAM "PERIFERICO ORIENTE" | Nombre | 0 |
| | LOMAS DE SAN LORENZO - TASQUEÑA (METRO) | 12 |
| | CANAL DE CHALCO (AVENIDA) - CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) | |
| | TLÁHUAC (PARADERO) - TASQUEÑA (METRO) | |
| | XOCHIMILCO CENTRO - ALAMEDA ORIENTE | |
| | UACM SAN LORENZO TEZONCO - TASQUEÑA (METRO) | |
| | TASQUEÑA (METRO) - NOPALERA | |
| | CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) - PIRAÑA | |
| | LA CONCHITA - TASQUEÑA (METRO) | |
| | UNIVERSIDAD (METRO) - SANTA MARTA (METRO) | |
| | PANTITLÁN (METRO) - NOPALERA | |
| | CENTRAL DE ABASTO - MILPA ALTA | |
| MERCED - RECLUSORIO ORIENTE | | |
| CETRAM "CENTRAL DE ABASTO" | Nombre | 1 |
| | CENTRAL DE ABASTO - PANTITLÁN (METRO) | 12 |
| | CENTRAL DE ABASTO - CHAPULTEPEC (METRO) | |
| | CENTRAL DE ABASTO - MERCED | |
| | TACUBA (METRO) - CENTRAL DE ABASTO | |
| | CENTRAL DE ABASTO - CUARTA AVENIDA | |
| | SAN ANTONIO (METRO) - CENTRAL DE ABASTO | |
| | CENTRAL DE ABASTO - SAN PABLO | |
| | AGRÍCOLA ORIENTAL (METRO) - CENTRAL DE ABASTO | |
| | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - CENTRAL DE ABASTO | |
| | CENTRAL DE ABASTO - SAN ÁNGEL | |
| | CENTRAL DE ABASTO - VILLA DE CORTÉS (METRO) | |
| CENTRAL DE ABASTO - MILPA ALTA | | |
| CETRAM "CONSTITUCIÓN 1917" | Nombre | 0.4782609 |
| | PINO SUÁREZ (METRO) - CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) | 11 |
| | GUELATAO (METRO) - CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) | |
| | CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) - PANTITLÁN (METRO) | |
| | CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) - SANTA MARTA (METRO) | |
| | ZAPATA (METRO) - CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) | |
| | CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) - CANAL DE SAN JUAN (METRO) | |
| | CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) - ALAMEDA ORIENTE | |
| | CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) - MINAS IZTAPALAPA | |
| | CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) - UACM SAN LORENZO TEZONCO | |
| | CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) - PIRAÑA | |
| | CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) - CALLE 11 (METRO) | |
| | PORTALES (METRO) - TINACOS IZTAPALAPA | 23 |
| | CENTRAL DE ABASTO - CONSTITUCIÓN 1917 (METRO) | |
| | UAM IZTAPALAPA - ZAPATA (METRO) | |
| SANTA MARTA (METRO) - UAM I (METRO) | | |
| HOSPITAL GENERAL - SANTA CRUZ MEYEHUALCO | | |

| | | |
|---|---|-----------|
| | PORTALES (METRO) - ACATITLA (METRO) | |
| | SANTA MARTA (METRO) - IZTAPALAPA (METRO) | |
| | SANTA CRUZ MEYAHUALCO - HOSPITAL GENERAL | |
| | ZAPATA (METRO) - VICENTE GUERRERO | |
| | SANTA MARTA (METRO) - ZAPATA (METRO) | |
| | TASQUEÑA (METRO) - SANTA CRUZ MEYAHUALCO | |
| | MINAS IZTAPALAPA - PUENTE TITLA | |
| CETRAM "IZTAPALAPA" | Nombre | 0.7857143 |
| | IZTAPALAPA (METRO) - ZARAGOZA (METRO) | |
| | IZTAPALAPA - CANAL DE SAN JUAN (METRO) | |
| | CANAL DE SAN JUAN (METRO) - IZTAPALAPA (METRO) | |
| | IZTAPALAPA (METRO) - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | |
| | LEYES DE REFORMA (METROBÚS) - IZTAPALAPA (METRO) | 11 |
| | IZTAPALAPA (METRO) - TEZONTLE | |
| | MERCADO IZTAPALAPA - LEYES DE REFORMA (METROBÚS) | |
| | UAM IZTAPALAPA - ZAPATA (METRO) | |
| | SANTA MARTA (METRO) - IZTAPALAPA (METRO) | |
| | CALLE 11 (METRO) - IZTAPALAPA (METRO) | |
| | MINAS IZTAPALAPA - PUENTE TITLA | |
| | SANTA CRUZ MEYAHUALCO - HOSPITAL GENERAL | 14 |
| | SANTA MARTA (METRO) - ZAPATA (METRO) | |
| TASQUEÑA (METRO) - SANTA CRUZ MEYAHUALCO | | |
| CETRAM "COYUYA" | Nombre | 0 |
| | FRENTE - VIADUCTO (METRO) | |
| | MONTADA - VIADUCTO (METRO) | |
| | RAMOS MILLÁN - VIADUCTO (METRO) | |
| | PERIFÉRICO - SAN LÁZARO (METRO) | 9 |
| | SAN LÁZARO (METRO) - TEC DE MONTERREY | |
| | SAN LÁZARO - VILLA COAPA VAQUERITOS | |
| | VILLA COAPA VAQUERITOS - SAN LÁZARO (METRO) | |
| | SAN LÁZARO (METRO) - UAM XOCHIMILCO | |
| | SAN LÁZARO (METRO) - PERIFÉRICO | |
| | CETRAM "SANTA ANITA" | Nombre |
| SANTA CRUZ MEYAHUALCO - HOSPITAL GENERAL | | 1 |
| CETRAM "TACUBA" | Nombre | 0.4615385 |
| | TACUBA (METRO) - HIDALGO (METRO) | |
| | TACUBA (METRO) - IZCALLI DEL VALLE | |
| | TACUBA (METRO) - UNIDAD EL ROSARIO BACHILLERES | 6 |
| | EL ROSARIO (METRO) - TACUBA (METRO) | |
| | TACUBA (METRO) - CENTRAL DE ABASTO | |
| | PANTITLÁN (METRO) - TACUBA (METRO) | |
| | EL ROSARIO (METRO) - CUITLÁHUAC (METRO) | 13 |
| POPOTLA (METRO) - UNIDAD CTM EL ROSARIO 2 | | |

| | | |
|--|---|-----------|
| | VALERIO TRUJANO - PLAZA TOREO | |
| | CUITLÁHUAC (METRO) - SAN JUAN IZTACALA | |
| | CUITLÁHUAC (METRO) - REYNOSA SAN PABLO | |
| | CUITLÁHUAC (METRO) - UNIDAD ROSARIO BACHILLERES | |
| | PARQUE MÉXICO - UNIDAD EL ROSARIO BACHILLERES | |
| CETRAM "TACUBAYA" | Nombre | 0.8888889 |
| | SALAZAR - TACUBAYA (METRO) | |
| | TACUBAYA (METRO) - CEGUAYO | |
| | GRANJAS NAVIDAD - TACUBAYA (METRO) | |
| | LA RAZA (METRO) - TACUBAYA (METRO) | 8 |
| | CUAJIMALPA - TACUBAYA (METRO) | |
| | TACUBAYA (METRO) - LA LOMA SANTA FE | |
| | TACUBAYA (METRO) - HUIXQUILUCAN | |
| | TACUBAYA (METRO) - SAN FERNANDO VISTA HERMOSA | |
| | CUERNITO - AYUNTAMIENTO | 9 |
| CETRAM "TLÁHUAC" | Nombre | 0.8 |
| | TLAHUAC (METRO) - MIXQUI TECOMIL | |
| | TLÁHUAC (PARADERO) - TASQUEÑA (METRO) | 4 |
| | SAN LÁZARO (METRO) - TLÁHUAC (METRO) | |
| | CALZADA DEL HUESO - TLÁHUAC (PARADERO) | |
| CENTRAL DE ABASTO - MILPA ALTA | 5 | |
| CETRAM "HUIPULCO" | Nombre | 0.3461538 |
| | PINO SUÁREZ (METRO) - HUIPULCO | |
| | HUIPULCO (CETRAM) - ZAPATA (METRO) | |
| | HUIPULCO - CETRAM UNIVERSIDAD | |
| | HUIPULCO - UNIVERSIDAD (METRO) | |
| | COYOACÁN (METRO) - HUIPULCO | 9 |
| | HUIPULCO - SAN PEDRO MÁRTIR ISSFAM | |
| | HUIPULCO - COLONIA HIDALGO CORREGIDORA | |
| | FLAMENCOS - HUIPULCO | |
| | HUIPULCO - CANAL DE CHALCO (AVENIDA) | |
| | COYOACÁN (METRO) - VILLA COAPA | |
| | PINO SUÁREZ (METRO) - XOCHIMILCO CENTRO | |
| | ESTADIO AZTECA - UNIVERSIDAD (METRO) | |
| | XOCHIMILCO CENTRO - 20 DE NOVIEMBRE (AVENIDA) | |
| | TASQUEÑA (METRO) - TLAXOPAN | |
| | PINO SUÁREZ (METRO) - SANTIAGO TECALPATLALPAN | 26 |
| | RECLUSORIO SUR - TASQUEÑA (METRO) | |
| | ZONA DE HOSPITALES - PINO SUÁREZ (METRO) | |
| | PEMEX - VILLA COAPA | |
| | TASQUEÑA (METRO) - LA JOYA VALLE VERDE | |
| ESTADIO AZTECA - LOPEZ PORTILLO | | |
| FUENTES BROTTANTES FOVISSSTE - PINO SUÁREZ (METRO) | | |

| | | | |
|--------------------------------|---|--------------------------|---|
| | CUEMANCO - PLAZA CARSO | | |
| | VALLE VERDE - LA JOYA - TASQUEÑA (METRO) | | |
| | SAUZALES - UNIVERSIDAD (METRO) | | |
| | VILLA COAPA VAQUERITOS - CETRAM UNIVERSIDAD | | |
| | TASQUEÑA (METRO) - LA MORA | | |
| CETRAM "BALBUENA" | Nombre | 0.3333333 | |
| | AMPLIACIÓN CIUDAD LAGO - BALBUENA (METRO) | 3 | |
| | BALBUENA (METRO) - IMPULSORA (METRO) | | |
| | BALBUENA (METRO) - POZOS (AVENIDA) | | |
| | VILLA DE LAS FLORES - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | 9 | |
| | ARCOS CUAUTLA - CANDELARIA (METRO) | | |
| | MOCTEZUMA (METRO) - TULYEHUALCO | | |
| | SAN LÁZARO (METRO) - TLÁHUAC (METRO) | | |
| | CANDELARIA (METRO) - OZUMBA | | |
| | CANDELARIA (METRO) - CUAUTLA ARCOS | | |
| CETRAM "BLVD. PUERTO AÉREO" | Nombre | 0.6363636 | |
| | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - LA ESMERALDA CHAPULTEPEC (METRO) - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | 21 | |
| | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - CASAS ALEMÁN FCO. MORAZAN PRADERA - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | | |
| | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - PRADERA VILLA DE LAS FLORES - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | | |
| | SAN FELIPE VALLE DE ARAGÓN 1A SECCIÓN - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | | |
| | CHAPINGO - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | | |
| | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - GRANJEROS BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - MIGUEL DE LA MADRID | | |
| | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - MIXCOAC (METRO) | | |
| | IZTACALCO CENTRO - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | | |
| | SAN SEBASTIAN - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) CERRO DE LA ESTRELLA (METRO) - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | | |
| | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - CENTRAL DE ABASTO | | |
| | UPIICSA - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | | |
| | PLAZA EL SALADO - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | | |
| | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - 10 DE MAYO | | |
| | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - IXTAPALUCA GEOVILLAS DE SANTA BARBARA - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | | |
| | IXTAPALUCA CENTRO - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | | |
| | 33 | | CHAPULTEPEC (METRO) - SANTA MARTA (METRO) |
| | | | ARCOS CUAUTLA - CANDELARIA (METRO) |
| | | | GÓMEZ FARÍAS (METRO) - VILLAS DE CHALCO |
| | | | MOCTEZUMA (METRO) - TULYEHUALCO |
| | | COLONIA FEDERAL - ZÓCALO | |

| | | |
|---|--|-----------|
| | PANTITLÁN (METRO) - TACUBA (METRO) | |
| | MIXCOAC - BOULEVARD PUERTO AEREO (METRO) | |
| | BALBUENA (METRO) - POZOS (AVENIDA) | |
| | SAN LÁZARO (METRO) - TLÁHUAC (METRO) | |
| | CANDELARIA (METRO) - OZUMBA | |
| | CANDELARIA (METRO) - CUAUTLA ARCOS | |
| | PANTITLÁN (METRO) - NOPALERA | |
| CETRAM "MOCTEZUMA" | Nombre | 0.5714286 |
| | LOS HÉROES TECÁMAC - MOCTEZUMA (METRO) | 8 |
| | AVENIDA 6o6 - MOCTEZUMA (METRO) | |
| | SAUCES - MOCTEZUMA (METRO) | |
| | MOCTEZUMA (METRO) - FES ARAGÓN | |
| | PLAZAS ARAGON - MOCTEZUMA (METRO) | |
| | MOCTEZUMA (METRO) - FLORIDA | |
| | MOCTEZUMA (METRO) - PLAZAS-ENEP | |
| | LA FLORIDA - MOCTEZUMA (METRO) | |
| | VILLA DE LAS FLORES - BOULEVARD PUERTO AEREO (METRO) | 14 |
| | ARCOS CUAUTLA - CANDELARIA (METRO) | |
| | SAN LÁZARO (METRO) - TLÁHUAC (METRO) | |
| | SAN LÁZARO - VILLA COAPA VAQUERITOS | |
| | CANDELARIA (METRO) - OZUMBA | |
| | CANDELARIA (METRO) - CUAUTLA ARCOS | |
| | Nombre | |
| | CENTRAL DE ABASTO - PANTITLÁN (METRO) | 25 |
| PANTITLÁN (METRO) - ALTIMPA | | |
| FRENTE - PANTITLÁN (METRO) | | |
| PANTITLÁN (METRO) - PIRULES | | |
| PANTITLÁN (METRO) - PERLA REFORMA | | |
| LA VILLA BASÍLICA (METRO) - PANTITLÁN (METRO) | | |
| XALTIPAC - PANTITLÁN (METRO) | | |
| LAS TORRES - PANTITLÁN (METRO) | | |
| NORMAL - PANTITLÁN (METRO) | | |
| PANTITLÁN (METRO) - TACUBA (METRO) | | |
| PANTITLAN (CETRAM) - UAM-I (METRO) | | |
| PANTITLÁN (METRO) - UAM I (METRO) | | |
| CONSTITUCIÓN DE 1917 (METRO) - PANTITLÁN (METRO) | | |
| COLONIA DEL SOL - PANTITLÁN (METRO) | | |
| PANTITLÁN (METRO) - ESPERANZA KM 14 | | |
| PLAZA CIUDAD JARDÍN - PANTITLÁN (METRO) | | |
| PANTITLÁN (METRO) - 4A AVENIDA (LÓPEZ MATEOS) | | |
| PANTITLÁN (METRO) - ADOLFO LÓPEZ MATEOS (AVENIDA) | | |
| CHAPULTEPEC (METRO) - PANTITLÁN (METRO) | | |
| SANTA ELENA - PANTITLÁN (METRO) | | |

| | | |
|---------------------|---|-----------|
| | IZCALLI NEZAHUALCÓYOTL - PANTITLÁN (METRO) | |
| | PANTITLÁN (METRO) - LAGUNA SAN CRISTÓBAL Y LÓPEZ MATEOS | |
| | ESTADIO NEZA - PANTITLÁN (METRO) | |
| | UNIDAD HABITACIONAL REY NEZA - PANTITLÁN (METRO) | |
| | PANTITLÁN (METRO) - NOPALERA | |
| | CHIMALHUACÁN (LOBA 1ERA SECCIÓN) - ZARAGOZA (METRO) | 27 |
| | ARENAL CUARTA SECCIÓN - ZARAGOZA (METRO) | |
| CETRAM "SAN LÁZARO" | Nombre | 1 |
| | SAN LÁZARO (METRO) - UNIDAD CURVA CAPILLA | |
| | SAN LÁZARO (METRO) - TEXCOCO | 4 |
| | SAN LÁZARO (METRO) - CHICHQUILA HUATUSCO | |
| | SAN LÁZARO (METRO) - TLÁHUAC (METRO) | |
| CETRAM "ZARAGOZA" | Nombre | 0.2083333 |
| | IZTAPALAPA (METRO) - ZARAGOZA (METRO) | |
| | CHIMALHUACÁN (LOBA 1ERA SECCIÓN) - ZARAGOZA (METRO) | 5 |
| | ZARAGOZA (METRO) - CHAPULTEPEC (METRO) | |
| | ARENAL CUARTA SECCIÓN - ZARAGOZA (METRO) | |
| | IZTAPALAPA - ZARAGOZA (METRO) | |
| | CHAPINGO - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | |
| | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - MIGUEL DE LA MADRID | |
| | IZTAPALAPA (METRO) - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | |
| | PANTITLÁN (METRO) - TACUBA (METRO) | |
| | SAN SEBASTIAN - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | |
| | CERRO DE LA ESTRELLA (METRO) - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | |
| | BALBUENA (METRO) - POZOS (AVENIDA) | |
| | CHAPULTEPEC (METRO) - SANTA MARTA (METRO) | |
| | PLAZA EL SALADO - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | |
| | ARCOS CUAUTLA - CANDELARIA (METRO) | 24 |
| | GÓMEZ FARÍAS (METRO) - VILLAS DE CHALCO | |
| | MOCTEZUMA (METRO) - TULYEHUALCO | |
| | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - 10 DE MAYO | |
| | SAN LÁZARO (METRO) - TLÁHUAC (METRO) | |
| | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - IXTAPALUCA | |
| | CANDELARIA (METRO) - OZUMBA | |
| | GEOVILLAS DE SANTA BARBARA - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | |
| | CANDELARIA (METRO) - CUAUTLA ARCOS | |
| | IXTAPALUCA CENTRO - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | |
| CETRAM "XOCHIMILCO" | Nombre | 1 |
| | PINO SUÁREZ (METRO) - XOCHIMILCO CENTRO | |
| | XOCHIMILCO - SANTA CRUZ ACALPIXCA | 7 |
| | MILPA ALTA - XOCHIMILCO CENTRO | |
| | DEPORTIVA XOCHIMILCO - TASQUEÑA (METRO) | |

| | | |
|--|--|----|
| | XOCHIMILCO CENTRO - ALAMEDA ORIENTE | |
| | SECUNDARIA 224 - XOCHIMILCO CENTRO | |
| | XOCHIMILCO CENTRO - TULYEHUALCO | |
| CETRAM "VILLA DE ARAGÓN" | Nombre | 0 |
| | LOS HÉROES TECÁMAC - MOCTEZUMA (METRO) | 10 |
| | SAN LÁZARO (METRO) - UNIDAD CURVA CAPILLA | |
| | BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) - PRADERA | |
| | SAUCES - MOCTEZUMA (METRO) | |
| | MOCTEZUMA (METRO) - FES ARAGÓN | |
| | PLAZAS ARAGON - MOCTEZUMA (METRO) | |
| | MOCTEZUMA (METRO) - FLORIDA | |
| | MOCTEZUMA (METRO) - PLAZAS-ENEP | |
| | LA FLORIDA - MOCTEZUMA (METRO) | |
| | VILLA DE LAS FLORES - BOULEVARD PUERTO AÉREO (METRO) | |
| CETRAM "CENTRO SANTA FÉ" | Nombre | 1 |
| | HOTEL DE MÉXICO - SANTA FE | 1 |
| CETRAM "CUATRO CAMINOS" | Nombre | 1 |
| | CUATRO CAMINOS (METRO) - EL ROSARIO (METRO) | 8 |
| | CUATRO CAMINOS (METRO) - BUENAVISTA (METRO) | |
| | CUATRO CAMINOS (METRO) - FES ACATLÁN | |
| | EJE 3 - CUATRO CAMINOS (METRO) | |
| | CUATRO CAMINOS (METRO) - LOMAS DEL CADETE | |
| | CUATRO CAMINOS (METRO) - BACHILLERES | |
| | EL PORTON - CUATRO CAMINOS (METRO) | |
| UNIDAD EL ROSARIO BACHILLERES - CUATRO CAMINOS (METRO) | | |