

MAESTRÍA EN MOVILIDAD Y TRANSPORTE

ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DEL TRANSPORTE PÚBLICO CON DATOS ABIERTOS, EN NEZAHUALCÓYOTL, ESTADO DE MÉXICO

Trabajo Terminal de Grado

Para obtener el grado de Maestra en Movilidad y Transporte

PRESENTA:

Lic. P.T. Ariana Badillo Brito

**Dr. en A.P. Francisco Javier Rosas Ferrusca
(Director)**

**Dr. en U. Juan Roberto Calderón Maya
(Codirector)**

**Dra. en U. Verónica Miranda Rosales
(Tutora)**

Toluca, Estado de México, Agosto de 2024.



Agradezco al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología
(CONAHCyT) por el apoyo económico
otorgado para la realización de mis estudios de Maestría.



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

Índice

Introducción.....	7
A. Planteamiento del problema	10
B. Justificación.....	15
C. Objetivos.....	21
a. Objetivo General	21
b. Objetivos Específicos	21
D. Alcances y limitaciones	22
a. Alcances	22
b. Limitaciones	22
E. Hipótesis	23
F. Metodología técnica.....	23
a. Marco Teórico Conceptual.....	25
b. Recopilación de información	26
i. Información documental de datos abiertos.....	26
ii. Información directa.....	27
c. Análisis descriptivo, evaluación y procesamiento de los datos abiertos	27
d. Determinación de la demanda.....	28
e. Reflexiones y conclusiones	28
1 Elementos teórico-conceptuales para comprender los desplazamientos.....	29
1.1 Clasificación de la ciudad	29
1.2 Teorías vinculadas a la dinámica espacial	31
1.2.1 Teoría del Lugar Central.....	31
1.2.2 Teoría de Umbrales	34
1.2.3 Teoría de la Interacción Espacial	36

1.2.4 Teoría de Sistemas.....	37
1.3 Conceptos clave para la planeación del transporte urbano.....	39
1.3.1 Movilidad urbana.....	39
1.3.2 Movilidad urbana sustentable	41
1.3.3 Accesibilidad	42
1.3.4 Transporte público urbano	43
1.3.5 Estructura urbana	45
1.3.6 Usos de suelo.....	45
1.3.7 Patrones de viaje	46
1.3.8 Planeación del transporte.....	47
1.3.9 Demanda del transporte.....	49
1.3.10 Oferta del transporte.....	49
1.4 Conclusiones del Capítulo 1	50
2 El derecho a la movilidad urbana y la planeación del transporte en la zona de estudio.	53
2.1 Directrices internacionales y nacionales	53
2.2 Análisis del derecho a la movilidad urbana en los instrumentos de planeación urbana Nacional, Estatal y Municipal.....	57
2.3 Instrumentos de la planeación del transporte y movilidad en el plan municipal de desarrollo.	62
2.4 Conclusiones del Capítulo 2	66
3 Herramientas y técnicas para la planeación del transporte público urbano.	68
3.1 Revisión de los modelos de transporte	68
3.1.1 Modelo de usos de suelo y transporte.....	71
3.1.2 Modelo de interacción espacial	73
3.1.3 Modelo de elección discreta.	75
3.1.4 Modelo de cuatro etapas	76
3.2 Datos abiertos como fuente de información para la planeación del transporte.	80
3.3 Algunos casos de estudio con uso de datos abiertos.	82
3.3.1 España y los datos abiertos en la investigación del transporte.....	82
3.3.2 México y los datos abiertos en temas de movilidad urbana	84
3.3.3 Estado de México y Nezahualcóyotl en datos abiertos de movilidad urbana.....	86
3.4 Operacionalización de variables.....	87
3.5 Sistema de información geográfica	89
3.6 Conclusiones del Capítulo 3	91

4	Caracterización de la oferta y demanda del sistema de transporte público urbano en nezahualcóyotl.....	94
4.1	Panorama general de la movilidad en el municipio.....	94
4.2	Identificación del servicio de transporte en el municipio.....	102
4.3	Análisis de la oferta y demanda en el corredor de estudio.....	105
4.3.1	Caracterización de oferta.....	106
4.3.2	Caracterización de la demanda.....	113
4.4	Modelo de transporte.....	119
4.4.1	Generación de viajes.....	122
4.4.2	División modal de los viajes.....	134
4.4.3	Distribución de viajes.....	136
4.5	Conclusiones y recomendaciones del capítulo 4.....	142
5	Conclusiones finales.....	145
5.1	Conclusiones de la investigación.....	155
5.2	Aportes del trabajo y posibles líneas de investigación.....	156
6	Bibliografía.....	158
7	Anexo.....	166
7.1	Anexo matriz de distancias.....	167
7.2	Anexo de figuras.....	168
7.3	Anexo de producción académica.....	181

Índice de figuras

Figura 1 Localización de Nezahualcóyotl	14
Figura 2 Esquema metodológico.....	25
Figura 3 Conformación de áreas de mercado hexagonales, según la lógica de la teoría de lugar central	33
Figura 4 Área de influencia de un umbral de mercado	36
Figura 5 La Movilidad en los Instrumentos de Planeación Nacional, Estatal y Municipal	58
Figura 6 Temas para el análisis de la movilidad y transporte en los Planes de Desarrollo Municipal del Estado de México.....	63
Figura 7 Esquemas de los cuatro pasos de un modelo de transporte.....	70
Figura 8 Estructura elemental del modelo de 4 etapas	77
Figura 9 Caracterización de viajes	79
Figura 10 Ejemplo de datos abiertos con enfoque de movilidad en España	84
Figura 11 Datos Abiertos de Movilidad del Gobierno de la República.....	85
Figura 12 Datos Abiertos de Movilidad y Transporte INEGI	86
Figura 13 Superposición de capas de información.....	91
Figura 14 Distribución modal de viajes realizados en el municipio de Nezahualcóyotl	95
Figura 15 Distribución por motivos de viaje para Nezahualcóyotl	96
Figura 16 Parque vehicular registrado en el municipio de Nezahualcóyotl	97
Figura 17 Relación del crecimiento del parque vehicular registrado y población ..	98
Figura 18 Estructura vial del Municipio de Nezahualcóyotl	100
Figura 19 ejemplo de vialidades primarias en el municipio de Nezahualcóyotl ...	101
Figura 20 ejemplo de vialidades secundarias en el municipio de Nezahualcóyotl.	101
Figura 21 Equipamientos y servicio.....	102
Figura 22 Sistema de Rutas del Municipio de Nezahualcóyotl.....	104
Figura 23 Rutas de Chimalhuacán que cruzan por Nezahualcóyotl.....	105
Figura 24 Corredor Av. Chimalhuacán	106
Figura 25 Rutas del Corredor Av. Chimalhuacán	108
Figura 26 Unidades de transporte que ofertan el servicio en el municipio de Nezahualcóyotl.....	109
Figura 27 Tiempo de recorrido para el corredor de estudio	111

Figura 28 Ejemplo de pirámide tarifaria para transporte público en Nezahualcóyotl	112
Figura 29 Radio de análisis para el corredor Av. Chimalhuacán.....	115
Figura 30 Número de empleos por unidad económica en la zona de influencia 500m al corredor	117
Figura 31 Usos de suelo predominantes para el radio de influencia	118
Figura 32 Zonificación del corredor de análisis	121
Figura 33 Resultados de la representatividad de producción viajes vs variable explicativa PEAO.....	125
Figura 34 Resultados de la representatividad de atracción de viajes vs variable explicativa número de empleos.	126
Figura 35 Diagrama de viajes pendulares	129
Figura 36 Producción y Atracción de viajes por zona de análisis.....	131
Figura 37 Distribución de los viajes origen destino de cada zona del corredor ...	140
Figura 38 Primeras 2 etapas del modelo de transporte.....	147

Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación del transporte urbano por tipo de servicio	43
Tabla 2 Instrumentos de planeación vinculados a garantizar el derecho a la movilidad urbana	56
Tabla 3 Estudios de campo e información obtenida de oferta y demanda para la planeación del transporte	78
Tabla 4 Operacionalización de variables para el proyecto	87
Tabla 5 Movilidad cotidiana en el municipio de Nezahualcoyotl.....	96
Tabla 6 Tasa de crecimiento poblacional de Nezahualcóyotl.....	98
Tabla 7 Operacionalización de variables de oferta.....	107
Tabla 8 Resultados de operacionalización de variables de oferta.....	112
Tabla 9 Operacionalización de variables de demanda	113
Tabla 10 Variables de la población potencial del corredor de análisis en radio ..	116
Tabla 11 Movilidad cotidiana interna y externa al municipio	119
Tabla 12 Promedio definido para empleos en escala del DENUE-INEGI	124
Tabla 13 Viajes producidos y atraídos para cada zona del corredor de análisis .	127
Tabla 14 Porcentaje de distribución de la población que viaja por motivo principal de viaje	128
Tabla 15 Viajes producidos y atraídos por zona externa al radio de accesibilidad	128
Tabla 16 Factor de balanceo para representar viajes pendulares.....	129
Tabla 17 Resultado del modelo de generación de viajes por zona de análisis ...	130
Tabla 18 Población que viaja por motivo de movilidad cotidiana en el municipio	132
Tabla 19 Resultado del modelo de generación de viajes por zona de análisis, bajo supuestos simples	133
Tabla 20 División modal de los viajes por motivo trabajo	135
Tabla 21 Viajes en transporte público por motivo trabajo.....	135
Tabla 22 Matriz de distribución de viajes para el corredor de análisis	139
Tabla 23 Distribución de viajes generados dentro de Nezahualcóyotl	140

Introducción

La planificación de los sistemas de transporte es un proceso metodológico amplio de recopilación y análisis de información, el cual lleva tiempo de organización y logística de aplicación además que los costos de elaboración suelen ser muy altos; la recopilación de la información incluye numerosas actividades de captación de información sobre tránsito y transporte de pasajeros; entre ellas se encuentran los aforos de ocupación visual, volumen de ascenso y descenso de pasajeros en paradas a lo largo de las rutas, número de despachos en terminales y encuestas de origen destino; la importancia de esta información dentro la planeación de los sistemas de transporte urbano, es identificar la oferta y demanda de los servicios para diagnosticar la situación actual y posterior tomar definir las mejoras y como señala Molinero & Sánchez (2002, pág. 257) “permite estar en condiciones de tomar decisiones óptimas acerca de la construcción de nuevas obras viales o las mejoras a los sistemas de transporte existentes, la implementación de nuevos sistemas, o bien, definir sus formas de explotación y determinar dónde y cuándo deberán operar para lograr el mayor impacto al mayor número de beneficiarios”.

En México existen diversas fuentes oficiales que orientan al análisis de la planeación del transporte, como el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) y el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), aunque este último presenta metodologías para la evaluación socioeconómica de proyectos de transporte, también está enfocada en la elaboración de un diagnóstico de la caracterización de oferta y demanda de la situación actual a partir de recopilación de información de campo.

Con base en lo anterior, el trabajo de investigación que se presenta no busca sustituir las metodologías existentes para el análisis del transporte a partir de la recopilación de información primaria del tránsito y transporte; pero si orientar el análisis de la movilidad urbana de tal forma que se pueda hacer un diagnóstico paramétrico de las características de oferta y demanda de los sistemas de transporte para identificar las problemáticas de la movilidad de un entorno urbano. Este ejercicio está basado en el análisis de datos abiertos existentes del entorno,

relacionados a la movilidad urbana, a partir de análisis estadísticos y su interpretación. Con ello busca aportar a la elaboración de un diagnóstico de oferta y demanda de los sistemas de transporte público.

Los datos abiertos son un elemento que se puede utilizar en la elaboración de un diagnóstico que aporten a la planeación, a la toma de decisiones e incluso a la elaboración de políticas públicas; mediante un análisis cualitativo y cuantitativo por medio de metodologías innovadoras. Este ejercicio se aplica al Municipio de Nezahualcóyotl, Estado de México, siendo éste de los mayormente poblados y localizado dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Es importante señalar que, con la siguiente pregunta se analiza de manera sencilla y práctica la movilidad urbana en el transporte público tomando en cuenta variables socioeconómicas asociadas a la cartografía existente en México y los datos abiertos: ¿Cómo a partir del análisis de datos abiertos relacionados con población y economía georreferenciados existentes en México, es posible generar variables para identificar los patrones de movilidad urbana y estimación de demanda para el transporte público urbano? y es que la concentración de actividades económicas originan flujos de personas desde zonas residenciales e incluso motivos que pueden estar relacionados con el equipamiento existente y los usos de suelo.

Para responder la pregunta que determina el motivo de la elaboración de este trabajo, en el Capítulo 1 se exploran las principales teorías para comprender los desplazamientos en el entorno urbano; desde la teoría del Lugar Central, la cual hasta nuestros días sigue siendo valiosa, pues ayuda a la planificación urbana a entender la distribución espacial de los asentamientos humanos; esta también se relaciona con la teoría de Umbrales con la que se identifican límites para definir una demanda mínima para que un bien logre ser rentable; mientras que la teoría de Interacción Espacial busca mostrar como existen elementos en el espacio urbano que pueden predecir patrones de movimientos a partir de elementos como el tiempo y distancia; otra teoría relevante para entender la interconexión de los elementos de la ciudad es la teoría de Sistemas que se basa en el análisis de sistemas desde las ciencias naturales para comprender el comportamiento de fenómenos en el

contexto social y urbano. En este capítulo también se analizan conceptos claves para la planeación de transporte público urbano y aquellos conducen a la comprensión de la movilidad urbana.

En el Capítulo 2 de la investigación se integran las bases normativas donde se identifica el derecho a la movilidad urbana desde diversos niveles de la planeación; así como los elementos asociados a la elaboración de instrumentos de la planeación de la movilidad urbana para los municipios del Estado de México.

En el Capítulo 3 se presenta un análisis de fuentes vinculadas a la recopilación de datos abiertos que son de utilidad para la generación de un diagnóstico del transporte público urbano; así como alternativas de modelos para el análisis del transporte, la movilidad urbana y la interacción urbana asociada a identificar los flujos de viajes de acuerdo con los puntos de atracción y producción de viajes asociados por sus variables estadísticas; se explican a grandes rasgos, los modelos de elección discreta en relación a las alternativas de viaje de los usuarios y al modelo clásico de cuatro etapas, donde se hace presente la importancia de la generación, distribución parición modal y asignación de viajes.

Una vez efectuado el análisis de las teorías y conceptos asociados a la movilidad y su interacción, interpretación e importancia de normas e instrumentos legales y de planeación sobre la movilidad urbana, identificado las técnicas para la estimación de la demanda y las fuentes de datos abiertos, en el Capítulo 4 se expone el ejercicio de la caracterización de oferta y demanda del transporte público urbano para el municipio de Nezahualcóyotl, posteriormente se aplica la metodología del modelo de cuatro etapas para representar la producción atracción de viajes basados en el hogar y con motivo de trabajo para 30 zonas del corredor Av. Chimalhuacán. Con supuestos fundamentados en la recopilación de datos abiertos se elabora la partición modal y la distribución de los viajes por zonas logrando el mapeo de vectores de producción - atracción basados en una matriz origen destino, aspectos que permiten identificar el potencial de información pública que existe en el banco de datos abiertos del país para la estimación de demanda y planeación del transporte.

Finalmente, se exponen las conclusiones derivadas de la investigación y se emiten recomendaciones y futuras línea de investigación que giran en torno al uso y aprovechamiento de datos abiertos vinculados a la estimación de demanda de transporte público y en general en la movilidad urbana.

A. Planteamiento del problema

Con el crecimiento de las ciudades hacia las áreas periféricas, se incrementan las necesidades de que los gobiernos locales tengan como parte de sus objetivos de planeación, incorporar un análisis de la movilidad urbana que permita dirigir las estrategias de planeación en materia de transporte público de calidad para sus habitantes, ya que con “la expansión metropolitana se incrementan las distancias que las y los ciudadanos deben recorrer cada día y, evidentemente, el tiempo que invierten en sus traslados” (Ramos & Sánchez, 2016, pág. 13). Y es que las políticas de vivienda han fragmentado el espacio urbano, aumentado las distancias y tiempos de traslado y han puesto en jaque la estructura territorial y ambiental de las ciudades mexicanas.

El diagnóstico de la movilidad urbana de las ciudades, siguiendo las metodologías convencionales, puede tardar un tiempo importante desde la logística de recopilación de información, su procesamiento y análisis, la generación de complejos modelos de transporte y posterior a ello, identificar la situación actual de movilidad del transporte público para buscar alternativas de solución; como señala Molinero & Sánchez (2002, pág. 264) “se basa específicamente en la comparación de la demanda con la oferta, y para que esta confrontación sea de utilidad, se compara también con la demanda futura y la oferta existente hacia un horizonte de proyecto”, de acuerdo con lo anterior la adecuada planeación de los transportes urbanos permite solventar las necesidades de movilidad de la población y prever las inversiones necesarias de infraestructura y de equipo, efectuar un análisis económico de su justificación y determinar el orden de prioridad de las obras.

Uno de los actuales retos de los gobiernos locales es la generación del plan de desarrollo municipal, que con base en un diagnóstico de la situación actual que

permita generar estrategias que solucionen problemas prioritarios del entorno urbano con relación a la movilidad y alcanzar el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población. De acuerdo con el artículo 22 de la Ley de Planeación del Estado de México, “los Planes de Desarrollo Municipal se formularán, aprobarán y publicarán en tres meses a partir del inicio del periodo constitucional” (“LIV” Legislatura del Estado de México, 2001, pág. 22). Esto sin duda es un reto importante ya que generar un buen diagnóstico de la situación actual, permite definir una directriz de planeación en diversos rubros que impactan la calidad de vida de los habitantes y el desarrollo económico municipal.

El Estado de México posee un “Manual para la elaboración de los Planes de Desarrollo Municipal 2024”, el cual sirve de guía para la integración de un diagnóstico de los principales ejes temáticos de la planeación y para cada eje hace recomendaciones de elementos que se han de considerar; en el Subtema Movilidad y Transporte para la población señala “El diagnóstico deberá incluir la caracterización de las principales vialidades del municipio, así como el total y tipo de transporte que permite la movilidad al interior o exterior del territorio municipal. Es imprescindible que la descripción y análisis no se limiten a estos aspectos, sino que, con el apoyo de tablas, mapas o esquemas, se identifiquen las principales problemáticas que enfrentan tanto las vialidades como el tipo de transporte y sus rutas. También, se deberá integrar el desplazamiento que presenta el Municipio en cuanto a movilidad del transporte para la población” (Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de México, 2021, págs. 106-107). Es importante detallar que este documento sugiere diversas fuentes de datos abiertos que se pueden consultar para atender los alcances planteados para la elaboración de un diagnóstico de la movilidad urbana.

Dentro del Plan de Desarrollo Municipal 2019-2021 (la versión 2022-2024, solo se encuentra en la gaceta municipal y no como parte de los aprobados por el Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de México); en el diagnóstico de movilidad urbana identifica como parte de la movilidad lo referente a la infraestructura vial, en esta versión no se identifica un diagnóstico enfocado al

análisis del entorno respectivo a la movilidad urbana que considere los diferentes modos de transporte y otros elementos distintos al tema de infraestructura; pues en el apartado referente subtema: Movilidad y Transporte para la población, se señala la existencia de nodos como los puntos de una ciudad que se pueden ubicar como centros comerciales y administrativos, plazas, jardines públicos, parques, con influencia de vialidades importantes, donde se puede albergar diversos tipos de actividades como: sociales, cívicas, religiosas, recreativas, entre otras y que estas actividades congregan una importante cantidad de personas y puede generar puntos de conflicto. Mientras que en las líneas de acción se describe que se debe proporcionar acceso a sistemas de transporte seguro, asequible, accesible, sostenible para todos y mejorar la seguridad vial, mediante la ampliación de transporte público; es importante destacar que dentro del documento no se muestra un plan dirigido al transporte público más allá de combatir la inseguridad (Nezahualcóyotl, 2019).

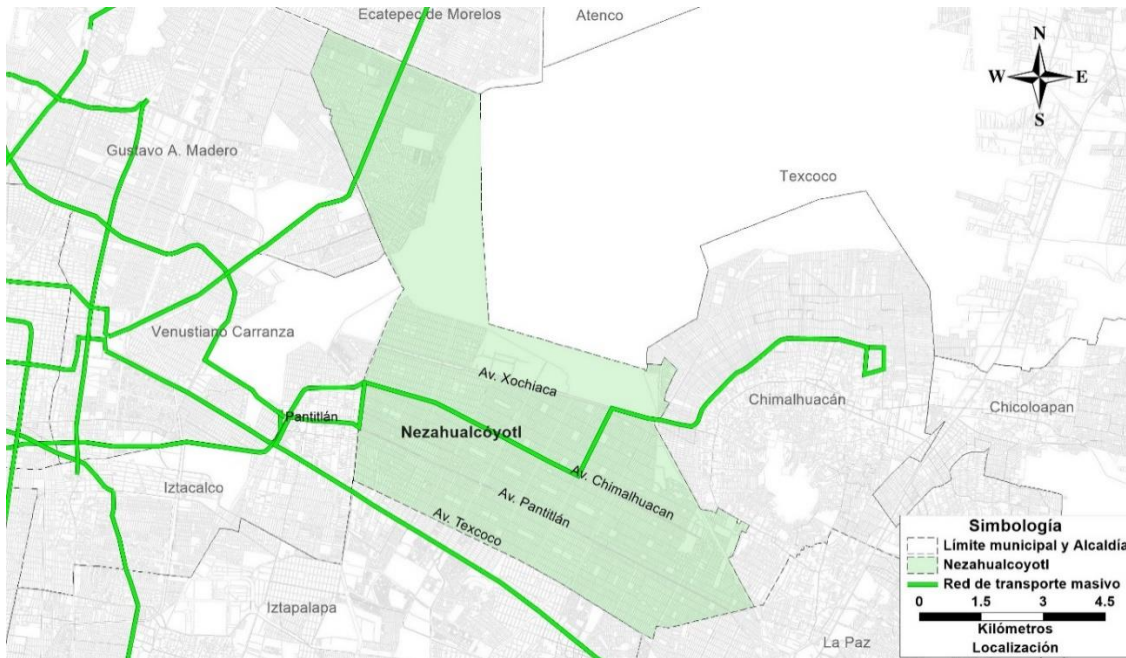
Por ello para generar un panorama de diagnóstico apropiado para la generación de propuestas de solución al transporte público, “una de las etapas fundamentales en la planificación de los transportes es la estimación del número de viajes que se producen en una determinada área de estudio, así como también el número de viajes futuros y su distribución espacial” (Molinero & Sánchez, 2002, pág. 285). De acuerdo con lo señalado por algunas de las instituciones como el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) o el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP), las metodologías utilizadas para la estimación de demanda han utilizado modelos matemáticos alimentados por datos recopilados en campo, que no son otra cosa que la representación simplificada de situaciones reales.

La necesidad de generar un diagnóstico de la movilidad urbana a partir de información geográfica y estadística de variables socioeconómicas y datos abiertos existentes es importante e indispensable saber que variables influyen en el análisis de la movilidad urbana; así una vez teniendo los datos adecuados y analizados con herramientas geográficas y modelos matemáticos, ayudan a la planeación de los

sistemas de transporte urbano mediante la reflexión y la conceptualización de proyectos acordes al entorno, aprovechando los recursos existentes y usando datos de bajo costo.

El acelerado crecimiento de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), resultado de la migración de la población rural de diversas entidades de la república a mediados de los 1940; el municipio de Nezahualcóyotl se convirtió en el segundo mayormente poblado del Estado de México con 1,077,208 habitantes (INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020); se localiza en la zona oriente del Valle de México, colinda al noroeste con Ecatepec de Morelos y la zona federal del lago de Texcoco; al oeste con las delegaciones Gustavo A. Madero y Venustiano Carranza; al este con La Paz, Chimalhuacán y Atenco; al sur con las delegaciones Iztapalapa e Iztacalco; la Figura 1 Localización de Nezahualcóyotl muestra la ubicación geográfica del Municipio de Nezahualcóyotl y sus municipios colindantes.

Figura 1 Localización de Nezahualcóyotl



Fuente: Elaboración Propia, con base cartográfica INEGI-2020.

Debido a que es uno de los municipios más poblados de la Zona Metropolitana del Valle de México, genera día a día alrededor de 1,054 mil viajes en el mismo municipio (INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017) ocupando el 4° lugar en mayor número de viajes del Valle de México y en términos de viajes externos acumula en un día promedio de entre semana 410 mil viajes (INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017) Los principales servicios de transporte son ofrecidos mediante el esquema de hombre-camión con una diversidad de unidades de transporte como vans-sprinters, microbuses y autobuses, donde la mayoría de estos últimos tipos de vehículo sobrepasan los 10 años de antigüedad. Actualmente el sistema de Mexibús opera con el servicio de Pantitlán – Chimalhuacán donde la terminal se localiza en la colonia Acuitlapilco en el municipio de Chimalhuacán; sin embargo, no es un servicio que ofrezca cobertura a los principales corredores de transporte del municipio de Nezahualcóyotl; las autoridades municipales de anteriores administraciones han reconocido que existe la necesidad de planear un transporte seguro y eficiente en el municipio ya que las

personas dedican más de cuatro horas a sus desplazamientos, lo cual puede representar hasta una quinta parte de sus salarios por ello se reconoce que con un mejor transporte público, se pueden reducir los embotellamientos, los niveles de contaminación y las pérdidas económicas debidas a las horas hombre desaprovechadas (Nezahualcóyotl., 2021).

En general, la Zona Oriente del Valle de México, presenta un rezago en temas de movilidad urbana; y el municipio de Nezahualcóyotl por ser uno de los más poblados y generar un número importante de viajes, debe considerar un plan de transporte seguro y eficiente. En este sentido, la problemática señalada obliga a plantear estrategias de solución que deriven de adecuados diagnósticos de la movilidad urbana con una perspectiva metropolitana, formulen directrices y lineamientos que se sustenten en esquemas de sostenibilidad.

B. Justificación

El análisis de la movilidad en las ciudades y su planeación se apoya en la interpretación de datos obtenidos de diversas fuentes, sean éstas de tipo primaria (las obtenidas en campo) o las documentales, esto representa un trabajo importante para la toma de decisiones desde la investigación académica, la consultoría e incluso desde la función pública. El trabajo de la obtención de datos para un diagnóstico que ayude a identificar posibles alternativas y estrategias que se deben llevar para la adecuada formulación de proyectos de movilidad que tengan una garantía a la toma de decisiones dirigidas a las necesidades de movilización de la población; puede ser demasiado costosa y compleja, llevar demasiado tiempo obtenerla y sin una eficiente gestión en la captación puede generar errores en la interpretación.

Los estudios de planeación del transporte pueden ser complejos dependiendo del objetivo que se busque alcanzar, éstos consideran desde el análisis de un corredor de transporte hasta un Plan de Movilidad Urbana Sustentable, siendo éste último un instrumento “útil para reflexionar sobre el quehacer en la toma de decisiones respecto de la transportación de personas y mercancías” (Comisión Nacional para

el Uso Eficiente de la Energía, 2016); sin embargo, éste no es obligatorio para dar directriz a la planeación del transporte de las ciudades o municipios, lo cual ha llevado a que solo bajo ciertas circunstancias de interés se puedan elaborar; no obstante, el tema de la movilidad se encuentra resaltado dentro de la llamada Guía para la elaboración de planes de desarrollo municipales con visión de la Agenda 2030, donde se hace referencia a los Objetivos de Desarrollo Sostenible y se plantea que “las autoridades locales tienen la responsabilidad y oportunidad de implementar esta agenda global en sus territorios a través de políticas públicas en áreas prioritarias para el desarrollo de las personas y sus comunidades, considerando al transporte público de calidad” (Echave, 2020, pág. 13).

En el Objetivo 11 Ciudades y Comunidades Sostenibles, se plantea que las ciudades deben proporcionar “acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad...” (CEPAL & ONU, 2018, pág. 29) por lo que resulta importante considerarlo en la elaboración de los planes de desarrollo municipales para generar una visión a futuro de la orientación de los servicios de transporte acorde a las necesidades de la población. Pero ésta no es una tarea sencilla, sobre todo si pensamos en lo complejo que pueden ser los estudios de transporte, no obstante, existen herramientas y fuentes de datos que pueden aportar a definir las características de la movilidad actual.

La alternativa metodológica de interpretación y obtención de datos abiertos para el análisis de la movilidad, en México es un tema nuevo; sin embargo, este puede ayudar a la planeación de la movilidad en las ciudades; pues en otros lugares del mundo se ha orientado a la planeación de la movilidad urbana; un ejemplo de ello es España donde se señala que “los datos abiertos se han introducido como uno de los vectores de innovación clave en la transformación digital del sector para contribuir a la consecución de los objetivos de mejora en la calidad de vida de los ciudadanos y de protección al medio ambiente. Los investigadores trabajan para adquirir un mejor conocimiento del funcionamiento de las dinámicas de transporte y

movilidad en la que los datos abiertos tienen un papel fundamental, no sería posible obtener innovaciones relevantes o políticas públicas bien informadas” (Gobierno de España, 2022).

Actualmente, la publicación de datos abiertos oficiales y la puesta en marcha de la Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública (2015), señala en su artículo 1° que se debe:

“...garantizar el derecho de acceso a la información en posesión de cualquier autoridad, entidad, órgano y organismo de los poderes Legislativo, Ejecutivo y Judicial, órganos autónomos, partidos políticos, fideicomisos y fondos públicos, así como de cualquier persona física, moral o sindicato que reciba y ejerza recursos públicos o realice actos de autoridad de la Federación, las Entidades Federativas y los municipios” (Honorable Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos, 2015, pág. 1).

Por lo tanto, obtener datos abiertos que aporten a la planeación del transporte público es importante para garantizar el análisis de diversas variables que se puedan interpretar mediante modelos estadísticos o geográficos, identificando los factores que inciden en la movilidad urbana del entorno para posteriormente, generar propuestas adecuadas a las necesidades de la población e incluso o hacer una preevaluación de proyectos de movilidad urbana.

En México esta tendencia aún no ha sido muy explorada, debido a que es un tema nuevo y la ley de datos abiertos se promulgó a partir del 2015; sin embargo, existen algunos análisis elaborados con datos abiertos para entender la movilidad, aunque al parecer éstos han iniciado con la publicación de datos referentes al sistema eco bici como la publicación llamada *¿No puedo conducir hoy? El impacto de las restricciones a los autos en el sistema de bicicletas compartidos de la Ciudad de México* elaborado por Rebeca de Buen Kalman, o bien los estudios elaborados durante el periodo de pandemia como el nombrado *Índices de movilidad* elaborado por el Centro de Investigación en Ciencias de Investigación Geoespacial en conjunto con INFOTEC (Centro de Investigación e Innovación en TIC) y el *Índice de Movilidad*

Urbana del Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. (IMCO) solo por mencionar algunos.

Otro instrumento que estimula la generación y publicación de datos abiertos en torno a la movilidad urbana es la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial, en la cual su artículo 28 de la Integración de Indicadores y Bases de Datos de Movilidad y Seguridad Vial. señala que:

“La integración de indicadores y bases de datos del Sistema de Información Territorial y Urbano se integrarán por:

- Base de Datos sobre información de movilidad, y
- Base de Datos de información y seguimiento de seguridad vial” (Honorable Congreso de la Unión, 2023, pág. 20)

Se espera que el resultado del presente estudio también aporte bases suficientes para la elaboración del análisis de la movilidad urbana a partir de la recopilación, limpieza, interpretación y evaluación de datos abiertos, para comprender la movilidad identificando la demanda del sistema de transporte público en uno de los corredores más importantes del municipio de Nezahualcóyotl, generando una metodología suficientemente razonable para tomar decisiones en la planeación del transporte público, con bajo costo y tiempo de elaboración.

Como señala el Diagnóstico sobre el Estado de Preparación de Datos Abiertos “El Gobierno Federal de México tiene una oportunidad única para aprovechar los Datos Abiertos como motor de la transformación interna del gobierno y la economía del país” (Kaplan, 2013, pág. 7). Aprovechar el trabajo del gobierno publicando una diversidad de datos que se pueden analizar, genera grandes oportunidades para mejorar los servicios públicos, las inversiones y formulación de políticas públicas. También supone una enorme oportunidad para incrementar la economía del país a través de la reutilización de los datos por parte de empresas, desarrolladores y emprendedores. Así mismo, pueden servir de ejemplo y ayudar a los estados y municipios a mejorar la planeación del desarrollo urbano de las ciudades, y pueden situar a México entre los principales países en esta tendencia (Kaplan, 2013).

El Municipio de Nezahualcóyotl, posee un fuerte potencial de mejora con respecto al tema y cuenta con información necesaria para ser evaluado e identificar los elementos que influyen en el contexto de la movilidad; se espera que el presente estudio arroje parámetros importantes para un diagnóstico de la movilidad acorde al contexto espacial de los habitantes.

Ya que este municipio es de los mayormente poblados del estado de México, por su cercanía con la CDMX; al igual que el resto de los municipios de la zona metropolitana tienen un papel importante en la producción de viajes diario hacia CDMX y otros municipios conurbados, debido a que es una llamada zona dormitorio, pues desde sus orígenes se concibió como un área para la gente trabajadora que venían del interior de la república en busca de oportunidades laborales que les prometía la capital del país durante la década de los 1960; con esta gran concentración de población las necesidades de acceder a los servicios urbanos, al empleo y a los equipamientos especializados crecen constantemente y por ello los gobiernos locales deben enfocar en sus objetivos de planeación urbana en generar estrategias relacionadas con la movilidad urbana para que con ello la población pueda cubrir sus necesidades de empleo, salud, estudio entre otros, por eso cobra importancia planificar el transporte público urbano logrando que este sea cómodo, accesible y amigable con el medio ambiente ya que con “la expansión metropolitana se incrementan las distancias que las y los ciudadanos deben recorrer cada día y evidentemente, el tiempo que invierten en sus traslados” (Ramos y Sánchez, 2016, pág. 13); pese a estas necesidades dentro del plan de desarrollo municipal y estatal no existe una estrategia clara de planeación del sistema de transporte público para Nezahualcóyotl basada en un diagnóstico de la demanda de los principales corredores que vaya más allá de un planteamiento de mejoras a la infraestructura vial.

Uno de los corredores de importancia para el municipio es el de Av. Chimalhuacán el cual tiene su trazo que atraviesa el municipio desde el oriente al poniente cruzando por hitos de importancia para la población del municipio; en este corredor circulan cerca de 22 rutas de transporte público y su gran mayoría comparten

orígenes y destinos lo que deja a la vista una clara competencia entre rutas; es relevante resaltar que esta vialidad tiene un tramo de Mexibús y la competencia entre este sistema de carril segregado con el resto de los servicios de transporte convencional deja a simple vista la clara necesidad de tener un diagnóstico de la oferta y la demanda de transporte para poder identificar las principales necesidades de movilidad de la población cercana al corredor y por ello este corredor se elige como parte de este ejercicio.

C. Objetivos

a. Objetivo General

Estimar la demanda del transporte público para el Municipio de Nezahualcóyotl en el Estado de México con base la recopilación, evaluación y análisis de datos abiertos; generando variables cualitativas y cuantitativas que inciden en la planeación del transporte público urbano, destacando la importancia del uso de datos abiertos.

b. Objetivos Específicos

1. Integrar un marco teórico conceptual sobre movilidad urbana, para explicar los conceptos y argumentos que intervienen en su análisis, así como los elementos que influyen en la planeación del transporte.
2. Integrar las bases legales y normativas que permitan comprender el derecho a la movilidad urbana de acuerdo con el ámbito federal, estatal y municipal; para entender la importancia de hacer una planeación enfocada a la población desde los instrumentos de planeación en todos los niveles.
3. Caracterizar la oferta y demanda del sistema de transporte público urbano en Nezahualcóyotl considerando información de datos abiertos que contenga estadística socioeconómica, usos de suelo, equipamiento y aquellas que permitan integrar un diagnóstico de la movilidad urbana municipal.
4. Identificar un modelo que permita determinar la demanda del transporte público urbano y el comportamiento de los patrones de movilidad urbana con datos abiertos para el corredor Av. Chimalhuacán del municipio de Nezahualcóyotl.

D. Alcances y limitaciones

La planificación de los sistemas de transporte es un proceso complejo y fundamental para el desarrollo de sistemas de transporte público eficientes y sostenibles; por ello se presentan los alcances y limitaciones de este proyecto con enfoque de datos abiertos.

a. Alcances

- Identificar los elementos que motivan a generar viajes en las ciudades, vinculando teorías y conceptos particulares a la movilidad urbana, transporte urbano e interacción espacial
- Describir un panorama de la relación entre del derecho a la movilidad vinculado con los instrumentos de planeación e identificando cómo estos últimos aportan bases para la toma de decisiones al mejoramiento de los sistemas de transporte a partir de las metodologías planteadas para la realización del diagnóstico de la movilidad.
- Identificar los principales instrumentos y modelos que hacen parte del análisis de la movilidad y vincularlos con el uso de datos abiertos para su aplicación en la estimación de demanda del corredor av. Chimalhuacán en el municipio de Nezahualcóyotl.
- Destacar el uso de los datos abiertos en la planeación del transporte, pudiendo generar un diagnóstico de oferta y demanda para el transporte público urbano; considerando el uso de un modelo de transporte y los sistemas de información geográfica.
- La consideración de información de población proviene de fuentes oficiales este ejercicio de demanda se puede aplicar en otras zonas urbanas de México.

b. Limitaciones

- La calidad y la disponibilidad de datos abiertos pueden ser variables, lo que puede afectar la precisión y la confiabilidad de las estimaciones; ya que el uso de datos abiertos en el área de movilidad es relativamente nuevo en México.

- Puede existir un sesgo en la información recopilada ya que no todas las fuentes de datos para la elaboración del diagnóstico de la oferta de rutas de transporte son oficiales.
- Los supuestos para el modelo de transporte de corredor Chimalhuacán pueden tener un sesgo ya que se considera una movilidad cotidiana que no considera todos los motivos de viaje.

E. Hipótesis

La recopilación, evaluación y análisis de datos abiertos permite identificar y cuantificar variables que inciden en la oferta y demanda del transporte público urbano, generando una visión de la dinámica del comportamiento de movilidad urbana; lo cual ayuda a la determinación de la demanda del corredor Av. Chimalhuacán en el Municipio de Nezahualcóyotl.

F. Metodología técnica

El procedimiento de trabajo técnico consistió en un análisis cualitativo y cuantitativo basado en recopilación de información de datos abiertos, referente a estadísticas poblacionales, usos de suelo, localización de equipamientos urbanos, tipo de servicios de transporte público ofertados en la zona e información geográfica referente a la infraestructura vial, manzanas con población y toda aquella concerniente a la situación de oferta y demanda para el transporte desde las fuentes oficiales y abiertas; esta información será validada y georreferenciada para identificar patrones de viajes y mediante un modelo básico se estimará el comportamiento de la demanda actual del corredor Av. Chimalhuacán para posteriormente identificar un potencial de demanda de transporte público y generar los vectores de viaje de la población potencial.

El proyecto tiene como delimitación temporal el periodo 2015 – 2023 y obedece a que la Ley de Acceso a la Información se promulgó en el año 2015 y en el año 2023 con la intención de abarcar la situación actual que prevalece en Nezahualcóyotl en materia de movilidad urbana.

Para la correcta consecución de los objetivos planteados se propone seguir una metodología que constituya la ruta del estudio y que determine con antelación al desarrollo mismo, la forma, el cómo y el cuándo; la metodología propuesta se ilustra gráficamente en la Figura 2.

Figura 2 Esquema metodológico.



Fuente: Elaboración Propia

Una vez elaborado el esquema metodológico se describe brevemente cada ítem de la metodología a seguir en el proceso de investigación.

a. Marco Teórico Conceptual

El marco teórico conceptual, explica de modo sencillo y práctico los elementos que servirán de guía para conceptualizar la movilidad urbana en Nezahualcóyotl, de acuerdo con conceptos y argumentos que intervienen en el análisis de la movilidad urbana y la planeación del transporte.

El trabajo parte del análisis del concepto de ciudad y las teorías de la economía urbana como la teoría del lugar central, teoría de umbrales y la interacción espacial para posteriormente hacer una relación de ellas con los conceptos de desplazamientos y de la planeación de los sistemas de transporte, las técnicas del análisis de estimación de demanda, basada en la interpretación de datos abiertos; pudiendo usar estos últimos en su interpretación, las necesidades de mejorar el sistema de transporte y las alternativas de transporte público eficiente de acuerdo a la demanda de viajes.

b. Recopilación de información

Esta etapa tiene una importancia crucial, ya que de ella se buscan obtener los insumos de análisis para la estimación de la demanda y conocimiento de la oferta; en los siguientes apartados se describe la información recopilada.

i. Información documental de datos abiertos

Con la recopilación de información de datos abiertos basada en fuentes oficiales, así como información de estudios existentes que influyen en la zona de análisis y estudios referenciales similares a las características de la zona (Nezahualcóyotl); con la finalidad de contar con un panorama general de la movilidad, características del territorio, planes de crecimiento y modificaciones del espacio urbano del área de análisis. Se revisó y validó la información útil para el desarrollo del diagnóstico en materia de oferta y demanda de transporte público. De manera preliminar se identificó la siguiente información documental:

- Cartografía urbana del Municipio de Nezahualcóyotl (INEGI-2020)
 - Red vial y rutas de transporte público
 - Límites políticos (estatales, municipales, colonias, AGEBS y manzanas.)
 - Sitios de interés y equipamientos
 - Usos de suelo
- Variables, estadísticas preliminarmente de Población Total, PEAO y Estudiantes.
- Servicios de transporte y rutas de transporte, solicitadas a la Delegación Regional Secretaría de Movilidad Zona IV y MAPATON.
- Estudios de demanda de transporte anteriores en la zona de influencia, mediante plataforma del Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN).
- Encuestas Origen – Destino existentes, principalmente INEGI (2017).
- Información sobre las características de sistema de transporte existente; se reconoce que esta información no es sencilla obtenerla desde portales de datos abiertos por lo cual se puede obtener de observación directa en sitio.

- Planes, programas y proyectos de desarrollo territorial y/o de movilidad disponibles para el Municipio de Nezahualcóyotl y el Estado de México, a partir del 2015 y hasta el 2022.

ii. Información directa

Mediante observaciones en sitio, se identificaron los principales componentes de oferta del transporte público urbano del municipio y los elementos del viaje en términos de costo, tiempo y tipo de vehículos. Cabe señalar que, esta actividad tomó en cuenta la operacionalización de variables de oferta.

c. Análisis descriptivo, evaluación y procesamiento de los datos abiertos

Para la validación de los datos recopilados se identificó la congruencia entre los mismos, por lo tanto, se hizo una revisión cuidadosa de las características y conceptos de cada valor tratando de homologar los criterios de cada fuente.

Se buscó que, con la revisión de la información documental de datos abiertos, se logren identificar los elementos relevantes relacionados con la oferta y demanda de los sistemas de transporte público urbanos actuales obteniendo los siguientes elementos, solo por nombrar algunos:

- Características de la oferta de los sistemas de transporte público urbanos (vialidades, tipos de vehículos, capacidades, velocidades, cobertura entre otras)
- Caracterización de la demanda, a partir de variables elegidas para el análisis, buscando responder a las siguientes preguntas, ¿Quiénes se mueven?, ¿Hacia dónde se mueven? y ¿Por dónde se mueven?

Es importante recalcar que este análisis se elaboró a partir del análisis de la información de datos abiertos obtenida del proceso de recopilación.

d. Determinación de la demanda

Para determinar la demanda de transporte, se elaboró un diagnóstico de los posibles flujos de viajes, que se generan por la densidad de población, la localización de los equipamientos, usos de suelo y cobertura de los servicios de transporte.

Se estimó mediante un modelo estratégico que representa las características de la movilidad actuales de la zona de estudio en específico del corredor Av. Chimalhuacán. Para ello, se efectuó una revisión de diversos modelos de interacción espacial, modelos de uso de suelo y modelos de planeación del transporte; para la representatividad de viajes se utilizó un software especializado vinculado con un sistema de información geográfica (SIG).

e. Reflexiones y conclusiones

Se elaboraron las reflexiones de las actividades en cada etapa del proyecto de investigación y se plantearon conclusiones objetivas del trabajo a fin de identificar los aportes de la investigación, los elementos importantes, los obstáculos identificados y las posibles líneas de trabajo derivadas de los diferentes capítulos. Asimismo, se desarrollan las futuras líneas de investigación que permiten profundizar el tema de los datos abiertos asociados a la estimación de la demanda del transporte público urbano.

1 Elementos teórico-conceptuales para comprender los desplazamientos.

Para comprender el comportamiento de la demanda en el transporte público urbano se considera para este estudio importante entender algunas teorías y conceptos basados en la estructura de la ciudad y la interacción espacial. Por ello, el objetivo de este capítulo es integrar un marco teórico conceptual de la movilidad urbana, para explicar los conceptos y argumentos que intervienen en su análisis y la planeación del transporte.

Se explica qué es la ciudad y como en ella se lleva a cabo la interacción de sus individuos con el espacio, identificando que el nivel de especialización determinará el grado de flujos atractores o productores que se generen para lograr un intercambio de bienes y servicios dentro de ella.

Una vez definido el escenario ciudad como; el principal sitio donde suceden los intercambios, se hace un análisis general de como interactúa la población de acuerdo a la estructura de la ciudad y como los usos de suelo juegan un papel importante en la producción atracción de flujos; de acuerdo a algunas de las principales teorías vinculadas a la dinámica espacial.

Se consideran conceptos claves de la planeación del transporte público urbano, para identificar los elementos que llevan a entender su importancia en la movilidad urbana, la accesibilidad, la infraestructura, el transporte y los patrones de movilidad y se considera que las aportaciones de los elementos teóricos-conceptuales estudiados contribuyen a la comprensión de por qué las personas viajan, cuáles son los sitios que generan o producen viajes de acuerdo con el uso de suelo y que elementos influyen en la planeación de los sistemas de transporte y la movilidad urbana de las ciudades.

1.1 Clasificación de la ciudad

Uno de los principales escenarios para entender la movilidad urbana es la ciudad, concebida como el lugar más favorable para el intercambio y consumo de bienes y servicios diversos; en ella se oferta trabajo, estudio, un lugar donde se venden y

compran diversos artículos y donde la gente se recrea (Ducci, 1990); pero también es un lugar donde se conjugan diversas culturas y niveles socioeconómicos. La ciudad es el lugar donde se vinculan las diversas actividades humanas mediante un intercambio no solo de bienes y servicios, sino también culturales y sociales, pero ello depende el nivel de especialidad en la que esta se encuentre.

Los niveles de especialidad señalados por Ducci (1990) en el sistema de ciudades están formado de acuerdo a la calidad de los servicios que en ella se localizan y de eso se comprende una jerarquía basada en tres niveles, donde el primero corresponde a pequeñas zonas que prestan servicios comerciales, administrativos y educacionales no sólo a su propia población, sino también a la que habita en su región inmediata; las ciudades de segundo nivel ofrecen servicios más especializados alcanzando un radio de cobertura mayor, y por último, las de tercer nivel son las grandes ciudades que desempeñan todas las funciones mencionadas, pero de forma más especializada, cuya influencia abarca todo un conjunto de ciudades de menor jerarquía; en términos de movilidad urbana para la zona de estudio estos tres niveles se presentan de una manera propia, ya que dentro del mismo municipio se presentan viajes locales o intermunicipales y por ser Nezahualcóyotl parte de la Zona Metropolitana del Valle de México también genera y atrae viajes regionales.

Ahora bien, Unikel (1978, pág. 93), precisa que “las funciones de la ciudad tienen relación directa con la importancia del mercado interno y del externo al cual sirven”; por lo tanto, en términos de tamaño las ciudades tienden a generar una metrópoli dependiendo del atractivo de centro económico; también señala que para determinar la posición relativa que cada ciudad ocupa dentro del campo de fuerzas del espacio económico se utiliza el análisis del modelo gravitacional, mediante el cual se trata de establecer el grado de integración de las zonas urbanas y la interrelación que existen entre ellas; este fenómeno es evidente por la gran cantidad de flujos que se perciben hacia la zona centro o a un área especializada y están establecidas principalmente por el espacio económico del sistema urbano (Unikel, 1978). Por ello se considera que la ciudad es por su naturaleza el sitio integrador de

intercambio de actividades humanas y económicas; y la cantidad de los flujos producidos o atraídos dependerá de su tamaño y especialización, estos a su vez pueden ser locales o regionales; Nezahualcóyotl por ejemplo es un sitio de predominancia habitacional donde la mano de obra diariamente se ha de trasladar a otras zonas especializadas a trabajar, estudiar o a hacer múltiples actividades y por ello este sitio es un punto integrador de la ciudad que genera un intercambio hacia otras áreas de la ciudad; en los siguientes apartados se analizarán algunos de los principales enfoques de vinculan la interacción espacial con la estructura de la ciudad.

1.2 Teorías vinculadas a la dinámica espacial

En este inciso se presentan algunas de las teorías relacionadas con la dinámica de la movilidad dentro del entorno urbano; en ellas los componentes de la ciudad como el uso de suelo, la localización de los centros de empleo y comercio juegan un papel importante para la maximización de beneficios en cuanto a cubrir las necesidades de la población en términos de viaje; estas teorías ayudan de la misma manera a comprender como se analizan desde analogías aplicadas en otras teorías no necesariamente nacidas desde la ciencias sociales si no desde las ciencias naturales.

1.2.1 Teoría del Lugar Central

Elaborada por Christaller en los años treinta, esta teoría busca explicar la distribución espacial y el tamaño de los asentamientos a partir de las actividades mediante la lógica de ubicación espacial citado en (Garrocho, 2012); la importancia de que se lleven a cabo los intercambios dependerá del nivel de “especialización” que se concentre en la ciudad o zona urbana. Es decir, que cuando mayor sea la concentración de población es posible encontrar un mayor número de equipamientos, servicios o lugares de trabajo como parte de los componentes de la estructura urbana, la cual se constituye de acuerdo a sus elementos físicos, distribuidos en el espacio, destinados a la realización de actividades diversas y que

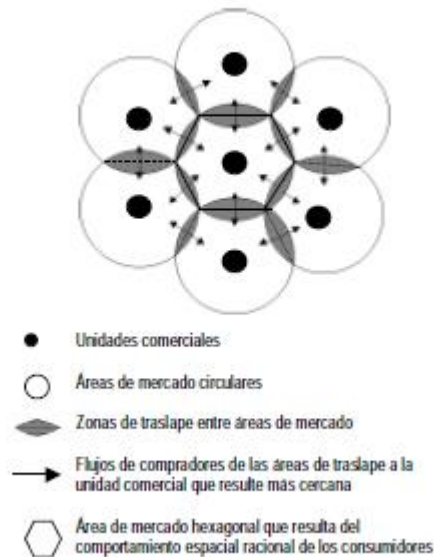
corresponden principalmente a los usos de suelo, los cuales caracterizan a zonas especiales de la ciudad (Ducci, 1990); es decir, a mayor concentración de población mayor será la diversidad y concentración de equipamientos y servicios, es por ello que la CDMX es un punto atractivo para satisfacer ciertas actividades de los habitantes de la Zona Metropolitana del Valle de México.

Para entender cómo interactúan las personas en un espacio urbano, se debe conocer dónde y en qué nivel de especialización se localizan los equipamientos y servicios en una ciudad para que la población se movilice tan cerca o lejos como lo necesite. Es importante resaltar que uno de los supuestos considerados de esta teoría, para efectos del proyecto, radica en que:

“el comportamiento de los consumidores es racional en términos económicos y por ello, se toman decisiones para maximizar la utilidad (satisfacción). Desde la visión económica también es posible entender que la localización de un servicio o comercio puede estar basado en maximizar su demanda, creando así un patrón espacial de áreas de mercado circulares que cubre todo el territorio y que, al traslaparse, adoptan una forma hexagonal” (Garrocho, 2012, pág. 78). Véase Figura 3.

Figura 3 Conformación de áreas de mercado hexagonales, según la lógica de la teoría de lugar central

Conformación de áreas de mercado hexagonales, según la lógica de la teoría de lugar central



Fuente: Tomada de Estructura funcional de la red de ciudades de México (Garrocho, 2012, pág. 80).

Christaller, señala que la jerarquía de las ciudades se da a partir de que la ciudad cumpla con la función principal de servir de lugar central al espacio que la rodea (Krafta, 2008); es decir un lugar donde se concentre el comercio y servicio se puede suponer un lugar central que de acuerdo a su especialización determinará una utilidad a otras ciudades que la rodean, por ejemplo, a aquellas que tienen por especialidad un uso habitacional. Si bien esta teoría ha aportado al análisis de la economía urbana de las ciudades, también ayuda a entender la importancia de la planeación del territorio, haciendo notar la relevancia de la distribución espacial del equipamiento y servicios que propician parte de los desplazamientos cotidianos de la población generando un nivel de satisfacción o utilidad a los usuarios.

Cabe destacar que, la influencia en la que los radios de atracción se marcan están dados por la especialidad del equipamiento o servicio que se esté ofertando en el territorio, e incluso por las características que tienen de acuerdo al tipo de ciudad; como ejemplo, es posible señalar la influencia de un centro comercial de tipo

regional que atrae un número importante de visitantes mayor comparada con la localización de un mercado de barrio o una tienda de conveniencia. De acuerdo con Garrocho “La jerarquía de los bienes y los servicios se asocia con áreas de mercado de tamaños diversos (asumiendo una densidad de población uniforme, y consumidores también uniformes en términos de su ingreso, gustos y necesidades) que reflejan el alcance espacial de cada bien o servicio, o del área de influencia de una cierta ciudad, si se considera la suma de los bienes y los servicios que un área urbana ofrece a su región” (Garrocho, 2012, pág. 26).

1.2.2 Teoría de Umbrales

Uno de los conceptos que aporta la Teoría del Lugar Central es la de *umbral*, que define un límite de localización; este concepto también da origen a la Teoría de los Umbrales, la cual según (García, 1993), mediante observaciones empíricas muestran que la expansión urbana de los centros de población se topa con limitaciones físicas impuestas por tres causas principales representadas por barreras naturales (topográficas, fluviales, entre otras.), de infraestructura y los usos de suelo. Todos estos obstáculos se denominan umbrales al crecimiento urbano, es decir donde el área urbana encuentra un límite físico marcado. Según Asuad (2014) el proceso de concentración de los servicios basados en el funcionamiento espacial se expresa mediante fuerzas económicas como son el costo del transporte y economías de aglomeración o escala, que a su vez genera un umbral de demanda que depende la concentración geográfica de los consumidores.

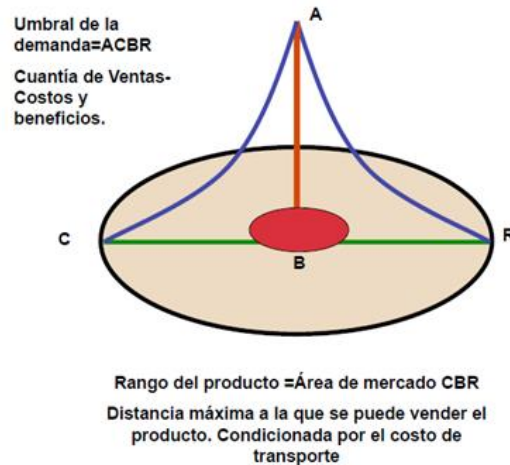
Una de las premisas de esta teoría radica en asumir que todas las alternativas ofrecen los mismos beneficios y costos; pero también analiza los costos adicionales del crecimiento; es decir no importan las características del terreno o los modos de llegar, mientras se esté dentro del límite del umbral se puede acceder al servicio o bien ofertado.

Ahora bien, la localización de equipamientos y servicios tiene características similares para la población del umbral, la cual se entiende como “la demanda

mínima que se requiere para hacer viable la oferta de un bien o un servicio” (Garrocho, 2012, pág. 20). Esto se ubica dentro de los espacios urbanos definiendo las características de especialización de los servicios, por ejemplo, en el ámbito local, las clínicas de primera atención se localizan a una distancia inmediata de la población, mientras que los hospitales de especialidades pueden estar más lejanos, pues su radio de cobertura suele ser de tipo regional.

De acuerdo con Asuad (2014), para los equipamientos y servicios en un área urbana un rango de servicio está representada por la distancia a la cual los consumidores pueden viajar para adquirirlos incluyendo el máximo costo de tiempo y transporte que esté dispuesto a invertir por obtenerlos, un ejemplo de ello se puede distinguir en la Figura 4, donde se aprecia el umbral de demanda condicionado a la distancia de transporte para adquirir el servicio.

Figura 4 Área de influencia de un umbral de mercado



Fuente: Tomada de teorías de la distribución espacial de las actividades económicas (Asuad, 2014).

Para el análisis de este estudio es posible interpretar que la población deberá desplazarse una distancia de nivel local o regional, dependiendo de las necesidades que desea cubrir dentro del espacio urbano dependiendo las características predominantes de los usos de suelo y la especialización de los equipamientos y servicios de la zona de estudio.

1.2.3 Teoría de la Interacción Espacial

La Teoría de Interacción Espacial se origina a principios de los años treinta, con el norteamericano William J. Reilly; quien establece que “un sistema de fuerzas contrapuestas como costo y atraktividad, incluyendo la utilidad del consumidor, definen el comportamiento espacial de los consumidores y en consecuencia las decisiones de localización de los inversionistas” (Garrocho, 2012), es decir, los consumidores generarán desplazamientos de acuerdo con las necesidades que deseen cubrir; estos desplazamientos estarán relacionados con una utilidad (beneficio) acorde a la distancia que deban transportarse o a otros factores de atraktividad los cuales tienen que ver con las características tanto de localización como de la especialidad del bien ofertado.

Esta teoría se encuentra muy relacionada con la del lugar central, que precisa que de acuerdo con la especialización del servicio incrementará su atracción.

1.2.4 Teoría de Sistemas

Este concepto nace en 1950 con Ludwig Van Bertalanffy quien lo señala como un mecanismo de integración entre las ciencias naturales y sociales; donde se pueden conjuntar modelos, principios y leyes que se aplican a sistemas generalizados sin importar su particularidad (Arnold & Osorio, 1998).

“La Teoría General de Sistemas (TGS) se presenta como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad y, al mismo tiempo, como una orientación hacia una práctica estimulante para formas de trabajo transdisciplinarias” (Arnold & Osorio, 1998, pág. 2), ya que como señala Bertalanffy (1986) es necesario estudiar las interacciones de las partes de un todo para resolver problemas pues la dinámica es distinta estudiándola aislada o dentro de un todo. Además los modelos y leyes sin importar que estos provengan de la naturaleza particular pueden aplicar a una subclase. “De aquí nace una nueva disciplina llamada Teoría General de los Sistemas y su premisa es la formulación y derivación de aquellos principios que son válidos para los “sistemas” en general” (Bertalanffy, 1986, pág. 24). Es decir, que, para aplicar a alguna disciplina relacionada con el análisis social, donde se requiera resolver algún problema o entender el comportamiento de un fenómeno, es factible asociar principios aplicables de las ciencias naturales para comprender el comportamiento.

En muchos casos las leyes matemáticas suelen ser las mismas o con los mismos principios, por tomar un ejemplo “se puede aplicar una ley exponencial de crecimiento a ciertas células bacterianas, a poblaciones de bacterias, de animales o de humanos, y al progreso de la investigación científica medida por el número de publicaciones de genética o de ciencia en general” (Bertalanffy, 1986, pág. 24), solo es importante tener claro que ya existen principios aplicables a los objetivos que se buscan en la investigación; entonces, “la teoría general de los sistemas contará

mucho en el afán de evitar esa inútil repetición de esfuerzos” (Bertalanffy, 1986, pág. 25). Ahora pues no solo se trata de aplicar expresiones matemáticas bien conocidas a ciertos problemas; es más bien resolver problemas novedosos y que en parte parecen estar lejos de ser resueltos.

Las bases aplicables a la Teoría General de Sistemas, señaladas en los conceptos básicos planteados por Arnold & Osorio, se concretan en:

- Investigar la analogía de conceptos, leyes y modelos en varios campos y facilitar las transferencias entre fenómenos.
- Promoción y desarrollo de modelos teóricos en campos que carecen de ellos.
- Reducir la duplicación de los esfuerzos teóricos.
- Promover la unidad de la ciencia a través de principios conceptuales y metodológicos unificadores.

Sin embargo, mientras más equivalencias reconozcamos entre organismos naturales y el comportamiento social, mayores serán las posibilidades de aplicar los enfoques de la teoría general de sistemas, pero mientras más se experimenten las características humanas en la interacción social y cultural, irán quedando evidenciadas sus deficiencias (Arnold & Osorio, 1998).

Ahora bien para el análisis de la estructura espacial y el transporte, existen una diversidad de teorías que relacionan el comportamiento de la población la interacción con el espacio desde sus componentes urbanos; a esta interacción se le puede denominar demanda de viajes y los viajes se encuentran ligados a la oferta de los sistemas de transporte; entendiendo que el sistema de transporte contiene distintos componentes que ayudan a que la interacción del espacio con los componentes sociales se pueda lograr.

Es de relevancia explicar que estas teorías generan un aporte a la realización de este proyecto pues de ellas se rescatan conceptos como los de especialización de los lugares o equipamientos como puntos de atracción y producción de viajes y de acuerdo a su localización estos generan una utilidad al viajero interpretando que a

mayor distancia mayor costo pero también involucra la satisfacción de una necesidad de viaje; esto según la teoría de sistemas está vinculado con un enfoque gravitacional de atracción de fuerzas, es decir, que dependiendo de la especialidad y la necesidad de cubrir se puede viajar tan lejos o tan cerca como se desee.

1.3 Conceptos clave para la planeación del transporte urbano

La planeación del transporte implica conocer algunos conceptos básicos, de tal forma que exista la claridad suficiente para su manejo en las diferentes etapas de los proyectos de movilidad urbana en distintos contextos.

1 3.1 Movilidad urbana

El concepto de movilidad urbana es un concepto que, desde diversos enfoques, forma parte de nuestra sociedad actual, siendo analizada en diferentes ramas de las ciencias sociales, pues como señala Sheller y Urry en su texto de nuevos paradigmas de la movilidad “Nuestra realidad actual no puede entenderse sin considerar que el concepto de movilidad va más allá de los desplazamientos físicos de un lugar a otro, trasciende la dicotomía entre la investigación del transporte y las investigaciones sociales al relacionarlas en diferentes formas dando lugar a complejos patrones de experiencias sociales a través de comunicaciones en la distancia” (Sheller & Urry, 2006, pág. 208). Es decir, la movilidad urbana es un concepto complejo que depende no solo de las razones por las cuales se hacen los desplazamientos, sino que también influyen en la estructura que compone a la ciudad.

En el desarrollo de las ciudades, para el crecimiento económico y social, el concepto de movilidad urbana se encuentra desde el análisis de la antropología; pues el ser humano ha tenido que buscar cubrir necesidades inmediatas y esto lo ha hecho movilizándose; por lo tanto, no se puede entender la historia de la humanidad sin citar de alguna manera el término de movilidad. Como bien señalan Sheller y Urry (2006, pág. 211) “la movilidad es una posibilidad, una causa, una necesidad y una fortaleza del hombre moderno y destruye la noción de sedentarismo”, es decir el

concepto movilidad es inherente al ser humano y no podemos concebirla sin la necesidad de movilizarse para cubrir sus necesidades. Ahora bien, existen otros conceptos que involucran el análisis de la movilidad y ayudan a entender el desarrollo del entorno urbano y espacial desde el enfoque de movilidad, estos conceptos son: la migración, la movilidad en la vida urbana, la movilidad y sostenibilidad y los costos de la movilidad, entre otros. (Alonso Romero & Ramón Lugo-Morín, 2018).

Analizar la movilidad en la vida urbana, implica precisar que la ciudad está constituida por una diversidad de usos de suelo que marcan elementos específicos que buscan atender diversas necesidades de los habitantes, generando desplazamientos. Por ejemplo, algunos equipamientos y servicios están marcados por la economía de la ciudad, ya sea por la industria o comercio, los cuales, asociados a la localización de vivienda, se relacionan con los desplazamientos y generan la necesidad de una movilidad urbana dentro de la cotidianidad de la ciudad.

Por tal motivo, es importante que la infraestructura y los modos de transporte tengan un avance tecnológico acorde a las necesidades de la movilidad de los habitantes, ya que es dentro de las ciudades donde se construye una identidad de comportamiento en torno a los elementos de la estructura urbana, como se señala en el estado del arte de la movilidad del transporte “entre los roles que juega la movilidad urbana se reconocen el de cuestionar la delimitación del territorio para construir identidades culturales en los diferentes lugares; también el de acelerar la vida social urbana con el refuerzo del desarrollo tecnológico y de las comunicaciones expresados en las autopistas, líneas del metro o los vehículos motorizado” (Alonso Romero & Ramón Lugo-Morín, 2018, pág. 141). Ahora bien, no basta con generar una infraestructura de movilidad, sino que ésta vaya creciendo y desarrollándose acorde al crecimiento de la planeación de la ciudad para crear una igualdad entre los habitantes y sus desplazamientos.

Según lo anterior, la movilidad es una necesidad básica de las personas, la cual debe ser satisfecha; sin embargo, en épocas recientes este concepto va más allá

de solo cubrir una necesidad de transporte, sino también se considera como un “derecho fundamental que debe estar garantizado, en igualdad de condiciones, a toda la población, sin diferencias derivadas de poder adquisitivo, condición física o psíquica, género, edad o cualquier otra causa”, (Caja de Madrid Obra Social, 2010, pág. 10). En México, la movilidad está garantizada como un derecho constitucional dentro del artículo 4to Constitucional en el párrafo 16°, donde se establece que “Toda persona tiene derecho a la movilidad en condiciones de seguridad vial, accesibilidad, eficiencia, sostenibilidad, calidad, inclusión e igualdad.” (Honorable Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos, 2022, pág. 10)

Por ello las entidades encargadas de la planeación de las ciudades deben procurar tener una visión de la movilidad integradora de la ciudad y sus habitantes; debido a ello este trabajo presenta a la movilidad urbana como un elemento relevante de entender para desarrollar una estrategia de diagnóstico y entender la importancia de cómo se movilizan la población para lograr satisfacer sus necesidades cotidianas, pues con ello se logra un impacto positivo en la calidad de vida de los habitantes.

1.3.2 Movilidad urbana sustentable

En los cuadernos de divulgación ambiental, movilidad sustentable (2016), se destaca que, cuando se hace referencia a la movilidad urbana es preciso hacer mención a los desplazamientos que se realizan en una ciudad, varias ciudades o una zona metropolitana, éstos pueden darse mediante diversos modos de transporte, ya sea motorizados o no motorizados; la estructura de la ciudad y su planeación en cuanto a la localización de los equipamientos, servicios, lugares de trabajo y viviendas es estratégica para la identificación del flujo diarios de personas; entonces se dice que la ciudad está constituida por una diversidad de usos de suelo que marcan elementos específicos que buscan atender diversas necesidades de los habitantes, generando desplazamientos (Alonso Romero & Ramón Lugo-Morín, 2018); por ello, los usos de suelo establecidos por la localización de los equipamientos, servicios y viviendas juegan un papel importante en la movilidad de

las personas y la planeación del transporte. Entonces podemos decir que movilidad urbana se entiende cómo; el movimiento de las personas y bienes en las ciudades, independientemente del medio que utilicen para desplazarse; es una acción que necesita de una herramienta para que se dé, y esta es el transporte el cual es el medio por el cual se realizarán los desplazamientos de una manera eficiente y esta eficiencia estará dada en términos de reducción de emisiones contaminantes, garantizar la equidad y accesibilidad de los usuarios y también es bien económico de las ciudades. Pero en términos de lo sustentable la movilidad urbana busca prioriza el cuidado del medio ambiente; mediante acciones que se llevan a cabo para lograr la sostenibilidad desde los pilares de la economía, el cuidado del medio ambiente y la calidad de vida de las personas; por ello es importante desde este enfoque hacer una planeación desde los sistemas de transporte creando políticas que fomenten el uso del transporte público y por tanto el cuidado del medio ambiente.

1.3.3 Accesibilidad

Asimismo, es importante determinar el concepto de accesibilidad como aspecto clave de la movilidad urbana, pues indica la facilidad con la que la comunidad puede salvar distancias que los separa de los lugares donde es posible hallar los medios para satisfacer sus necesidades o deseos; es decir, generar una facilidad de desplazamiento, la cual corresponde con una visión de reforzar la infraestructura y los sistemas de transporte, o bien, en el plano espacial donde se pueda acceder a los servicios con menores desplazamientos (Caja de Madrid Obra Social, 2010).

Considerando lo anterior, uno de los elementos importantes que permiten acceder al derecho de la movilidad urbana es el transporte público urbano, entendido como “un conjunto de acciones que tienen como objetivo generar un cambio de posición en el espacio de personas y/o cosas, y se encuentra íntimamente ligado a eventos económicos y sociales, por lo que es de gran importancia condicionar su realización a las características de cantidad, calidad y de forma que se puedan otorgar a las acciones de traslado; por ello, es un fenómeno complejo, con características

espaciales” (Islas & Lelis, 2007, pág. 21). Esta permite que las personas puedan conectarse con sus destinos de acuerdo a la proximidad del transporte público; es por ello que para fines de este trabajo el concepto de accesibilidad va dirigido a la facilidad con que las personas en un entorno cercano pueden usar un sistema de transporte público de modo cercano y conveniente.

1.3.4 Transporte público urbano

Existen dos clases de transporte: El primero, corresponde a aquel dedicado a transportar productos manufacturados o materias primas que involucra desde producción a el lugar de venta o el de intercambio de mercancías. El segundo y objeto de este estudio se refiere al transporte de personas que necesitan recorrer la distancia que separa físicamente los lugares donde deben desarrollar las actividades que realizan durante el día y a este le denominamos transporte de pasajeros (Lane, 1976), en (Islas & Lelis, 2007). Por ello el transporte público urbano es un enlace para la población entre su lugar de residencia y los lugares donde cubren sus necesidades diarias dentro de las ciudades; como tal el transporte no tiene una producción de bienes tangibles, pero sí viajes para producirlos; entonces con lo anterior, el transporte de personas en la ciudad se relaciona directamente con el concepto de transporte urbano y puede clasificarse por el tipo de servicio que presta o por el volumen de viajeros que transporta, esta división del transporte urbano se observa en Tabla 1, se presenta una clasificación basada en el tipo de servicio, donde se observa que las características como la disponibilidad, la provisión del servicio, la determinación de la ruta y el horario, así como la relación precio-costos tienden a personalizarse para el usuario en el caso del transporte privado. En cambio, estas características se colectivizan o dependen de otros usuarios a medida que el servicio se vuelve público, (Molinero & Sánchez, 2002).

Tabla 1 Clasificación del transporte urbano por tipo de servicio

Características	Tipo de Servicio		
	Privado	De alquiler	Público
Disponibilidad	Dueño	Publico	Público (colectividad)

Características	Tipo de Servicio			
	Privado	De alquiler	Público	
Proveedor	Usuario	Chofer	Transportista	
Dimensión de la ruta		Usuario-Chofer	Recorrido fijo (estado)	
Determinación de la hora de uso/servicio		Tarifa Fija	Tarifa Fija (estado)	
Precio/costo				
Volumen	Individual	Por grupo		
	Automóvil	Respuesta a la Demanda		
	Bicicleta	Taxi convencional	Colectivo	Minibús, Autobús, Tranvía, Metro, BRT, Tren ligero, Ten Regional y Transporte Especializado.
		Taxi de aplicación		
	Motocicleta	Vehículo de renta	Autobús Escolar	
Mototaxis		Autobús de Alquiler		
Peatón	Bicicletas urbanas			

Fuente: Elaboración propia con base en *Transporte Público: Planeación, diseño, operación y administración*. (Molinero & Sánchez, 2002, pág. 7).

Como ejemplo podemos ver que el transporte urbano público la disponibilidad depende de lo que requiere la colectividad, el proveedor es el transportista y tiene una ruta y tarifa fija determinada por el estado y este tiene la finalidad de servir a un grupo o colectividad el cual de acuerdo a la demanda que transporta debe estar fijado por algún modo de transporte ya sea de baja o alta capacidad.

La clasificación según la capacidad de viajes que manejan y pueden ser de tipo individual o transporte de la colectividad y de usuarios con el mismo destino a este último también se le puede denominar público,

Ahora bien, la visión de (Molinero & Sánchez, 2002) señala que, el transporte público puede transportar de 5 a 50 veces más pasajeros que un servicio particular pues la estrategia esencial es mover personas y estos servicios pueden ofertarse mediante diversos modos de uso colectivo como autobuses, trolebuses, metro, buse de tránsito rápido (BRT), entre otros, aquí se puede reflexionar sobre la importancia del conocimiento de la demanda de transporte público urbano para poder entender las necesidades de la colectividad.

Para el caso de este estudio se considera que, los transportes públicos urbanos apoyan el desplazamiento de personas de un punto a otro dentro de las ciudades, ya sea que estas sean medianas o grandes poseen algún tipo de transporte público urbano (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018); pero para conocer las características de los transportes que se ofertarán a los viajeros es importante determinar una demanda de usuarios que requieren el servicio, las características de la infraestructura urbana para lograr que se cuente con una accesibilidad a los servicios de la estructura urbana.

1.3.5 Estructura urbana

Ahora bien, como señala Moreno (2013), la estructura urbana define las modalidades tecnológicas del sistema de transporte, y a su vez, la infraestructura precisa los traslados e influye en la forma urbana y su funcionamiento; ya que la dinámica y desarrollo de las ciudades están relacionados con la capacidad de movilizar a las personas y bienes hacia los destinos fijados.; este concepto es importante para el análisis de la dinámica espacial ya que debido a la distribución de los usos de suelo y a la infraestructura vial sabemos cuál es la distribución de los orígenes y destinos de los viajes así como las vías por donde estos se distribuyen.

1.3.6 Usos de suelo

Los usos de suelo también juegan el papel importante en la movilidad pues son orígenes y destinos de los viajes de la población, ya que estos, se representan en un espacio público o económico; como son los parques, centros comerciales, escuelas o trabajos, es decir, son usos de carácter público y juegan un rol importante en la construcción del tejido social, toda vez que permiten las interacciones entre personas (Carrera, Chiapa, & Gómez, 2021) y generando diversos motivos de viaje. Esta interacción se representa a partir de flujos que se plasman en actividades humanas dentro del territorio como parte de la localización de los usos de suelo y la relación que existe entre ellos (Herce, 2009). Como señala Ducci (1990), la estructura urbana está constituida por elementos físicos destinados

a la realización de actividades y la distribución de estos elementos en el espacio y determina la existencia de diferentes zonas en la ciudad, que corresponden a diversos usos del suelo (Ducci, 1990); comportándose dentro del espacio urbano como polos generadores de viajes los cuales producen desplazamientos, provocando impactos en el territorio, el medio ambiente, la economía y la calidad de vida de los habitantes (Rosas, Calderón, & Jiménez, 2024).

Así, para este estudio se interpreta que los usos de suelo son parte importante de la movilidad urbana pues representan y generan patrones de movilidad, entendidos a partir de las variaciones en la cantidad de usuarios en los lugares, y pueden estar influenciados por las características socioeconómicas de cada zona (Carrera, Chiapa, & Gómez, 2021); por ello están intrínsecamente interrelacionados pues la forma en que se distribuyen y utilizan los espacios urbanos influye directamente en los patrones de desplazamiento de la población.

1.3.7 Patrones de viaje

El análisis de la movilidad en la ciudad de acuerdo con sus usos de suelo; identifica los patrones de movimiento por motivos de viajes asociados a los usos de suelo y por las actividades que se llevan a cabo en ellos; ya sea por trabajo, ocio, estudio entre otros. Por lo tanto, las actividades incluyen las funciones económicas y sociales que se desarrollan en una ciudad; y entonces los patrones de viajes son los flujos que están representados por volúmenes de pasajeros que se mueven entre los diferentes orígenes y destinos de un espacio (Carrera, Chiapa, & Gómez, 2021).

Los patrones de viajes, además de concentrarse en centros o subcentros urbanos, también se sitúan en las vialidades y tienen un papel importante, ya que al ser éstas un elemento de la estructura urbana de la ciudad adquieren una importante relación con la movilidad debido al ámbito socioeconómico y a la conectividad, conformando corredores comerciales y de servicios; pues las actividades más lucrativas tienden a concentrarse a lo largo de las principales vías de transporte, formando una red de

núcleos urbanos de diferentes tamaños que concentran diversas actividades (Moreno G. F., 2013); estos también son parte de los polos generadores de viajes de un entorno urbano.

Otro elemento que tiene importancia relevante en los patrones de viajes es el “commuting”, el cual es un concepto que centra la atención en los desplazamientos cotidianos y pendulares, principalmente a aquellos motivos de viaje que hacen que las personas se trasladen desde sus hogares a sus sitios de empleo o estudio y regresen a sus viviendas, este concepto busca analizar los tiempos de traslado, los medios y los costos que implican los viajes (Rosas, Calderón, & Jiménez, 2024).

Entonces podemos decir que los patrones de viaje en una ciudad tienen una fuerte relación con las actividades cotidianas de los habitantes, la localización de los polos de generación y atracción de viajes determinados por los usos de suelo, la accesibilidad a las vialidades y a los sistemas de transporte, en donde también confluyen los proveedores y consumidores (Moreno G. F., 2013); entonces al concentrarse las actividades comerciales, trabajo o estudio en corredores viales también se genera una accesibilidad en cuanto a la infraestructura y transporte de ahí que para este estudio es importante identificar equipamientos, servicios y zonas de vivienda para distinguir los posibles patrones de viaje que se pueden realizar en los corredores urbanos.

1.3.8 Planeación del transporte

Para el Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo ITDP (2011), los sistemas de transporte público no tratan únicamente de participar en la movilidad con la posibilidad de mejorar la calidad de vida urbana y protección del medio ambiente, sino que también contribuye a la equidad social y al desarrollo económico. Por tal motivo, la planeación del transporte urbano tiene como propósitos básicos mejorar la movilidad de las personas dentro de un contexto urbano, a fin de que los flujos de viajes que se realice sean con un costo y tiempo menor según los requerimientos de la población (Molinero & Sánchez, 2002). Entonces es

indispensable pensar que la planeación del transporte tiene como objetivo principal el minimizar los costos y tiempos de traslado de los habitantes; pero también debe enfocarse en conseguir que las personas puedan acceder fácilmente a una diversidad de bienes y servicios que les permitan una vida digna, vinculando el desarrollo urbano y la movilidad incentivando el uso eficiente de los diversos modos de transporte existentes (ITDP, 2012), esto aunado a satisfacer las características de la demanda de viajes.

Aunado a ello, es preciso considerar una visión de la estructura espacial de la ciudad, entendiendo que de acuerdo a ello, la población tiene diversas necesidades de viaje; como mencionan Patricio, Jaimurzina, y Pérez Salas (2015, pág. 27), “los factores de la tipología de la ciudad y forma urbana que son considerados condicionantes de la movilidad son los siguientes: i) volúmenes y características de la población y actividades urbanas; ii) tamaño geográfico de la ciudad (expansión horizontal); iii) densidad de población y actividades; iv) mezcla de usos de suelos; v) policentrismo o monocentrismo; y vi) cobertura de la infraestructura de servicios de transporte” citado de (OCDE 2002b, Mignot y otros, 2012).

Otros elementos que interfieren en la movilidad de las personas son el ingreso, el género, la edad, la ocupación y el nivel educacional; pero también la disponibilidad del transporte (Alcántara, 2010), elementos que son relevantes para el análisis del diagnóstico de la movilidad en este estudio. Dentro del proceso de planificación del transporte el conocimiento de la demanda y la oferta son parte de los factores más importantes que se deben considerar para tomar decisiones referentes al mejoramiento del sistema de transporte público, otorgando accesibilidad, optimización de costos y reducción de tiempos, por ello la alternativa del enfoque del análisis de datos abiertos para la toma de decisiones en la planeación del transporte tiene relevancia cuando no se tiene información primaria pero se precisa tener un panorama del comportamiento de los viajes.

1.3.9 Demanda del transporte

Este concepto se refiere a la cantidad y el tipo de desplazamientos que las personas y bienes necesitan realizar en un determinado espacio y tiempo, está influenciada por diversos factores como demográficos, geográficos, económicos entre otros; para la interpretación y obtención de la demanda es posible establecer ciertos supuestos o bienes, además de utilizar modelos. Para ello, es importante conocer las características demográficas, económicas, urbanísticas y de uso de suelo (principales actividades en la ciudad) (Molinero & Sánchez, 2002). Para este trabajo se trata de interpretar los flujos de viajes a partir de la revisión de las características de la ciudad, mediante algunas variables sociodemográficas, usos de suelo y las características de los sistemas de transporte ofertados en la ciudad.

El Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) en su documento Análisis de la movilidad urbana (Alcántara, 2010), señala que los principales factores que interfieren en la movilidad de las personas son: el ingreso, el género, la edad, la ocupación y el nivel educacional y las distancias recorridas dependen del lugar de residencia o de salida de la persona y de la distribución de los locales de destino donde dicha persona quiere llegar. Con base en este planteamiento, se interpretan los diferentes flujos de viaje a partir de la comprensión de la dinámica urbanística y poblacional que presenta la ciudad, elementos que son obtenidos principalmente de fuentes de datos abiertos y que hacen parte importante de este estudio para la identificación de la demanda de transporte público urbano.

1.3.10 Oferta del transporte

“La oferta representa la cantidad de bienes o servicios que un productor desea ofrecer a un precio determinado; para el caso de una empresa que ofrece un servicio de transporte de pasajeros, la oferta de servicio estará dada por la cantidad de autobuses-kilómetro ofrecidos a determinada tarifa (Islas, Rivera, & Torres, 2002). Pero también involucra a quienes ofrecen el servicio y todos los componentes que lo integran para que este se lleve a cabo pues “los servicios de transporte

usualmente involucran la provisión de vías, terminales, y la operación de vehículos” (Islas, Rivera, & Torres, 2002, pág. 40).

Así parte de la planeación de los sistemas de transporte, en este proyecto; se relaciona con entender los flujos de viajes relacionados con la estructura urbana y los elementos que constituyen en una zona de estudio determinada; dando patrones de viajes a partir de sus características; permitiendo tomar decisiones para mejorar de los servicios de transporte; por ello en la fase de diagnóstico es importante, el correcto análisis de la información documental, pues favorece el análisis de la demanda del transporte y la interacción de flujos de viajes, relacionados con una oferta que pueda ser accesible a todos los habitantes del entorno urbano.

1.4 Conclusiones del Capítulo 1

Los conceptos analizados en este capítulo ayudan a comprender que la ciudad es una aglomeración compleja, donde se conjugan diversos componentes naturales y artificiales, y de ellos se producen viajes de diversa índole, siendo estos motivados por diferentes factores enfocados a cubrir las necesidades de la población y generando movilidad para las personas que residen en estas urbes; son elementos importantes porque permiten mostrar como los ciudadanos se hacen parte de un escenario donde se localiza y concentra la diversidad cultural, socioeconómica, y donde buscan atender las necesidades de movilidad de la vida cotidiana; por ello este trabajo considera conceptos clave para lograr una directriz enfocada al análisis de la movilidad de acuerdo con las teorías de interacción espacial y la estructura urbana logrando entender como en un lugar se movilizan las personas de acuerdo a motivos de viajes asociados a la localización de los diversos componentes de la ciudad; buscando ofrecer un panorama que aporte a la planeación del transporte público urbano permitiendo conceptualizar estrategias orientadas a la resolución de problemas.

Los desplazamientos urbanos obligan a contar con una visión general que permita identificar cómo los componentes de la ciudad interactúan con la movilidad, desde la localización de los centros de atracción y producción de viajes, visto desde un

enfoque de actividades cotidianas; pero también estos centros se limitan a áreas específicas de acuerdo con el nivel de especialidad de la ciudad o a los límites territoriales; para la estimación de demanda del corredor estudiado es importante conocer la integración de los sitios de producción y atracción de viajes para identificar la interacción de ellos viajes mediante el corredor de análisis de acuerdo a la accesibilidad del transporte público.

Las teorías analizadas muestran una visión concreta de la relación que existe entre los componentes de la ciudad, las necesidades de los habitantes y la misma estructura urbana; esto se ha analizado a lo largo del tiempo. La movilidad urbana se entiende desde la interacción que tiene la población con el espacio urbano y sus componentes; esto durante muchos años se ha analizado a través de enfoques provenientes de distintas disciplinas, ejemplo de ello es la teoría general de sistemas, que deriva de las ciencias naturales asociadas a las ciencias sociales, mediante la similitud de comportamientos de los individuos en un entorno y encuentra como factor importante al análisis de los componentes sociales que puede ser visto desde enfoques provenientes de la naturaleza, y un ejemplo importante de ello es la teoría gravitacional, que de cierta forma influye en la teoría del lugar central, la teoría de umbrales y la interacción espacial e incluso en el análisis de la movilidad.

Las aportaciones de los enfoques teóricos analizados en este capítulo radican en el entendimiento de que los viajes se generan y atraen entre sitios concentradores de equipamientos, servicios y vivienda que, por su naturaleza, son parte importante del entorno urbano y la interacción entre ellos se da por los distintos modos de transporte urbanos, desde esta perspectiva se entiende la importancia de la distribución de los componentes espaciales para el análisis de la movilidad por ello ha sido relevante en este estudio vislumbrar como las teorías de la interacción espacial generan una visión de movilidad urbana en un entorno definido y el aporte de que tienen los componentes de la estructura urbana para la generación y distribución de viajes.

Como principales limitaciones de estas teorías, destaca que se han establecido para una época en la que las ciudades no se presentaban de una manera tan compleja y desordenada; sin embargo, es importante aclarar que los principios marcan una pauta importante para comprender por qué la población se mueve, cómo y hacia dónde. Por tal motivo, el aporte de estas teorías al proyecto son comprender cómo ciertos elementos de la ciudad, tales como la localización de algunos equipamientos, servicios y la distribución de los usos de suelo, se vinculan generando patrones de viajes según las características poblacionales.

El análisis de estas teorías se complementa con los conceptos de planeación del transporte y la necesidad de comprender los patrones de viajes de acuerdo con los usos de suelo distribuidos en el espacio, generando destinos y motivos de viajes que, como consecuencia, producen patrones de viajes para los cuales se debe planear un transporte público accesible que garantice el derecho a la movilidad en las ciudades, motivo por el cual estos elementos están directamente relacionados con la planeación de la transporte y el ejercicio de estimación de demanda para el caso de estudio.

2 El derecho a la movilidad urbana y la planeación del transporte en la zona de estudio.

El objetivo de este capítulo consiste en integrar las bases legales y normativas que permitan comprender el derecho a la movilidad urbana y la planeación del transporte de acuerdo con lo establecido en el ámbito Federal, Estatal y Municipal. Lo anterior, deriva de la revisión de los instrumentos de planeación vigentes que aplican a la zona de estudio y de las guías metodológicas para la elaboración de los mismos.

2.1 Directrices internacionales y nacionales

La importancia de la movilidad urbana radica en la calidad de vida de las personas y es un elemento que lleva a los habitantes de una ciudad a ejercer sus derechos; pues los sistemas de transporte juegan un papel trascendente en la vida cotidiana y en el uso de los espacios. De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) “el transporte permite directamente el ejercicio de ciertos derechos asociados al libre movimiento, la integridad física y la autonomía individual de las personas en un amplio sentido, al tiempo que es un medio para el goce de una considerable diversidad de otros derechos humanos, como el derecho al trabajo, la salud, la educación, el cuidado, el esparcimiento y el descanso, entre otros” (Martínez & Maldonado, 2022, pág. 9). Por lo tanto, la movilidad es un factor que influye en distintos aspectos de la vida cotidiana de las personas, involucrando su bienestar y economía; por ello, los sistemas de transporte deben ser eficientes, incluyentes y amigables con el medio ambiente.

En el marco internacional, la Nueva Agenda Urbana (NAU) establece una guía para lograr un bienestar social sostenible centrado en la igualdad de derechos y el acceso universal a los beneficios y oportunidades que las ciudades ofrecen, quedando los sistemas urbanos como un medio clave para lograr el desarrollo sostenible y el derecho a la Ciudad (ONU-Habitat 2021, 2021).

Las directrices de la NAU, indican que una manera de identificar los derechos humanos relacionados a la movilidad consiste en identificar el significado de “derecho a la ciudad”, el cual ha sido definido como:

el “derecho de todos los habitantes, presentes y futuros, permanentes y temporales, a habitar, utilizar, ocupar, producir, transformar, gobernar y disfrutar de ciudades, pueblos y asentamientos urbanos justos, inclusivos, seguros, sostenibles y democráticos, definidos como bienes comunes para una vida digna, que deben compartirse y pertenecer a todos los miembros de la comunidad” (ONU-Hábitat, 2020, pág. 3), en (Martínez & Maldonado, 2022, pág. 33).

De aquí, que se debe garantizar una adecuada planificación de los sistemas de transporte en las ciudades, ya que el derecho a la movilidad implica ejercer diversos derechos localizados en las ciudades, algunos de los derechos asociados a la movilidad y la planificación de los sistemas de transporte son:

- Libre circulación/libre movimiento
- Integridad física y dignidad humana; vida libre de violencia (violencia de género)
- Educación, cultura y derecho al descanso
- Salud, integridad personal, medio ambiente sano
- Trabajo decente, derechos laborales y sindicales dentro de las empresas de transporte

Estos derechos van expresados desde que las personas puedan desplazarse a cualquier punto de la ciudad, en donde logren cubrir sus necesidades de educación, empleo, salud y recreación, lo cual involucra, tener acceso al sistema de transporte ya sea motorizado o no; pero debe ofrecerse mediante infraestructuras y tecnologías que apoyen la eficiencia operacional, económica y ambiental; evitando la discriminación y violencia.

Es importante señalar que, en el contexto internacional existen diversos organismos e instrumentos que reconocen el derecho de libre circulación, la erradicación de la discriminación y violencia de género, los derechos a la educación y la cultura, e incluso la promoción, preservación y protección del medio ambiente; como la Declaración Universal de Derechos Humanos.

Como parte del derecho a la movilidad en América Latina, en el año 2014 se llevó a cabo la Cumbre de Ciudades Líderes en Movilidad Sustentable de América Latina, en la Ciudad de Lima, Perú, donde nace el Libro Blanco de la Movilidad Urbana Sustentable de América Latina; en este documento se considera a la movilidad urbana como un derecho social; el cual se debe garantizar:

...“establecer marcos legales, institucionales y políticas públicas de Estado, debidamente integrados, que atiendan satisfactoriamente las aspiraciones a una vida feliz, saludable y exitosa; en ciudades competitivas y de alta calidad; considerando la equidad, la salud pública, el desarrollo urbano, el cambio climático, la participación ciudadana y comunicación democrática; las necesidades de estructuración institucional y empresarial, el financiamiento y competitividad, los recursos humanos y la innovación y tecnología” (Movilidad Urbana Sustentable de América Latina, (MUSAL), 2014, pág. 13).

Particularmente en México durante el 2020 se aprobó el dictamen donde se modifican cuatro artículos de la Constitución para reconocer el derecho a la movilidad y seguridad vial del país; ubicándola como un derecho humano que tiene que ser considerado por el Estado para el bienestar y calidad de vida de los ciudadanos; mediante una instrumentación que garantice el servicio de transporte en condiciones de seguridad, accesibilidad, eficiencia, inclusión, calidad e igualdad; haciendo cumplir los derechos de educación, al trabajo o a la salud y, el acceso a bienes, oportunidades y servicios básicos necesarios para una vida digna (Gutiérrez, 2020). Adicionalmente, existen diversos instrumentos que apoyan a la planeación de la movilidad, buscando como objetivo una movilidad accesible, inclusiva, segura y sustentable.

Tabla 2 Instrumentos de planeación vinculados a garantizar el derecho a la movilidad urbana

Instrumentos de planeación vinculados a garantizar el derecho a la movilidad urbana	
Ámbito	Plan, Programa, Estrategia, Sistema, Manual, Guía, Lineamiento o Norma
Federal	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
	Plan Nacional de Desarrollo, 2019-2024
	Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial, 2020-2040
	Estrategia Nacional de Movilidad y Seguridad Vial, 2023 - 2042
	Sistema Nacional de Movilidad y Seguridad Vial, 2022
	Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes, 2020-2024
	Programa Sectorial de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2020-2024
	Movilidad 4S para México: saludable, segura, sustentable y solidaria, 2021
	Diagnóstico Normativo en materia de Movilidad: proceso nacional de armonización normativa en materia de movilidad, 2022
	Ciudades para la Movilidad: mejores prácticas en México, 2021
	Verde que te quiero Verde: buenas prácticas de movilidad urbana sustentable en México, 2022
Estatad	Plan de Desarrollo del Estado de México, 2017-2023
	Plan Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de México, 2019
	Plan Estatal de Desarrollo del Estado de México 2023-2029
	Programa Sectorial Pilar Territorial, 2017-2023
	Programa Sectorial Pilar Seguridad, 2017-2023
	Guía para la Elaboración de Planes Municipales de Desarrollo con el enfoque de la Agenda 2030
	Manual de Imagen Urbana y Espacio Público para el Estado de México, 2022
	Manual para la elaboración de los Planes de Desarrollo Municipal, 2021
	Ley de Movilidad y Seguridad Vial del Estado de México y sus Municipios
Municipal	Programa Regional X Nezahualcóyotl, 2017-2023
	Plan de Desarrollo Municipal de Nezahualcóyotl, 2022-2024

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 2 se señalan algunos de los instrumentos que constituyen la base para la planeación de la movilidad urbana, y que se vinculan con el objetivo de garantizar el derecho de movilidad pudiendo ejercer otros vinculados con la calidad de vida de los ciudadanos; es importante señalar que algunos de éstos instrumentos se alinean con los distintos niveles de planeación como con los planes de desarrollo Nacional, Estatal y Municipal, y es desde ellos parte la planeación de las ciudades y el contexto de garantizar la movilidad como un derecho.

2.2 Análisis del derecho a la movilidad urbana en los instrumentos de planeación urbana Nacional, Estatal y Municipal.

Como ya se ha señalado anteriormente, el derecho a la movilidad urbana dentro del espacio urbano está dada principalmente porque todos los habitantes de un espacio urbano tenemos derecho a una movilidad eficiente y sustentable, garantía respaldada primero por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, que en su artículo 4° en el “Párrafo 16° se señala que,

“Toda persona tiene derecho a la movilidad en condiciones de seguridad vial, accesibilidad, eficiencia, sostenibilidad, calidad, inclusión e igualdad.” (Honorable Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos, 2022, pág. 11)

También precisa en su artículo 115 inciso V que, “Los Municipios, en los términos de las leyes federales y Estatales relativas, estarán facultados para:

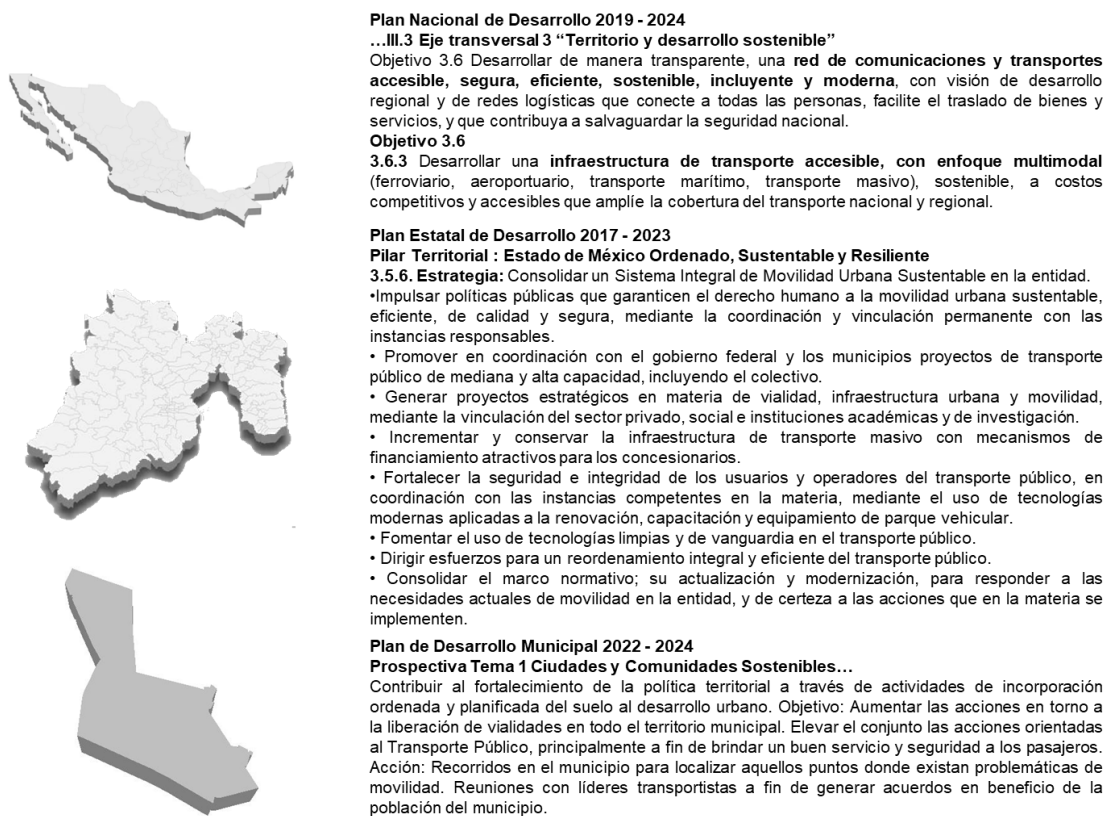
... Formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal, así como los planes en materia de movilidad y seguridad vial;” (Honorable Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos, 2022, pág. 119)

Una de las herramientas comunes en la planeación del transporte son los Planes Integrales de Movilidad Urbana Sustentable (PIMUS), los cuales a pesar de que son una importante herramienta para la planeación del transporte urbano en las ciudades no se encuentran dentro de la legislación mexicana; sin embargo “respondiendo a las crecientes necesidades de mejorar los sistemas de transporte público en las ciudades, y sumándose a los beneficios y al éxito en la implementación de sistemas de BRT(Bus de Tránsito Rápido) en distintas urbes mexicanas, el gobierno federal creó el Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo (PROTRAM)” (WRI, s.f., pág. 1) como parte del Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN), donde a partir de ciertos lineamientos creados con apoyo del Banco Mundial, apoyan financieramente proyectos de transporte masivo

con participación privada; esto con base en que la prestación o regulación del transporte público urbano le corresponde a los Gobiernos estatales y municipales.

Otra de las herramientas de planeación que ayudan a mejorar la movilidad en diversos niveles son los planes de desarrollo, ya sea Nacional, Estatal y Municipal, en ellos se incluyen los elementos vinculados a la planeación del transporte y se presentan en la Figura 5.

Figura 5 La Movilidad en los Instrumentos de Planeación Nacional, Estatal y Municipal



Fuente: Elaboración propia con base en el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (Gobierno de México, Plan Nacional de Desarrollo 2019 - 2024, 2019), Plan Estatal de Desarrollo 2017-2023 (Gobierno del Estado de México, 2018) y Plan de Desarrollo Municipal 2022-2024 (H. Ayuntamiento del Municipio de Nezahualcóyotl, 2022) .

Como se puede observar en la imagen anterior a nivel nacional se propone crear una red de comunicación y transporte con una visión de desarrollo regional que conecte a todas las personas de manera segura y accesible; proponiendo proyectos como aeropuertos, trenes regionales y transportes masivos.

En el nivel estatal la figura de la movilidad en la planeación urbana se identifica en el Plan Estatal de Desarrollo Urbano 2019, donde se determina como parte del diagnóstico de movilidad que “La movilidad urbana y regional en el Estado de México y la Zona Metropolitana del Valle de México está conformada por tres componentes determinantes: las vialidades, los sistemas integrales de transporte y las personas”. (Gobierno del Estado de México, 2019, pág. 165).

Uno de los instrumentos más recientes a nivel Estatal es Ley de Movilidad y Seguridad Vial del Estado de México y sus Municipios recientemente aprobada y publicada en mayo de 2024; la cual tiene como objetivos principales “planear, regular, gestionar, ordenar, fomentar y garantizar la movilidad de las personas en el Estado de México, mediante el reconocimiento de la movilidad como un derecho humano del que goza toda persona sin importar su condición, modo y medio de transporte” (“LXI” Legislatura del Estado de México, 2024, pág. 1); dentro de esta se encuentra el derecho a la movilidad enmarcado en su artículo 4to como:

“El derecho humano a la movilidad implica la obligación del Gobierno del Estado y de los municipios de realizar un conjunto de acciones que tiendan a procurar su debido ejercicio en condiciones de seguridad vial accesibilidad, eficiencia, sostenibilidad, calidad, inclusión e igualdad y contribuir al desarrollo sustentable del Estado” (“LXI” Legislatura del Estado de México, 2024, pág. 12).

Este planteamiento debe lograrse en términos de planeación donde se generen proyectos y políticas que logren vincular la movilidad urbana y seguridad vial con los asentamientos humanos. Y para ello genera la obligación a las autoridades estatales y municipales realizar estudios técnicos, económicos y sociales, incluyendo modelos de demanda, materiales, pavimentos, simulación de flujo peatonal y vehicular de los modos motorizados y no motorizados y de estimación de beneficios sociales y ambientales con la finalidad de reducir externalidades negativas en las vialidades (“LXI” Legislatura del Estado de México, 2024) .

Dentro de las políticas relacionadas con la movilidad sustentable para la entidad se hace referencia a lo señalado en la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano y el Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México, donde se señala que la movilidad es causa de utilidad pública y se define como la capacidad, facilidad y eficiencia de tránsito o desplazamiento de las personas y bienes en el territorio, priorizando la accesibilidad universal, así como la sustentabilidad de la misma. Para la accesibilidad universal de los habitantes a los servicios y los satisfactores urbanos; las políticas de Movilidad deberán asegurar que las personas puedan elegir libremente la forma de trasladarse a fin de acceder a los bienes, servicios y oportunidades que ofrecen sus Centros de Población (Gobierno del Estado de México, 2019) y dentro de las políticas y programas de movilidad deberán.

- Procurar la accesibilidad universal de las personas, garantizando su máxima interconexión entre vialidades, medios de transporte, rutas y destinos, priorizando la movilidad peatonal y no motorizada.
- Incrementar la oferta de opciones de servicios y modos de transporte integrados, a los diferentes grupos de usuarios, que proporcionen disponibilidad, velocidad, densidad y accesibilidad universal, que permitan reducir la dependencia del uso del automóvil particular, que las innovaciones tecnológicas que permitan el uso compartido del automóvil, el uso de la motocicleta y desarrollar alternativas al transporte público.

Este último documento aporta un panorama más cercano a cómo se debe considerar la movilidad; además interpreta datos abiertos de la Zona Metropolitana del Valle de México tomando como referencia la encuesta origen – destino 2017 de INEGI, para la elaboración de un diagnóstico de comportamiento de viajes de forma general y con ello determina políticas que plantean incrementar las opciones de transporte e integrarlos de acuerdo con las necesidades de los usuarios.

Una de las entidades asignadas a la planeación del transporte y movilidad de la entidad es El Sistema de Transporte Masivo y Teleférico del Estado de México (Sitramytem) que es un organismo auxiliar de la Secretaría de Comunicaciones del

Estado de México, se encarga de operar el transporte masivo de la entidad, el cual consiste en las siguientes modalidades de transporte público: Mexibús, Mexicable y Mexipuertos (Gobierno del Estado de México, 2019)

Para el nivel municipal en Nezahualcóyotl el Plan de Desarrollo Municipal determina como parte de los compromisos rectores de la movilidad urbana, la repavimentación de calles deterioradas, con la finalidad de recuperar la belleza y funcionalidad; otro compromiso se destaca en buscar la interconexión con el sistema metropolitano, con medios de pago multimodal para la economía de todos. Y por último la construcción de distribuidores viales modernos que reduzcan el tráfico y los tiempos de traslado. Como parte de las estrategias se tiene “elevar el conjunto de las acciones orientadas al Transporte Público, principalmente a fin de brindar un buen servicio y seguridad a los pasajeros” (Nezahualcóyotl, 2019 , pág. 7). Es importante señalar que el Plan de Desarrollo Municipal de Nezahualcóyotl, no tiene su registro en el COPLADEM (Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de México) sino que señala una autorización mediante las facultades que tiene el Ayuntamiento para su aprobación.

A pesar que la movilidad urbana es un derecho en el país y debe estar alineado en los diferentes ámbitos de gobierno; la planeación del transporte y la movilidad en México se ha ido conceptualizando a partir de la creación de infraestructura vial a través de nuevas avenidas y autopistas complementadas por puentes vehiculares, y el transporte público con la creación del metro de la Ciudad de México y recientemente con los sistemas de BRT (Bus de Transito Rápido) en diferentes entidades del país y dejando a libertad de decisión las mejoras vinculadas a la planeación del transporte y la movilidad urbana; la falta de una directriz establecida para dar importancia a la planeación de la movilidad para los distintos niveles de gobierno; vincula a la movilidad no como un derecho del ciudadano si no como un servicio más con el cual la ciudad debe contar sin poner interés al verdadero aporte que genera al sistema de la ciudad.

2.3 Instrumentos de la planeación del transporte y movilidad en el plan municipal de desarrollo.

Es importante señalar que para la construcción del instrumento de planeación en el ámbito municipal, se ha elaborado la *Guía para la Elaboración de Planes Municipales de Desarrollo con el enfoque de la Agenda 2030*, que se hace referencia a que la unidad territorial básica para conocer las necesidades inmediatas de la población son precisamente los municipios (Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo, 2020); con el objetivo de que las acciones aplicadas por los gobiernos deban estar encaminadas a atender las necesidades de la sociedad y que los recursos se canalicen acertivamente a los sectores prioritarios.

Adicionalmente, se señala que la planeación municipal es una de las características principales de un buen gobierno, preocupado por atender las necesidades prioritarias de la población; al planear mejoras en la situación actual se pueden tomar decisiones certeras y administrar los recursos evitando gastos innecesarios y hay mayor claridad en aplicar las acciones públicas. (Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo, 2020). Esta guía al estar alineada con los ODS (Objetivos del Desarrollo Sostenible) tiene una mira en la planeación hacia el 2030, periodo en el que se contempla avanzar para alcanzar progresivamente un desarrollo más equilibrado en las ciudades.

Vinculado a esto, el Gobierno del Estado de México publicó el Manual para la elaboración de los planes de desarrollo municipal 2022-2024, proponiendo la realización de diagnósticos en todas las áreas de los 17 ODS para identificar problemas que afectan al municipio y a sus habitantes con la finalidad de diseñar estrategias de solución. En el documento se plantea como objetivo, que dentro del pilar 3 Territorial Municipio Ordenado, Sustentable y Resiliente, el subsistema movilidad y transporte para la población se realice el diagnóstico para identificar, describir y analizar la dinámica de desplazamiento que se presenta en el municipio y su impacto en la vida cotidiana y el desarrollo. También incluye la caracterización de las principales vialidades del municipio, así como el total y tipo de transporte que permite la movilidad al interior y exterior del territorio municipal (Comité de

Planeación para el Desarrollo del Estado de México, 2021) de acuerdo a la figura siguiente.

Figura 6 Temas para el análisis de la movilidad y transporte en los Planes de Desarrollo Municipal del Estado de México



Fuente: (Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de México, 2021)

A esta caracterización, se suma la integración del desplazamiento que presenta el municipio en cuanto a movilidad del transporte para la población, considerando las características del tipo de transporte, ruta que cubre, origen y destino. Es relevante destacar que no existe una metodología o fuente de donde se pueda obtener la dinámica de desplazamientos y determinar el impacto en la vida cotidiana de la población de acuerdo a lo que determina el objetivo planteado del diagnóstico.

Otro instrumento son los denominados *Lineamientos simplificados para la elaboración de planes o programas municipales de desarrollo urbano*, en ellos se señala como elemento estratégico de la planeación urbana, la atención de las ciudades a partir de dar prioridad a las necesidades de las personas; ya que plantear soluciones innovadoras promueve que las ciudades se contribuye al desarrollo del país. (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2020).

En términos del análisis de la movilidad, el documento *Lineamientos simplificados para la elaboración de planes o programas municipales de desarrollo urbano* de SEDATU (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano) determina que “la movilidad implica evaluar el funcionamiento de los sistemas de transporte público y de la red vial (incluyendo su jerarquía), identificando puntualmente los motivos de viaje de las personas, quiénes son los principales usuarios, enfatizando en el uso y diferenciado de los distintos horarios por tipo de usuarios (Secretaría de Desarrollo

Agrario, Territorial y Urbano, 2020, pág. 30), esto busca analizar dentro la estructura barrial, la cual ubica a la movilidad como un elemento importante pero sugiere sea analizado desde diversas variables demográficas, ambientales, sociales y económicas. Dentro de la dimensión demográfica se determinan las variables referidas a los modos y medios de transportes y a las características de los desplazamientos.

Señala que en términos de movilidad es necesario evaluar el funcionamiento de los sistemas de transporte público y de la red vial (incluyendo su jerarquía), en ambos casos identificando puntualmente los motivos de viaje de las personas, si se desarrollen dinámicas específicas y quiénes son los principales usuarios, haciendo énfasis en el uso y disfrute diferenciado de los distintos horarios por personas diferentes, especialmente de aquellas que se encuentran en situación de vulnerabilidad.

Ambos documentos guía relacionan el diagnóstico de la movilidad base como la caracterización vial del municipio y un inventario de los servicios de transporte público; pero adiciona otros elementos importantes al análisis de las características de los viajes; sin embargo, esto no lo señala como un elemento básico para el diagnóstico; el cual es relevante considerarlo como fuertemente sustentado en información relevante que proviene de fuentes oficiales, para con ello hacer planteamientos relevantes que den directrices claras a las políticas de mejoramiento y optimización.

Para las recomendaciones de la planeación de la movilidad se debe considerar que existen fuentes oficiales en las cuales se puede acceder a datos abiertos y generar indicadores que aporten a la planeación de la movilidad y transporte; esto asociado a la existencia de la Política de Transparencia, Gobierno Abierto y Datos Abiertos de la de la Administración Pública Federal 2021-2024; y es hoy en día que los datos abiertos para el municipio de Nezahualcóyotl se tienen vinculados al Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática o a las solicitudes que se envíen mediante el Instituto de Transparencia, Acceso a la Información Pública y Protección de Datos Personales del Estado de México y Municipios.

Otro de los instrumentos de la planeación para la movilidad se encuentra la Estrategia Nacional de Movilidad y Seguridad Vial la cual se describe como una herramienta para la construcción de una visión compartida entre gobierno y población; donde generando un diagnóstico de la situación actual de la movilidad se pueden considerar diversas directrices para la elaboración de políticas y acciones, que articulen los cinco ejes estratégicos (accesibilidad, calidad, confiabilidad, inclusión e igualdad, multimodalidad y uso prioritario) y se propongan líneas de acción e instrumentos con plazos y responsables (Estrategia Nacional de Movilidad y Seguridad Vial 2023-2042, 2023, pág. 20).

Es importante señalar que en estos instrumentos para la planeación del transporte se reconoce la importancia de la caracterización y análisis de la movilidad; sin embargo, actualmente no existe una metodología o fuente única que permita obtener de manera precisa la dinámica de los desplazamientos y su impacto en la vida cotidiana de la población; por ello el municipio de Nezahualcóyotl presenta en su Plan de Desarrollo Urbano Municipal un diagnóstico referido a las vialidades, el número y tipo de vehículos pero carente de una visión de los viajes de los habitantes y sus motivos; no obstante dentro de las propuestas se incluye la posibilidad de generar un Plan de Movilidad Urbana para el municipio.

2.4 Conclusiones del Capítulo 2

Es importante entender que el derecho a la movilidad es parte del ciudadano y esto implica diversas vertientes relacionadas a ejercer otros derechos que lo lleven a tener calidad de vida, seguridad, igualdad e inclusión.

Este derecho es importante considerarlo como parte de la base de la planeación urbana, ya que una ciudad no se puede concebir sin un sistema de movilidad que incluya no solo a los vehículos motorizados, sino todos aquellos elementos que implican una transportación efectiva de la población para vincularla con todos los elementos que integran la estructura urbana.

Lo anterior se encuentra sustentado desde un ámbito internacional, donde gracias a diversos grupos que han decidido enfocar la mirada en las carencias vinculadas a la movilidad en el espacio urbano, se han propuesto iniciativas que inciden el mejoramiento de las infraestructuras del transporte vinculándolas con un derecho para garantizar otros. Y esto sin duda debe aplicarse a los distintos niveles de gobierno mediante los instrumentos de la planeación.

En México la movilidad urbana es un derecho que recientemente se ha constituido, y poco a poco las legislaciones deberán enfocarse a considerarlo en los distintos niveles de la planeación. El análisis de los principales instrumentos del desarrollo urbano indica que aún no existe una interpretación que ayude a identificar la movilidad como un derecho del ciudadano; pues se aprecia una falta de visión sobre este tema y la vinculación que tiene con garantizar otros derechos.

Nezahualcóyotl por su parte dentro del plan de desarrollo urbano, tiene un diagnóstico de la movilidad urbana basado en el análisis de la infraestructura vial y al número de vehículos registrados, pero carece de información de viajes los cuales son esenciales para una correcta toma de decisiones en la planeación del transporte.

Es importante señalar que, la normatividad en los distintos niveles de aplicación a la planeación del transporte, no se encuentra actualizada y en efecto, se requiere una actualización que consolide a la movilidad como un derecho especificando la

importancia de contar con sistemas de transporte eficiente, limpio, seguro e incluyente.

Queda claro que, con la llegada a la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial, así como en su estrategia normativa de planeación urbana de las ciudades, hay mucho que hacer y debe de existir una mayor preocupación por obtener una visión de la situación actual del transporte público urbano y para ello, será necesario considerar una interpretación de datos abiertos mediante plataformas de gobierno abierto local, pudiendo apoyar a desarrollar metodologías claras y accesibles, así como utilizar datos abiertos y fomentar la transparencia para mejorar la toma de decisiones y la implementación de políticas públicas en este sector, no solo para el municipio de Nezahualcóyotl sino para aquellas áreas urbanas que requiera una mejor toma de decisiones en la planeación del transporte urbano; pues es evidente que en México se carece de datos para la realización de un análisis claro de la movilidad en las zonas urbanas y una falta de interpretación de los datos que existen para poder tener un panorama de movilidad urbana y con ello tomar decisiones acordes a las necesidades de la población.

3 Herramientas y técnicas para la planeación del transporte público urbano.

En este capítulo se realiza una exploración de distintas herramientas para la planeación del transporte urbano, iniciando desde la revisión de los diferentes modelos de transporte y que pueden aportar al enfoque de este proyecto. El análisis de estos modelos vincula los usos de suelo con el transporte, interacción espacial que se asocia con la intensidad de flujos de las ciudades de acuerdo con sus puntos de atracción de viajes; de ahí que se continúa explicando los modelos de elección discreta con relación a las alternativas que tiene el usuario dando un valor al costo y tiempo del viaje, terminando con la explicación del modelo de cuatro etapas. Por último, se presenta una breve muestra del potencial uso de los datos abiertos para la planeación del transporte; con algunos ejemplos de aplicación en otros estudios relacionados a la movilidad y las fuentes que aportan este tipo de información en el ámbito nacional, estatal y local.

Es importante aclarar que para el proceso de planificación del transporte existe una gran diversidad de instrumentos de recopilación de información y de análisis los cuales van desde de datos abiertos en páginas oficiales o bien las técnicas de toma de información de campo como las encuestas; para la interpretación de los datos obtenidos se pueden usar simples hojas de cálculo o softwares especializados en la elaboración de modelos complejos del transporte; sin embargo, para los fines de este trabajo se pretende hacer una recopilación de información da datos abiertos que permitan identificar los patrones de movilidad y la oferta del transporte público; éstos se analizan mediante tres herramientas de significativa importancia para la validación, procesamiento y obtención de resultados; dichas fuentes y herramientas se describen en los subtítulos siguientes.

3.1 Revisión de los modelos de transporte

Para la toma de decisiones en las estrategias de planificación urbana asociadas a la movilidad y el transporte es importante conocer las relaciones entre los distintos lugares de la ciudad, pues es en ellos donde se generan patrones de viajes que

demandan un sistema de transporte acorde a las necesidades de los viajeros pudiendo desarrollar sus actividades cotidianas sea cual sea el motivo. Estos elementos (transporte y viajeros) determinan los principales factores para la planeación del transporte público urbano y la movilidad urbana; denominados oferta y demanda asociada al transporte público. Dependiendo de la dimensión los problemas que se le asocian a ello en las grandes ciudades, los elementos centrales son los incrementos del tiempo de viaje, resultado de la congestión vehicular en las vialidades, aumento en la tasa de accidentalidad, efectos contaminantes pero también son problemas del crecimiento de la población en las grandes urbes y el crecimiento en el territorio, lo cual origina una demanda que deberá ser atendida por el sistema de transporte existente (Barreno, Cabrera, & Millones, 2008).

Los modelos de transporte son una herramienta para la toma de decisiones en los análisis de la planeación del transporte urbano y se basan en una interpretación de la realidad; el IMT en su publicación técnica número 307, señala que el modelo es una abstracción realizada para conocer mejor la realidad, entonces toda representación es un modelo y el objetivo de éste es proveer una interpretación clara de la realidad, con el fin de comprenderla mejor (Islas & Lelis, 2007); y el ITDP (Instituto para la política del transporte y desarrollo) menciona que “la modelación es una representación simplificada de los sistemas del mundo real, que permite proyecciones de condiciones futuras” (GEF; GTZ; UNEP; ITDP; VIVA, 2007, pág. 162). De manera muy similar, Ortúzar (2000, pág. 24) señala que “un modelo expresa en forma simplificada las características más relevantes de un cierto fenómeno o situación real”; por lo tanto podemos decir que los modelos de transporte son una herramienta para interpretar la situación real del comportamiento del transporte público urbano en la situación presente y es posible predecir en un horizonte futuro, generando escenarios que puedan apoyar a la toma de decisiones en su planeación.

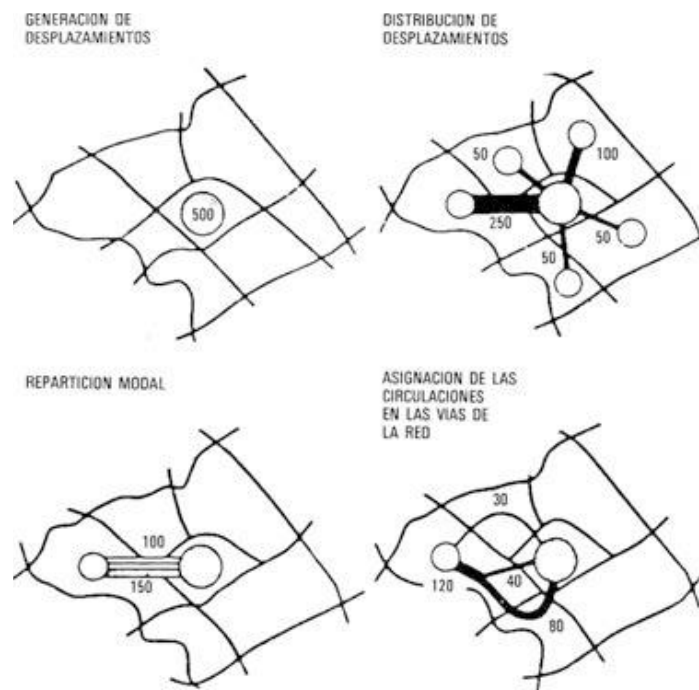
Los modelos que se han usado en la planeación de los sistemas de transporte están basados en las teorías de la interacción espacial, es decir, la relación que existe entre el usuario y las decisiones que deberá tomar entre las distintas ofertas de

transportes urbanos que puede ofrecer una ciudad; identificando una demanda asociada a las características del sistema de transporte urbano o de la ciudad en cuanto distribución espacial y usos de suelo.

En términos generales se puede decir que un modelo es, esencialmente, una representación de la realidad, una abstracción que se utiliza para lograr mayor claridad conceptual acerca de la misma, reduciendo su variedad y complejidad a niveles que permitan comprenderla en forma adecuada para la toma de decisiones.

Los modelos se elaboran, ya sea mediante software especializado que representan la asignación de viajes en redes viales o bien, de manera matemática y analítica. Uno de los más comunes para el análisis del transporte es el modelo de cuatro etapas que consiste en la generación – atracción, distribución viajes, partición modal y asignación de viajes, básicamente se trata de una herramienta de la planeación que ayuda a interpretar la demanda del sistema de transporte que se ejemplifica en la figura 7.

Figura 7 Esquemas de los cuatro pasos de un modelo de transporte



Fuente: Javier Gutiérrez Puebla, "La movilidad urbana", I Jornadas de Transporte y Territorio, Universidad de las Islas Baleares, 1990, tomada de (Herce, 2009)

La primera etapa que consiste en la generación busca predecir el número de viajes que son generados y atraídos a una zonificación determinada para el estudio. La segunda etapa se relaciona con la distribución de desplazamientos y busca predecir los flujos entre zonas de origen y de destinos. La tercera etapa denominada partición modal predice la elección de los individuos al escoger entre distintas alternativas ofertadas. Y por último se tiene la cuarta etapa que consiste en asignar los viajes a una red vial.

Otras formas de interpretar los viajes es mediante el modelo de interacción espacial, que se basa en la teoría gravitacional, donde la fuerza de atracción es un elemento para simular flujos entre orígenes y destinos, "es una técnica analítica que relaciona las razones del uso o de recorrido de una población usuaria determinada, con una actividad o una facilidad, proporcionada en determinado lugar, teniendo en cuenta el efecto de la distancia que separa a la población usuaria del centro de actividades" (Torres, Rozga, García de León, & Delgadillo, 2009, pág. 155), este tipo de modelos también se puede usar en la etapa dos del modelo de cuatro etapas explicado anteriormente. Es importante destacar que los modelos de transporte pueden ser tan sencillos o complejos de acuerdo con las características o los alcances de cada proyecto. A continuación, se presenta brevemente la descripción de algunos de los modelos más relevantes empleados en la planeación del transporte público urbano.

3.1.1 Modelo de usos de suelo y transporte

Es importante saber que cuando se hace la planeación del transporte inevitablemente se tiene que elaborar un análisis del uso del suelo pues es necesario conocer las actividades económicas, culturales, deportivas e incluso la especialización de los equipamientos de la zona de estudio para identificar donde se cubren las necesidades de los habitantes y las zonas a las que deben viajar; ya que las actividades de la población obligan a elaborar viajes los cuales están relacionados con la oferta de los modos de transporte existentes. El propósito de

los modelos de uso de suelo en el análisis del transporte principalmente es pronosticar los desarrollos de un área urbana teniendo en cuenta algunos supuestos que determinan patrones de localización (Torres, Rozga, García de León, & Delgadillo, 2009) considerando lo siguiente:

- Variables particulares siendo aquellas capaces de describir las condiciones físicas del sistema (mapas de las rutas y red de infraestructura del transporte).
- Asignar categorías del uso de suelo, como residencial, industrial, comercio, cultural y recreativo.

De acuerdo con lo señalado por los autores el objetivo de la planeación del transporte es que exista un adecuado balance entre las actividades que se caracterizan por los usos de suelo y el potencial de comunicación que debe existir entre cada una de ellas (Torres, Rozga, García de León, & Delgadillo, 2009). Uno de los modelos para el análisis del uso de suelo es el de accesibilidad; el cual trata de expresar matemáticamente algunos factores que influyen en el uso del suelo y el análisis de transporte para asegurar la cobertura eficiente con la que se pueda satisfacer las necesidades de la población; matemáticamente el índice de accesibilidad se expresa de acuerdo a la **Ecuación 1** la cual se plantea de la siguiente manera:

Ecuación 1 :Para medir el índice de accesibilidad de uso de suelo.

$$A_i = \sum_{i=1}^n E_j F_{ij}$$

Donde:

A_i = índice de accesibilidad de un lugar i

E_j = una unidad de medida de la actividad de la zona j (ejemplo, empleos, tiendas, escuelas, entre otros)

F_{ij} = es un factor de separación de viajes entre las zonas i y zona j.

El factor de separación de viajes entre las zonas i y zona j, F_{ij} es una función de impedancia o costo que disminuye con la distancia o el tiempo de viaje entre zonas.

Ecuación 2 Función de impedancia entre zona i y zona j

$$F_{ij} = \frac{1}{t_{ij}^b}$$

Donde:

t_{ij} = tiempo de viaje o costo de viaje entre la zona i y zona j

b = constante determinada empíricamente

Este tipo de índice proporciona una medida cuantitativa de la accesibilidad a ciertas actividades desde las zonas de orígenes (i) y zonas destino(j); en la planeación de los sistemas de transporte el análisis de los usos de suelo se identifica la accesibilidad relacionado aspectos a la decisión del usuario con respecto al costo de tiempo de viaje y por ello es importante tener datos referentes a

- Patrones de viajes
- Usos de suelo y equipamientos urbanos
- Situación del transporte
- Datos estadísticos sociales

Resulta necesario hacer abstracciones sobre estudio de diseño, definición de nodos y colección de datos básicos. El objetivo es englobar un modelo analítico de interrelación e interdependencia de los sistemas de usos de suelo y transporte y no siempre es posible establecer entre ellos relaciones causa y efecto (Torres, Rozga, García de León, & Delgadillo, 2009).

3.1.2 Modelo de interacción espacial

Este tipo de modelo se fundamenta en un principio muy sencillo conceptual y empíricamente donde “La intensidad de los flujos entre ciudades son directamente

proporcionales a la atraktividad y a la masa de cada una de ellas, e inversamente proporcionales a los costos de transporte que las separan”; (Garrocho, 2012, pág. 119). Es decir, la atraktividad de un punto o lugar está dada por las características que lo definen y éstas serán proporcionales al costo del transporte ya sea que este costo se refiera a un valor monetario o de tiempo; de aquí que la relación del origen y destino se expresa por la magnitud de especialidad de la oferta de servicios que se localicen en una zona determinada.

Este modelo se basa en la teoría gravitacional, donde la atraktividad se deriva de la calidad, precio, distancia de los servicios ofrecidos y las ventajas comparativas de los destinos. Donde la aplicación está dada por la siguiente ecuación.

Ecuación 3: Modelo de interacción espacial

$$I_{ij} = f \frac{N_i N_j}{d_{ij}}$$

Donde:

I_{ij} = La fuerza de atracción entre dos cuerpos, es la interacción de la zona i y la zona j como origen y destino; esta se puede cuantificar en términos de personas.

$N_i N_j$ = Tamaño de las masas respectivas, estas son las unidades de medida que se desean analizar ya sea la población residente o el número de trabajadores que viven en una zona residencial o la capacidad de atracción de una zona de acuerdo al nivel de servicio que se oferta.

d_{ij} = Distancia entre los dos cuerpos, como función generalizada de desplazamiento, está en otros modelos también se puede emplear no solo como distancia si no también con factores de tiempo y costo.

f = La constante gravitacional, o bien llamada constante de proporcionalidad, la cual se ajusta a partir de datos empíricos obtenidos de observaciones que ayudan a ajustar o calibrar el modelo.

Este modelo se basa en que la interacción que existe entre dos puntos de concentración de población o entre dos puntos atractores o productores de viajes que varía según su tamaño o especialización; pero tiene sus limitaciones en cuanto a que no considera barreras físicas o políticas, además para establecer los

parámetros empíricos se han de considerar elementos lógicos del comportamiento de los flujos.

3.1.3 Modelo de elección discreta.

El enfoque de elección discreta señala que la demanda de un sistema de transporte es el resultado de las elecciones que hacen los usuarios a las distintas opciones disponibles para viajar en ese sistema, es decir, entre las elecciones de los usuarios del transporte están el modo de transporte como el automóvil, autobús, taxi, tren entre otros, la ruta por usar por una red viaria, el tiempo del viaje y el costo del viaje para poder acceder a un destino por el motivo que sea (p. ej. para ir de compras, para ir a un cine o teatro, para ir a la escuela entre otros motivos); por lo tanto, este es un modelo que representa el proceso de toma de decisiones de los usuarios ante las diferentes opciones que tienen al viajar (Moreno Q. E., 2011)

Es un modelo matemático, el cual mediante una función de utilidad representa la elección de viajar de acuerdo con la maximización de emplear tal o cual sistema; la función de utilidad de un usuario se representa de forma matemática donde el valor numérico que depende tanto de los atributos de la opción de viaje a considerar como de las características de su decisión. “La aplicación del principio de maximización de la utilidad de los usuarios que eligen conforme a sus preferencias requiere del concepto de función de utilidad”. (Moreno Q. E., 2011, pág. 7), esta función matemática proporciona un valor numérico que depende de los atributos de la opción de viaje del individuo, para la aplicación de una función de utilidad se necesita definir los elementos siguientes:

- El conjunto de opciones disponibles **A**, para las distintas alternativas de viaje ya conocidas por el usuario y que están disponibles (automóvil propio, taxi y autobús.). Cada opción “j” del conjunto **A** tiene asociado distintos atributos **X_j** que la determinan el tiempo de viaje y costo.

- El conjunto de atributos S del individuo que hace la elección y que son relevantes para la toma de decisiones; éstos suelen ser inherentes al usuario como la edad, sexo, ingreso anual y número de vehículos entre otros.

Siguiendo el principio de maximización de la utilidad, se busca una función U , que depende tanto de los atributos de las alternativas del conjunto A como de los atributos S del individuo que toma la decisión de viaje y con la propiedad de que para cualquier par de opciones j, k del conjunto A la relación:

Ecuación 4: Relación de a utilidad

$$U(X_j, S) > U(X_k, S)$$

Esta ecuación indica que el usuario preferirá la opción j a la opción k y por tanto elegirá j si debe escoger entre ambas. Cuando el individuo debe elegir entre varias opciones del grupo A , elegirá la opción j , siempre que se tenga la relación: $U(X_j, S) > U(X_k, S)$ para todas las opciones k en A .

Para que la función de utilidad $U(X_j, S)$ sea consistente, debe ser la misma para todas las opciones en A , dando en general valores numéricos distintos para los distintos atributos X_j de las opciones en A ; aunque pueden coincidir valores para dos atributos X_j y X_k en cuyo caso habrá indiferencia en la elección de ambas opciones; además, para una opción j dada, el valor numérico de $U(X_j, S)$ debe depender solamente de los atributos X_j y S de la propia opción y del individuo, y no depender de los atributos de otras opciones en A .

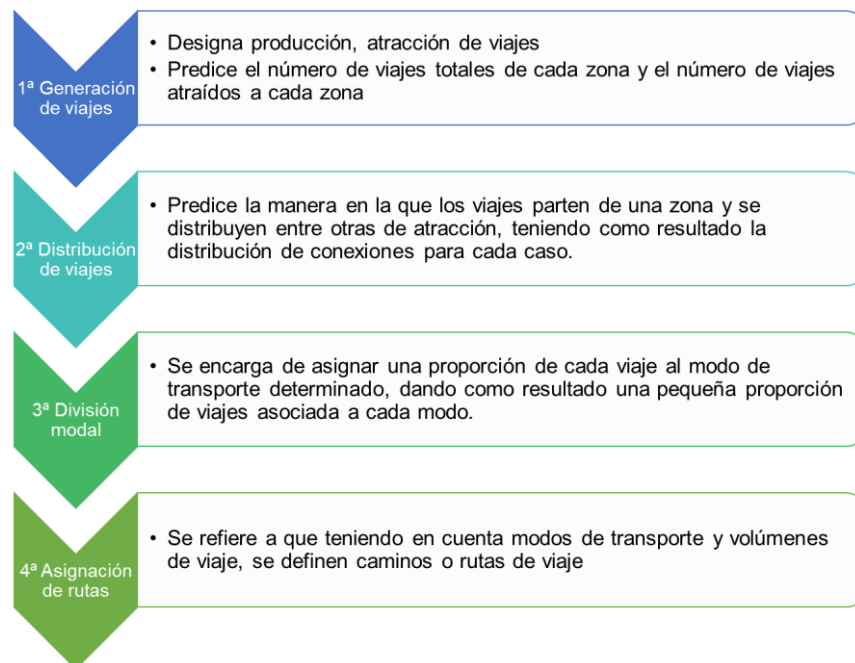
Es decir; el viajero identificará dentro de las opciones dadas la que mayor beneficio le aporte a partir del tiempo y costo del viaje; además de las aptitudes o limitaciones en las que se encuentre.

3.1.4 Modelo de cuatro etapas

Uno de los modelos comúnmente utilizados dentro de la planeación del transporte es el de cuatro etapas, donde la primera representa la generación de viajes (cuántos viajes salen o llegan a cada una de las zonas), en la segunda etapa se identifica la distribución de los viajes (es decir, conocer los destinos probables de los viajes que

salen de cada zona hacia el resto de la ciudad), posteriormente, como tercera etapa ya conociendo los extremos del viaje, se simula el recorrido que haría el usuario dentro de la red de transporte; y finalmente, se elige un modo de transporte, de tal manera que minimice los costos totales del viaje pensando principalmente en tiempo y costo (Islas, Rivera, & Torres, 2002). Es importante señalar que estas etapas pueden ser aplicables en distintos órdenes dependiendo las necesidades de cada planificador de transporte. La siguiente imagen describe de manera simplificada estas etapas según Torres, Rozga, García de León, y Delgadillo,(2009).

Figura 8 Estructura elemental del modelo de 4 etapas



Fuente: Elaboración propia con base en "Técnicas para el análisis regional, desarrollo y aplicaciones" (Torres, Rozga, García de León, & Delgadillo, 2009)

Es importante destacar que, en la actualidad, existen diversos softwares de planeación del transporte que ya incluyen una serie de algoritmos de estimación de demanda; sin embargo, para el uso de estos modelos de transporte es necesario contar con una serie de datos vinculados a la demanda y oferta del transporte público urbano, los cuales comúnmente son recopilados en campo y se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3 Estudios de campo e información obtenida de oferta y demanda para la planeación del transporte

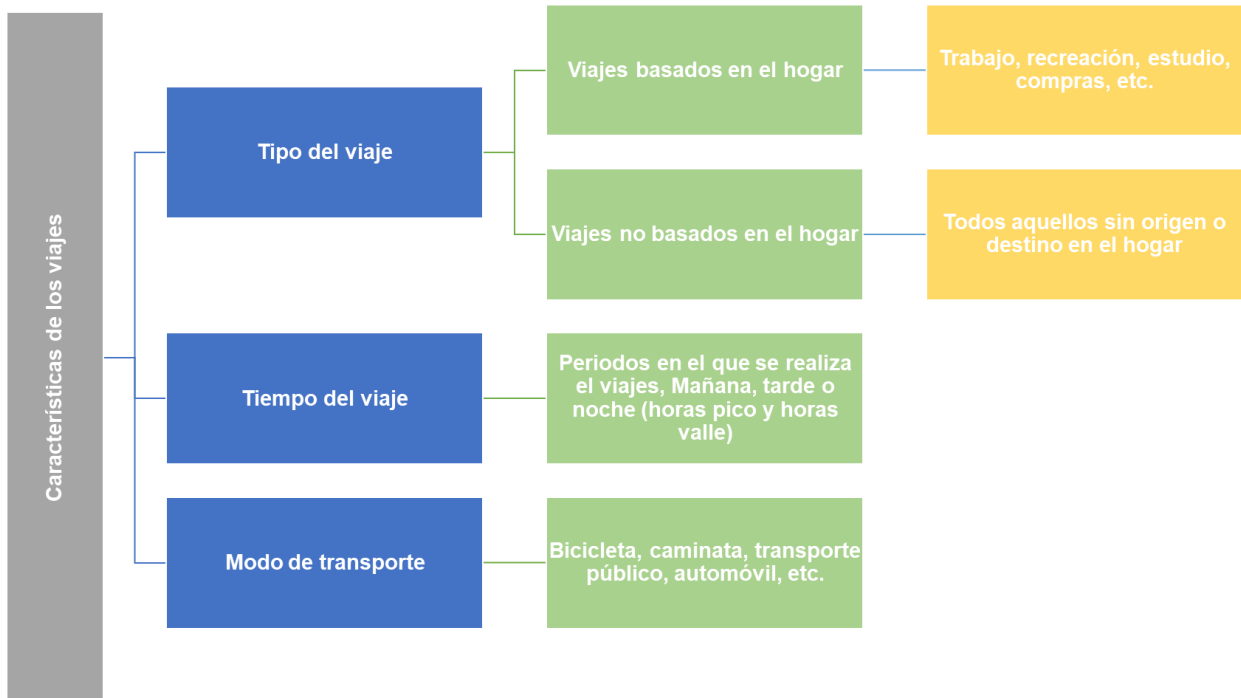
Oferta		Demanda	
Estudio	Información obtenida	Estudio	Información obtenida
Verificación de rutas	<ul style="list-style-type: none"> • Tarifa • Trazo de la ruta • Tiempo de recorrido • Puntos AS/DS • Tipo de vehículo • Horario de servicio. 	Ascenso descenso a bordo de unidad	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda por ruta • Principales paradas (AD) • Índice de rotación de usuarios • Índice de pasajero por Kilometro • Distancia de recorrido promedio de los usuarios • Polígonos de carga • Porcentaje del máximo a bordo
Frecuencia de paso y ocupación visual	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de paso (veh/h) 	Frecuencia de paso y ocupación visual	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda de usuarios durante el día y por hora • Demanda puntual
Cierre de circuito	<ul style="list-style-type: none"> • Intervalos de despacho y llegadas durante el día • Flota o parque vehicular • Estado físico de las unidades • Tiempo en terminal 	Cierre de circuito	<ul style="list-style-type: none"> • Demanda por terminal
Tiempo de recorrido y demoras	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de recorrido • Velocidad de operación • Tipos y tiempo de demora en la ruta • Velocidades de transporte público para modelo. 	Encuesta origen-destino	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz Origen – Destino • Pares O-D con mayor demanda • Cadena de viaje • Caracterización del viaje y usuario
		Encuesta de preferencia declarada	<ul style="list-style-type: none"> • Usuarios disponibles a cambiar de modo de transporte (nuevo proyecto) • Valor subjetivo del tiempo

Fuente: Gerencia de Movilidad Urbana y Tránsito Cal y Mayor 2020

Cada uno de estos estudios implica una planeación compleja tanto para la elaboración de instrumentos como para los formatos de encuestas, capacitación del personal para la aplicación, identificación de muestreos, captura y análisis; estas actividades implican un tiempo considerable para la obtención de resultados. De ahí que el siguiente paso es la alimentación del modelo de transporte basado en una simulación de software, de donde se obtendrán resultados y escenarios para la toma de decisiones.

Sin embargo, algunas de estas variables pueden provenir de un análisis del espacio urbano y sus características relacionadas con los viajes, pues este concepto es el que define la base de la planeación del transporte e identifica la movilidad urbana; dicha caracterización de viajes se muestra en la figura siguiente:

Figura 9 Caracterización de viajes



Fuente: Basado en “Técnicas para el análisis regional, desarrollo y aplicaciones” (Torres, Rozga, García de León, & Delgadillo, 2009)

Considerando esto, para la elaboración de la etapa de generación de viajes se busca predecir el número de viajes de personas que se producen o atraen mediante las relaciones del entorno urbano; es decir, que los viajes se basan en supuestos del uso de suelo, las características socioeconómicas de la población y del sistema de transporte (Barreno, Cabrera, & Millones, 2008).

Mientras que en la etapa de distribución de viajes se predicen los flujos entre las distintas zonas del espacio urbano; generando una matriz de viajes la cual se puede construir mediante los principios del modelo gravitacional y la utilización de una impedancia de acuerdo a la atracción y accesibilidad, y la impedancia está relacionada con la distancia de viaje, el tiempo de viaje y su costo; es decir, a mayor tiempo y costo menores viajes ya que estas variables se relacionan con la distancia; no obstante, esta premisa depende de la fuerza de atracción de la zona lejana es decir de su especialización.

Para la etapa de división o partición modal, se utilizan modelos que buscan predecir la elección de los individuos entre algún modo de transporte para efectuar su viaje; uno de los modelos mayormente usados es el modelo Logit que se basa en una función de utilidad relacionada a los diferentes modos de transporte (Barreno, Cabrera, & Millones, 2008); donde se consideran las utilidades de uso en cuanto a tiempo y costo entre uno y otro modo de transporte; es decir, que el usuario toma la decisión de viajar en un modo de transporte dependiendo el valor asignado al beneficio que le genera en términos de tiempo y costo.

3.2 Datos abiertos como fuente de información para la planeación del transporte.

Entre los principales insumos que ayudan a interpretar el análisis de la movilidad se encuentran los datos ya sea obtenido directamente en campo o bien documentales provenientes de fuentes oficiales; a éstos últimos se les denomina “Datos Abiertos” y se les nombra así por “su carácter público de acuerdo a la APF (Administración Pública Federal), y que en términos de las disposiciones aplicables no tienen naturaleza reservada o confidencial ya que son accesibles de modo que los particulares pueden reutilizarlos según convenga a sus intereses”. (Honorable Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos, 2011, pág. 1). En México existe una diversidad de datos abiertos que apoyan el análisis de la planeación del transporte como son los relacionados con la interacción espacial como los usos de suelo, las características poblacionales y económicas, localización de equipamientos y servicios urbanos, y en algunos casos encuestas origen – destino públicas, entre otros.

En la actualidad un elemento que ha cobrado significativa importancia en el contexto mundial es el big data, que se vincula con “grandes cantidades de información que conviven en un entorno digital” (Ascencio, Bustos, Balbuena, Zamora, & Frías, 2020, pág. 1). Éstos suelen tener un costo basado en las especificaciones con las que se requieran, por lo tanto, quedan fuera del concepto de datos abiertos.

La entidad que concentra el mayor número de datos abiertos en México es el INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), el cual cuenta con un catálogo extenso de datos con distintas temáticas vinculadas con temas de población, transporte y además se encuentran georreferenciadas, lo cual facilita su análisis y localización.

El portal de Datos Abiertos del gobierno de México representa otra fuente oficial de información, es un repositorio nacional de los datos generados en el Gobierno de la República, que además presenta visualizaciones y herramientas.

Es importante destacar que el objetivo de los Datos Abiertos en México es ser una “herramienta para facilitar el crecimiento económico, fortalecer la competitividad y promover la innovación; al tiempo que permiten mejorar la prestación de servicios gubernamentales, incrementar la transparencia y rendición de cuentas, y conducir a una mayor eficiencia gubernamental; logrando así una mejor gobernanza para el país” (Presidencia de la República, 2014, pág. 1). Por lo tanto, con una adecuada interpretación de los datos abiertos es posible obtener y/o generar indicadores que muestren un panorama de la situación de la movilidad en una determinada zona de estudio.

Como se ha señalado anteriormente, este trabajo consiste en un análisis cualitativo y cuantitativo de las características de la oferta y demanda del sistema de transporte público urbano para el municipio de Nezahualcóyotl, y con especial atención al corredor de transporte de Av. Chimalhuacán; esto basado en la recopilación y análisis de datos abiertos y toda aquella información documental que pueda ser utilizada para generar parámetros cualitativos de la movilidad urbana de la zona de estudio.

Esto con la finalidad de resaltar la importancia de los datos abiertos en el análisis de la movilidad urbana; ya que en ellos se identifica un importante de uso para la planeación del transporte público urbano y la determinación de la demanda potencial mediante la caracterización del espacio urbano y las necesidades principales de viajes; si bien en México es un tema nuevo y escasamente explorado

en otras partes del mundo el uso de datos abiertos en la movilidad urbana es una información de gran importancia para conocer las características de los viajes y tomar decisiones en términos de planeación de la movilidad.

3.3 Algunos casos de estudio con uso de datos abiertos.

La alternativa metodológica de interpretación y obtención de datos abiertos para el análisis de la movilidad como ya se ha señalado en México, puede ser un tema nuevo, sin embargo, ayuda a la planeación de la movilidad en las ciudades; y se puede tomar como ejemplo a otros lugares países que han orientado la toma de decisiones de la planeación de la movilidad urbana. Como referencia de ello, en España se tiene una política de datos abiertos, la cual se ha definido como clave para el sector de la movilidad urbana y así contribuir a los objetivos planteados de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y el cuidado del medio ambiente; se tienen un equipo de especialistas que buscan estar a la vanguardia del conocimiento e innovación en la planeación del funcionamiento de la dinámica de del transporte y la movilidad donde están convencidos que los datos abiertos tienen un lugar importante en la toma de decisiones relevantes en la concepción e implementación de políticas públicas enfocadas a la movilidad urbana. (Gobierno de España, 2022), A continuación se muestran algunos ejemplos de la información de datos abiertos que ha sido utilizada en la generación de diversos análisis y los aportes en la planeación del transporte y la movilidad urbana.

3.3.1 España y los datos abiertos en la investigación del transporte.

El gobierno de España ha incluido diversas políticas en temas de movilidad y mejoramiento del espacio urbano en sus ciudades mediante la creación de “La Estrategia de Movilidad segura, sostenible, conectada 2030”, la cual se encuentra publicada por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) en septiembre de 2020, en ésta se reconoce la importancia de los datos abiertos en los

procesos de digitalización y automatización del transporte y reconoce que estos aportan a la regulación del mismo. Dentro del documento se enfatiza que la recopilación y análisis de datos abiertos contribuye a la mejora de los sistemas de transporte. Esta estrategia se divide en nueve ejes de movilidad, sin embargo, en el eje cinco denominado movilidad inteligente es donde aprovechando las tecnologías aplicadas a los sistemas de transporte, se pueden obtener datos abiertos en términos de movilidad y que, a su vez, se busca garantizar que sean públicos con la finalidad de generar políticas de mejoras en el tema. (Gobierno de España, 2022)

Señalan dentro de la estrategia de movilidad 2030 que las innovaciones dedicadas al mejoramiento de los servicios de transporte como los Sistemas Inteligentes de Transporte (Inteligente Transport Systems, ITS) y las aplicaciones móviles que permiten generar al usuario sus propios viajes logrando tener una mayor certeza en la planeación de su movilidad y generando una mejor experiencia en el uso del transporte público e incluso hacer un cambio modal logrando disminuir el uso del vehículo particular. Por último, el objetivo de diseñar una política de datos abiertos radica en tener fundamentos para planear, innovar en la investigación de la movilidad, esto implica también siempre velar por la seguridad de los usuarios mediante el resguardo de información personal que resulta sensible y esto se encuentra fundamentando esto en el marco regulatorio de datos abiertos el cual busca la cesión de datos a agentes que puedan aportar en el derecho a la movilidad. (Gobierno de España, 2022)

La siguiente imagen muestra como el gobierno de España ofrece mediante portal de datos abiertos, una lista que consta de una amplia gama de datos abiertos relacionados con el tema de movilidad y transporte público urbano, dando la oportunidad a especialistas de iniciativas públicas, privadas y a los representantes de la sociedad civil aportar en las estrategias que mejoren los servicios de transporte.

Figura 10 Ejemplo de datos abiertos con enfoque de movilidad en España



- ✓ Redes de Transporte de España (sistema cartográfico de infraestructura y transporte).
- ✓ Estadísticas de transporte ferroviario.
- ✓ Estaciones de Bicicletas para el ayuntamiento de Santander.
- ✓ Incidentes en la red carretera.
- ✓ Big Data telefónico de viajes y zonificación georreferenciada; con análisis diarios, mensuales y anuales de la movilidad de la población de España.

Fuente: Basado en <https://www.mitma.gob.es/> (Gobierno de España, 2022)

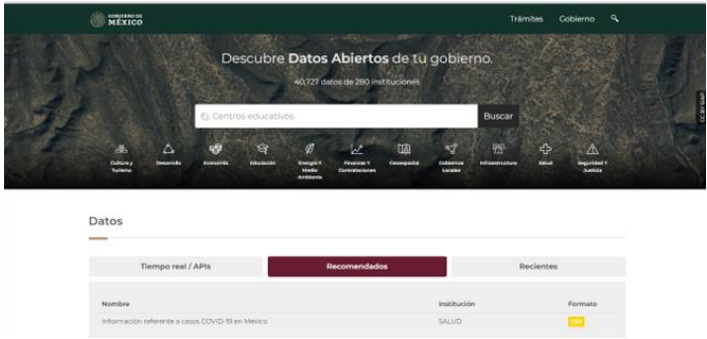
Por este tipo de iniciativas relacionadas a la movilidad España es considerado un ejemplo de la planeación donde los datos abiertos juegan un papel relevante en la planeación de los sistemas de transporte y la movilidad dentro de las ciudades y es que crear un repositorio de acceso a la operación de los sistemas de transporte público tiene sus ventajas desde que el usuario planea su viaje del día a día como para los analistas del transporte; e incluso la planeación del espacio y el transporte basada en la distribución de viajes dentro de las ciudades mediante el uso del big data telefónico con un enfoque de datos abiertos.

3.3.2 México y los datos abiertos en temas de movilidad urbana

En México la definición de datos abiertos de acuerdo a la Secretaría de la Función Pública hace referencia a aquellos datos de carácter público y que son accesibles en línea que pueden ser usados para cualquier interesado; buscando empoderar a la ciudadanía contribuyendo a la toma de decisiones. El gobierno de México ha hecho un esfuerzo por crear un portal de datos abiertos bajo la Política de Transparencia, Gobierno Abierto y Datos Abiertos con la intención de combatir la corrupción, poder rendir cuentas a la ciudadanía, fortalecer la transparencia y poner información útil a la población (Secretaría de la Función Pública, 2021).

Uno de los ejes estructurantes de la política de datos abiertos es el impulsar el uso de datos abiertos mediante la apertura de aquellos que son de interés para el público con la finalidad de contribuir al bienestar social. En este sentido, la importancia de la publicar datos abiertos en relación a la movilidad urbana y el transporte tiene su relevancia en términos del derecho a la movilidad, accesibilidad e igualdad con un enfoque de planeación desde el viaje del usuario como a nivel de toma de decisiones a nivel ciudad. Una tarea importante para este estudio es la recopilación de datos abiertos referentes a la movilidad urbana y el transporte público, para lo cual se han consultado los portales web nacionales referentes a datos abiertos y de lo cual se han obtenido lo siguiente.

Figura 11 Datos Abiertos de Movilidad del Gobierno de la República



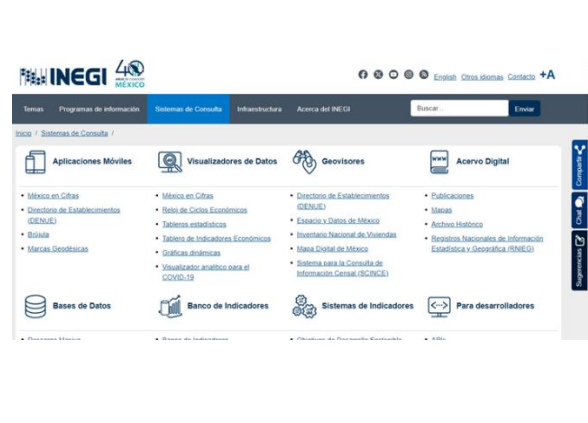
The screenshot shows the 'Datos Abiertos de Movilidad' portal. At the top, it says 'Descubre Datos Abiertos de tu gobierno.' and '40,127 datos de 260 instituciones'. A search bar contains 'Ej. Centros educativos'. Below the search bar are several category icons: Cultura y Turismo, Medio Ambiente, Educación, Salud, Energía y Recursos Naturales, Planes y Contratación, Geografía, Gobierno Interno, Infraestructura, and Seguridad y Justicia. Under the 'Datos' section, there are three tabs: 'Tiempo real / APIs', 'Recomendadas' (selected), and 'Recientes'. A table of results is shown with columns for 'Nombre', 'Institución', and 'Formato'. One result is visible: 'Información referente a casos COVID-19 en México' from 'SALUD' in 'JSON' format.

- ✓Licencias de conducir de servicio privado y público por modalidad emitidas en algunas entidades del país.
- ✓Disponibilidad de bicicletas en estaciones para algunas zonas urbanas.
- ✓Capa de información de rutas de transporte urbano para algunas ciudades.
- ✓Fortalecer el transporte público para facilitar la movilidad de los mexicanos.

Fuente: Basado en <https://datos.gob.mx/busca/dataset?tags=movilidad&page=1>

Es importante destacar que los datos abiertos de acuerdo a la Política de Datos Abiertos también se encuentran de acuerdo a la especialidad de cada institución, y una de ellas a nivel nacional y de referencia en datos abiertos es la web del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, en el cual se pueden consultar y descargar diversos datos referentes a población, economía, seguridad entre otros; para el tema de movilidad urbana y transporte público se identifica lo referente a la siguiente figura.

Figura 12 Datos Abiertos de Movilidad y Transporte INEGI



The screenshot shows the INEGI website interface with a search bar and navigation menu. The main content area displays several categories of data and services:

- Aplicaciones Móviles
- Visualizadores de Datos
- Geovisores
- Acarreo Digital
- Bases de Datos
- Banco de Indicadores
- Sistemas de Indicadores
- Para desarrolladores

Specific data items listed include: México en Ciudades, Directorio de Establecimientos (CENEC), Sistema estadístico, Tablero de Indicadores Económicos, Geografía de México, Visualizador geográfico para el COVID-19, Directorio de Establecimientos (CENEC), Estadística de Datos de México, Inventario Nacional de Viviendas, Mapa Digital de México, Sistema para la Consulta de Información Geográfica (SIGIN), Publicaciones, Mapas, Archivo Histórico, and Registro Nacional de Información Estadística y Geográfica (RINEG).

- ✓ Vehículos de Motor Registrados en Circulación por entidades y municipios.
- ✓ Estadísticas de pasajeros por sistema de transporte masivo para las principales ciudades del País.
- ✓ Encuesta Origen – Destino para la zona metropolitana del Valle de México.
- ✓ Accidentes de tránsito en diversos años.
- ✓ Movilidad global de viajes cotidianos (trabajado y estudio) por municipio.
- ✓ Encuesta Anual de Transportes (EAT).

Fuente: Basado en <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/>

Si bien el INEGI es el sitio de mayor relevancia en datos abiertos para el análisis territorial en términos estadístico y geográficos, también existen otras instituciones como la Secretaría de Comunicaciones, Infraestructuras y Transportes que cuenta con información relacionada a las carreteras a nivel nacional, pero que para el análisis del espacio urbano que tiene relación con este estudio no presenta suficiente relevancia.

Un ejercicio de aplicación de datos abiertos en México que toma relevancia es sin duda el modo en el que se planearon las operaciones de los sistemas de transporte durante la pandemia de COVID-19; por otro lado, el Laboratorio para la Ciudad en 2015 vislumbro una iniciativa de datos abiertos en la Ciudad de México destacando el "Mapatón", como una iniciativa de mapeo colaborativo del sistema de transporte público convencional, esta iniciativa ha permitido obtener datos valiosos para mejorar la planificación y gestión del transporte en la ciudad.

3.3.3 Estado de México y Nezahualcóyotl en datos abiertos de movilidad urbana

De acuerdo con la Política de Datos Abiertos Nacional, el gobierno abierto no solo tiene un enfoque federal sino estatal y municipal; ya que los gobiernos municipales son los más cercanos a la ciudadanía y los encargados de generar un diagnóstico con el cual se puedan generar alternativas adecuadas a las necesidades poblacionales acordes a la participación ciudadana.

Por su parte, el Estado de México en el portal de datos abiertos, en términos de movilidad urbana y transporte público presenta lo siguiente:

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fortalecer el transporte público para facilitar la movilidad de los mexiquenses) que se refiere a Vehículos registrados de servicio público y Existencia de vehículos. ✓ Ubicar las bases de taxis en el municipio de Metepec. ✓ Atraer inversión en sectores altamente competitivo que se refiere a la inversión extranjera directa por sector de actividad, 2004-2014.
---	--

Fuente: Basado en <https://datos.edomex.gob.mx/dataset?q=Transporte>

Como se puede apreciar en la imagen anterior no se percibe una estadística relevante asociada a la totalidad de los municipios del Estado de México o relacionada con la movilidad urbana de la entidad.

Para el caso de Nezahualcóyotl se identificó que no existe un portal de datos abiertos relacionado con el tema de transporte público y movilidad urbana, no obstante, es posible consultar el Plan Municipal de Desarrollo Urbano, el cual aborda el apartado de transporte público y movilidad.

3.4 Operacionalización de variables

La operacionalización de variables representa una herramienta que permite identificar los componentes más precisos que se analizan, mediante la organización y categorización de los elementos que la constituyen. Con base en los elementos expuestos en incisos anteriores, para este proyecto se definen seis variables que comprenden veintiséis indicadores sintetizados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 4 Operacionalización de variables para el proyecto

Variable	Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Fuente
Oferta del sistema de transporte	Consiste en identificar los servicios y la operación general, para	Cobertura espacial del servicio de transporte en la zona	Cobertura de los servicios	https://viadf.mx/directorio/estado-de-mexico/nezahualcoyotl

Variable	Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Fuente
	diagnosticar la oferta de transporte en la zona.		Longitud	SIG, Google Maps
		Operación actual del sistema de transporte en la zona de estudio	Tipo de vehículos	Inspección visual en campo
			Antigüedad	Padrón vehicular (Documental), INEGI
			Capacidad	Inspección visual en campo
			Tiempo de recorrido	Inspección visual en campo, Google Maps, fuentes documentales
Tarifas	Documental (DOF, https://smovilidad.edomex.gob.mx/tarifas_autorizadas)			
Población potencial al uso de transporte público	Usuarios potenciales del sistema de transporte en un radio de influencia asociado a la caminata máxima para acceder a la parada. “En zonas urbanas es recomendable distancias entre 300 y 500 metros” (Molinero & Sánchez, 2002, pág. 120)	Localización espacial, de la población que puede acceder al servicio de transporte	Población total	Sistema de Consulta de Información Censal INEGI (SCINCE 2020)
		Población que paga una tarifa por el servicio de transporte	Población > 5 años y más	Sistema de Consulta de Información Censal INEGI (SCINCE 2020)
		Usuarios que por motivo de trabajo pueden hacer uso del sistema de transporte	Población económicamente activa ocupada	Sistema de Consulta de Información Censal INEGI (SCINCE 2020)
		Tendencia de crecimiento poblacional	Crecimiento poblacional	CONAPO, COPLADEM, PDUM
		Población que usa el sistema de transporte que no cuenta con vehículo	Viviendas con auto	Sistema de Consulta de Información Censal INEGI (SCINCE 2020)

Variable	Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Fuente
Patrones de movilidad urbana	Identificación de atractores de viajes y la accesibilidad vial y de transporte.	Localización espacial de los elementos que sean potenciales de atracción de viajes de la zona	Usos del suelo	Plan de Desarrollo Urbano Municipal, DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas), SINCE INEGI
Patrones de movilidad urbana	Identificación de atractores de viajes y la accesibilidad vial y de transporte.	Localización espacial de los elementos que sean potenciales de atracción de viajes de la zona	Sistema vial	Plan de Desarrollo Urbano Municipal, DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas), SINCE INEGI
			Traza urbana	
			Equipamientos urbanos	
			Sitios de empleo	
			Viajes por motivos	INEGI- Encuesta EOD-17, estudios documentales
Flujo de Viajes	Número de los viajes externos e internos del municipio por tipo de transporte urbano.	Volumen de viajes de acuerdo con las características	Viajes internos	INEGI- Encuesta EOD-17
			Viajes externos	
			Viajes estimados	
		Resultados de volumen de viajes		

Fuente: Elaboración propia

3.5 Sistema de información geográfica

Una de las herramientas para el análisis de datos son los sistemas de información geográfica los cuales se definen como un “Sistema de Información Geográfica (SIG) se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos” (IIRB Von Humboldt, 2006, pág. 108); por otro lado, también se define que un SIG es un caso particular del sistema de información donde la información aparece georreferenciada, es decir, que contiene una posición en el espacio definida por un sistema de coordenadas estandarizado (Sarría, 2013), esta información se concentra en un banco de datos georreferenciados mediante un sistema computacional, ya que un sistema de información permite:

- Almacenar información
- Consultas de datos
- Analizar datos para identificar problemas o ventajas
- Tomar decisiones

Entonces podemos decir que, el SIG es considerado una herramienta de trabajo para investigadores, analistas y planificadores, entre otros., que en sus actividades tienen relación con el manejo de información mediante bases de datos asociadas con diversos niveles de agregación espacial o territorial (IIRB Von Humboldt, 2006).

Con la información referenciada espacialmente se construyen mapas temáticos que facilitan la visualización de información y datos estadísticos; generando un modelo de información relacionada con el ámbito territorial que refleja el comportamiento de determinadas variables.

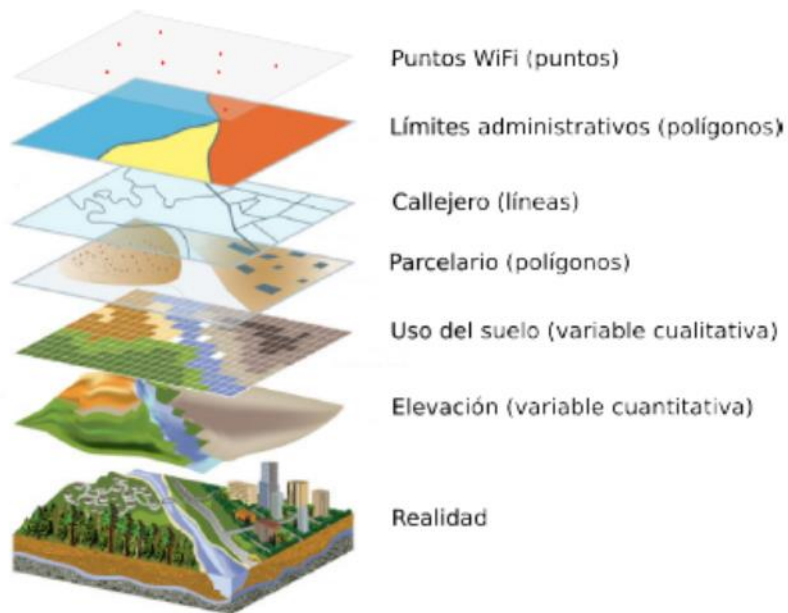
Para el análisis espacial del transporte público, por ser un complemento de las actividades humanas en un entorno espacial, los sistemas de información geográfica juegan un papel importante en la interpretación de interacción del espacio urbano y las actividades sociales. Actualmente, los SIG cuentan con funciones para identificar elementos involucrados en la actividad del transporte en cuanto a su expresión territorial, variables y la relación con el territorio.

Hoy en día, los SIG han demostrado su utilidad práctica en diversas labores del análisis del transporte y su planeación, ya sea mediante estudios experimentales o a través de la aplicación de la herramienta en actividades particulares (Garcia & Backhoff, 1992). En el ámbito de la planeación del transporte, los SIG forman parte de diversos modelos de análisis en transporte, pues en ellos se necesitan redes que representan una estructura de datos organizadas por nodo y segmentos (enlaces), donde los nodos simbolizan las intersecciones y los segmentos los caminos. De acuerdo con el Instituto Mexicano del Transporte (Garcia & Backhoff, 1992), una ventaja del SIG para el transporte es que es una herramienta integradora de información procedente de fuentes distintas (documentales, de campo, registros automatizados, imágenes satelitales, entre otras.) y posibilita su correlación integrando información del transporte con otra de carácter urbano que también

puede estar asociada con la población, la economía, el medio ambiente, la cultura, entre otros aspectos presentes en la ciudad.

La figura 13 muestra como el SIG representa un modelo espacial mediante la interacción de diversas capas de información.

Figura 13 Superposición de capas de información



Fuente: Francisco Alonso Sarría, "Sistemas de Información Geográfica", Universidad de Murcia, 2013, tomada de (Sarría, 2013)

Para el análisis de la interacción de oferta y demanda de este proyecto, esta herramienta tiene un uso importante pues al manejar estructuras de datos capaces de asociarse a una fuente geográfica, posibilita el análisis de distintas relaciones espaciales entre los elementos del transporte y la ciudad; ayudando a comprender el comportamiento de estos en un entorno.

3.6 Conclusiones del Capítulo 3

Los modelos son una forma abstracta de comprender la realidad del entorno; en la planeación del transporte público urbano juegan un papel importante para identificar las características de los viajes y las elecciones de los usuarios según su conveniencia.

Es claro que la estructura del modelo tiene su base en la identificación de viajes de acuerdo con las características, espaciales, socioeconómicas y a la accesibilidad de elementos físicos para realizar el viaje. Es aquí donde los usos de suelo juegan un papel muy importante para la producción y atracción de viajes.

La distribución de viajes puede estar dada por parámetros de tiempo, distancia y especialización de la zona; por ejemplo, las zonas habitacionales pueden ser productoras de viajes y los atractores son aquellos en las que se guarda relación con el trabajo, estudio, recreación y salud. Por tal motivo, existe una relación importante entre los usos de suelo urbanos, la estructura urbana y el transporte público.

Los modelos asociados en la teoría de la interacción espacial han sido los más usados, ya que explican de mejor manera los flujos de viajes respecto a la localización de sitios de trabajo, estudio y servicios con respecto a la distribución de la población.

En términos de datos abiertos, México presenta un avance importante en el contexto nacional, sin embargo, se debe considerar la importancia de la publicación de datos relacionados al transporte público y la movilidad urbana estatales y locales alineados a la elaboración de diagnósticos enfocados a descubrir las necesidades de las entidades y la población, que debe ejercer su derecho a la movilidad y acceso al espacio urbano de la ciudad.

Por otro lado se identificó que el municipio de Nezahualcóyotl no cuenta con un portal de datos abiertos relacionado con el tema movilidad urbana; sin embargo cuenta con un espacio en la web oficial denominado transparencia donde hay datos relacionados al bando municipal y a los instrumentos de planeación urbana, en los cuales se pueden tener algunos datos de movilidad generales; lo cual implica que para solicitar información de movilidad es importante hacer una solicitud al instituto de información del Estado de México (INFOEM) o bien a buscar datos de otras fuentes alternativas.

Uno de los compromisos por parte de las autoridades debe enfocarse a la generación de datos abiertos con la finalidad de lograr el objetivo de empoderamiento de la ciudadanía para tomar decisiones y tener una participación ciudadana fundamentada en el conocimiento de los que ocurre en su comunidad de acuerdo con el enfoque de la Política de Datos Abiertos.

Considerando que los datos abiertos también son relevantes en el análisis de la comparativa de los resultados que se obtendrán del ejercicio de demanda de este proyecto y que ayudará a tener parámetros relacionados a oferta y demanda del transporte público; para lo cual se han buscado fuentes relacionadas a datos de movilidad y estadísticas socioeconómicas o bien en planes de movilidad urbana sostenible o incluso fuentes no oficiales.

Las fuentes y herramientas que se utilizan para generar un análisis de la movilidad también están basadas en la obtención de datos abiertos, los cuales buscan ser una fuente importante para la interpretación de lo que ocurre en diferentes ámbitos del desarrollo urbano; propiciando una mejor toma de decisiones en distintos ámbitos, por ello se consideran un insumo fundamental en el estudio de la movilidad urbana.

4 Caracterización de la oferta y demanda del sistema de transporte público urbano en Nezahualcóyotl.

El presente apartado muestra la caracterización del sistema de transporte público del municipio de Nezahualcóyotl a partir de la obtención de datos abiertos provenientes de fuentes oficiales y observaciones directas en la zona de estudio.

Para la elaboración de este trabajo se usan algunas herramientas técnicas de la planeación, como son los sistemas de información geográfica vinculados al análisis de la interacción espacial, los modelos de transporte y fuentes para la recopilación de datos abiertos.

Se hace una descripción de la situación actual del municipio con recopilación de datos abiertos, procesamiento estadístico e interpretación; con el objetivo de obtener una visión general de los elementos que conforman el análisis del transporte público y la movilidad general del municipio para posterior hacer un diagnóstico particular en el corredor Av. Chimalhuacán tomando como guía la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, la cual describe los elementos a analizar para establecer un diagnóstico de oferta y la demanda potencial (población a usar el transporte público) del servicio de transporte público urbano, identificar posibles patrones de viajes y una matriz de distribución de viajes con la cual se identifiquen mediante vectores de viaje mapeados.

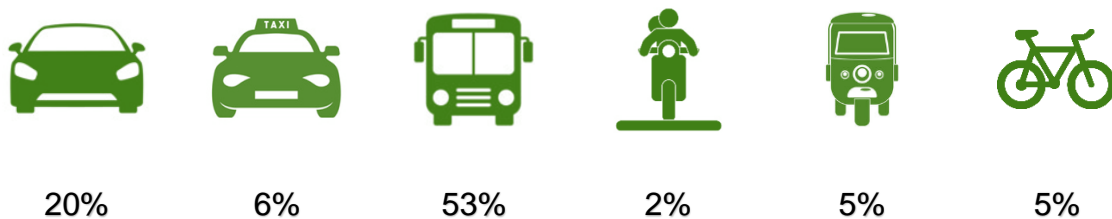
4.1 Panorama general de la movilidad en el municipio.

Se ha considerado importante hacer un reconocimiento general del comportamiento de la movilidad en el municipio para entender los elementos que influyen en el análisis del transporte público los cuales parten desde la dinámica de movilidad de la población, los modos de transporte utilizados por la población viajera, las características de las unidades de transporte público, la red vial por donde circulan los servicios de transporte entre otros.

Uno de los análisis que se considera de importancia para el diagnóstico de movilidad del municipio es la encuesta origen- destino del INEGI 2017; la cual a pesar de que

ya tiene varios años, es la única referencia de datos abiertos que se tiene para tener un panorama del comportamiento de viajes poblacionales y la identificación de los modos de transporte usados por la población viajera. Nezahualcóyotl es uno de los municipios más poblados de la Zona Metropolitana del Valle de México con 1.07 millones de habitantes, según datos de la encuesta 2017, este municipio genera 1.06 millones de traslados que representan el 2.8% de los viajes hacia la CMDX desde la Zona Metropolitana del Valle de México; los modos de transporte mayormente usados son, en primer lugar, el transporte público urbano con el 52% y, en segundo lugar, el auto particular con el 20%.

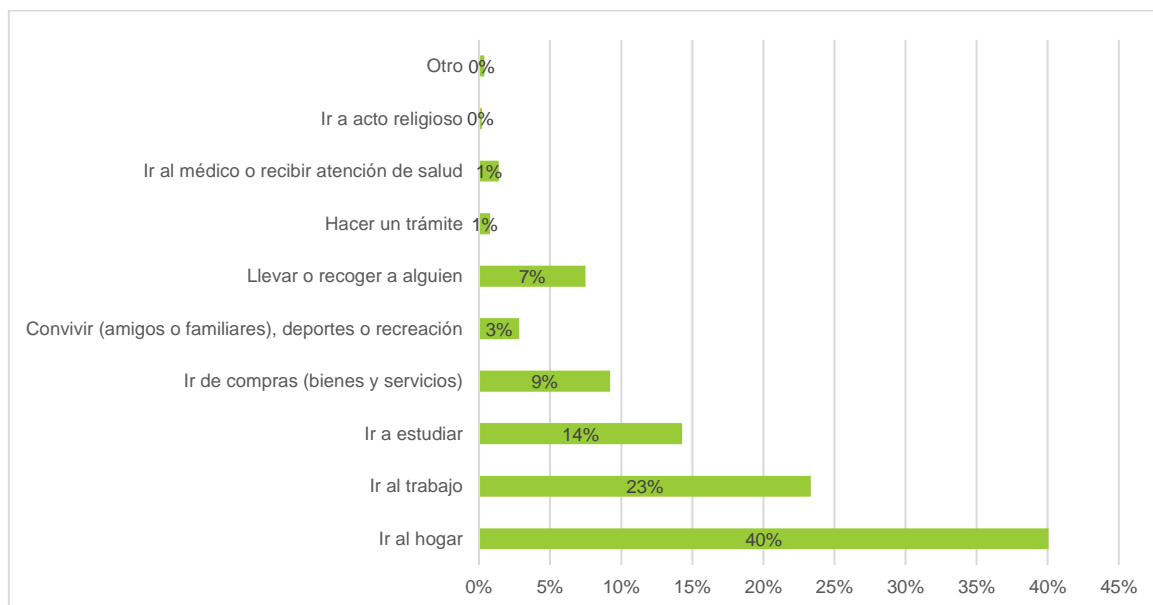
Figura 14 Distribución modal de viajes realizados en el municipio de Nezahualcóyotl



Fuente: Elaboración Propia, con base en la Encuesta Origen – Destino en Hogares INEGI-2017.

Los motivos de viaje son diversos, no obstante, trabajo y estudio son los más comunes entre la población que viaja de modo cotidiano después del motivo regreso al hogar. De acuerdo a la encuesta de OD-17 de (INEGI, 2017) la distribución porcentual de viajes es el 23% por motivos trabajo y 14% motivos de estudio, siendo estos dos los predominantes, además de ir al hogar, de acuerdo a la Figura 15.

Figura 15 Distribución por motivos de viaje para Nezahualcóyotl



Fuente: Con base en la Encuesta Origen – Destino en Hogares INEGI-2017.

Datos recientes del Censo de Población y Vivienda 2020 (Cuestionario Ampliado), permiten observar que la movilidad cotidiana está dada principalmente por las variables de estudio y trabajo donde la población que se desplaza por estos motivos en el municipio es el 92.7%.

Tabla 5 Movilidad cotidiana en el municipio de Nezahualcóyotl.

Motivo	Población total de la variable	Población que viaja	Modo o medio de traslado al lugar de trabajo ¹					
			Caminando	Bicicleta	Camión, autobús, combi, colectivo o taxi	Vehículo particular	Otro	No especificado
Estudio	266 413	259 177	145,476	5,169	87,182	35,809	35,605	168
Trabajo	470 978	424 686	113,374	15,201	213,269	98,991	143,502	860
Total	737 391	683 863	258 850	20 370	300 451	134 800	179 107	1 028
Porcentaje por modo de transporte			38%	3%	44%	20%	26%	0.2%

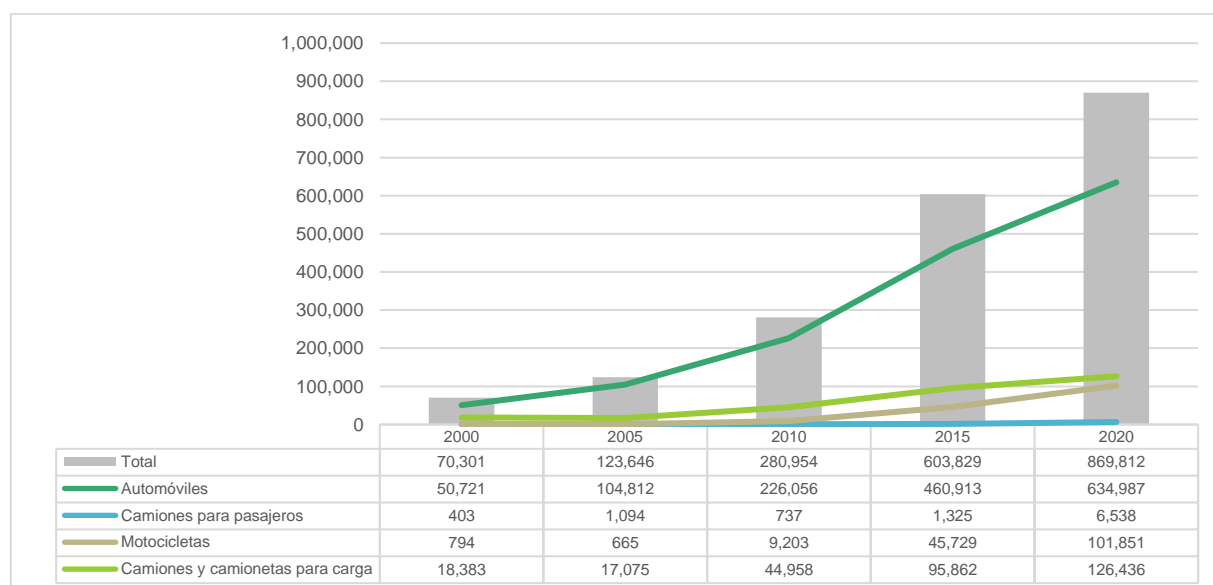
Fuente: Elaboración Propia, con base en Cuestionario Ampliado del Censo de Población y Vivienda 2020.

Para la población que viaja por motivos cotidianos en el municipio de análisis, el modo de transporte público predomina con 44%, seguido de la caminata con 38% y el vehículo particular con 20% de acuerdo con la Tabla 5. Estos datos conservan una proporción con el uso de los modos de transporte reportados en la encuesta

origen destino del 2017, donde muestra relevancia el transporte público de acuerdo con la Figura 14.

Por otro lado, el parque vehicular registrado en el municipio en los últimos 20 años refleja una tendencia de crecimiento exponencial, principalmente de los vehículos particulares como automóviles y las motocicletas que en la última década han crecido más del doble; éste es un fenómeno que se observa en todo el país donde el incremento vehicular es mayor, incluso que el crecimiento poblacional ya que durante varias décadas en México se interpretó al incremento de los flujos vehiculares como un signo de la modernidad y progreso (Islas R. V., Moctezuma, Hernández, Zaragoza, & Ruvalcaba, 2011). La figura 16 muestra el incremento del parque vehicular para el municipio de Nezahualcóyotl en los últimos años según datos recopilados del INEGI en varios periodos.

Figura 16 Parque vehicular registrado en el municipio de Nezahualcóyotl



Fuente: Elaboración Propia, con base en Conjunto de datos: Vehículos de motor registrados en circulación INEGI.

Es de destacar el aumento de los vehículos de tipo privado como el automóvil y la motocicleta, pero también es importante señalar que el transporte de pasajeros en el último quinquenio ha tenido un crecimiento importante, pasando de tan solo 1,325 unidades a 6,538, lo cual refleja un crecimiento de casi el 400%, y aunque parece

un crecimiento relevante, este modo de transporte solo representa menos del 1% con respecto al total de vehículos registrados en el municipio para el año 2020.

Por otro lado, la tendencia de crecimiento de la población del municipio de acuerdo con el INEGI en el periodo del año 2015 al 2020, registra un aumento con una tasa de crecimiento positiva de 0.7%.

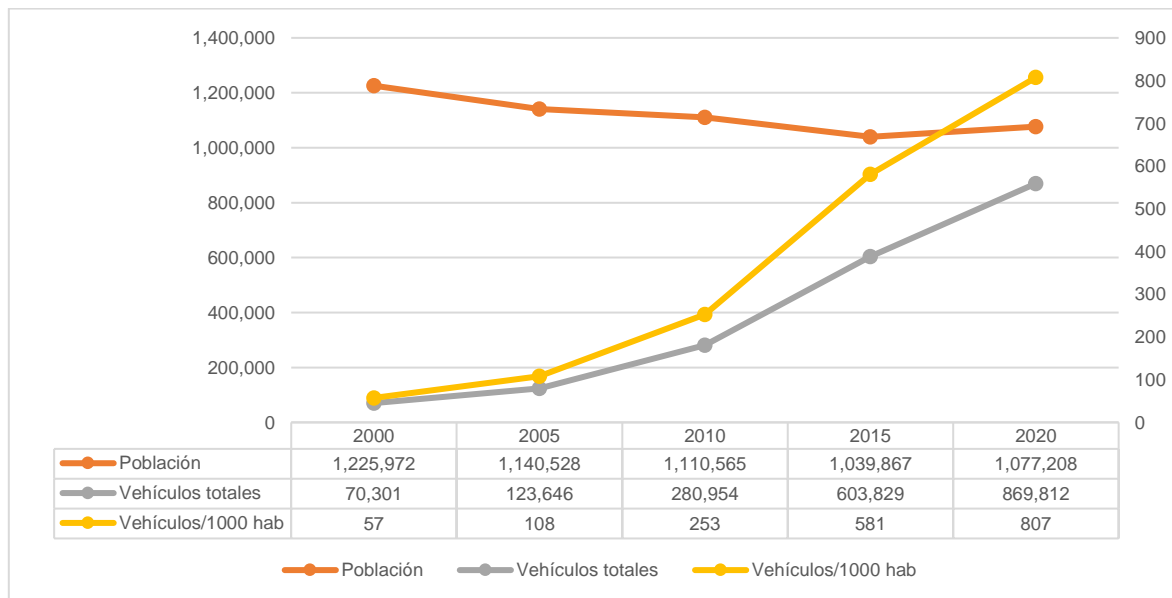
Tabla 6 Tasa de crecimiento poblacional de Nezahualcóyotl.

Género	2000	2005	2010	2015	2020
Hombres	595,585	553,113	536,943	497,348	519,922
Mujeres	630,387	587,415	573,622	542,519	557,286
Total	1,225,972	1,140,528	1,110,565	1,039,867	1,077,208
Tasa de Crecimiento		-1.4%	-0.5%	-1.3%	0.7%

Fuente: Elaboración propia con datos de los Censos de Población y Vivienda, INEGI: 2000, 2010, 2020; Censo 2005; y Encuesta Intercensal 2015

Este crecimiento ha mostrado una recuperación con respecto a los quinquenios anteriores, en donde incluso se aprecia un descenso demográfico, sin embargo, al observar la relación de vehículos registrados con respecto a la población se tiene lo siguiente.

Figura 17 Relación del crecimiento del parque vehicular registrado y población



Fuente: Elaboración propia con datos de los Censos de Población y Vivienda, INEGI: 2000, 2010, 2020; Conteo 2005; y Encuesta Intercensal 2015 y Conjunto de datos: Vehículos de motor registrados en circulación INEGI.

El análisis de las estadísticas refleja que el crecimiento vehicular en el municipio tiene una magnitud importante, incluso mayor que el mismo crecimiento poblacional, mientras que en el año 2000 se tenía un total de 57 vehículos por cada mil habitantes, para el año 2020 se presenta un alza de hasta 807 vehículos por cada mil habitantes en el municipio; esto indica un crecimiento exponencial del parque vehicular que presenta una cifra alarmante para los indicadores de contaminación ambiental y la saturación de la infraestructura vial urbana.

Importante de destacar es que, a pesar del crecimiento del parque vehicular principalmente para los vehículos privados, el modo de transporte de mayor uso para los viajes cotidianos es el transporte público urbano con un 44% de acuerdo a los datos de movilidad cotidiana del INEGI 2020 Tabla 5 y este modo de transporte apenas representa el 1% del total de vehículos registrados en el municipio; además de que se puede interpretar con las estadísticas anteriores que tan solo para 300 mil personas que usan el transporte público urbano (Tabla 5) y que viajan por motivos cotidianos de escuela y trabajo, la tasa vehicular es de 22 vehículos de transporte público por cada mil habitantes.

En materia de infraestructura vial de acuerdo con el (H. Ayuntamiento de Nezahualcóyotl, 2023) y la Red Nacional de Caminos del INEGI, en el municipio existen 1,478.17 kilómetros de vialidades distribuidas por tipo regional, primarias, secundarias y complementarias, de las cuales las principales características de cada grupo son:

Vías regionales: las cuales se clasifican así por que permiten la integración con otros municipios del Estado de México y la Ciudad de México; siendo alrededor de 16 vialidades con una longitud de 74.56 kilómetros.

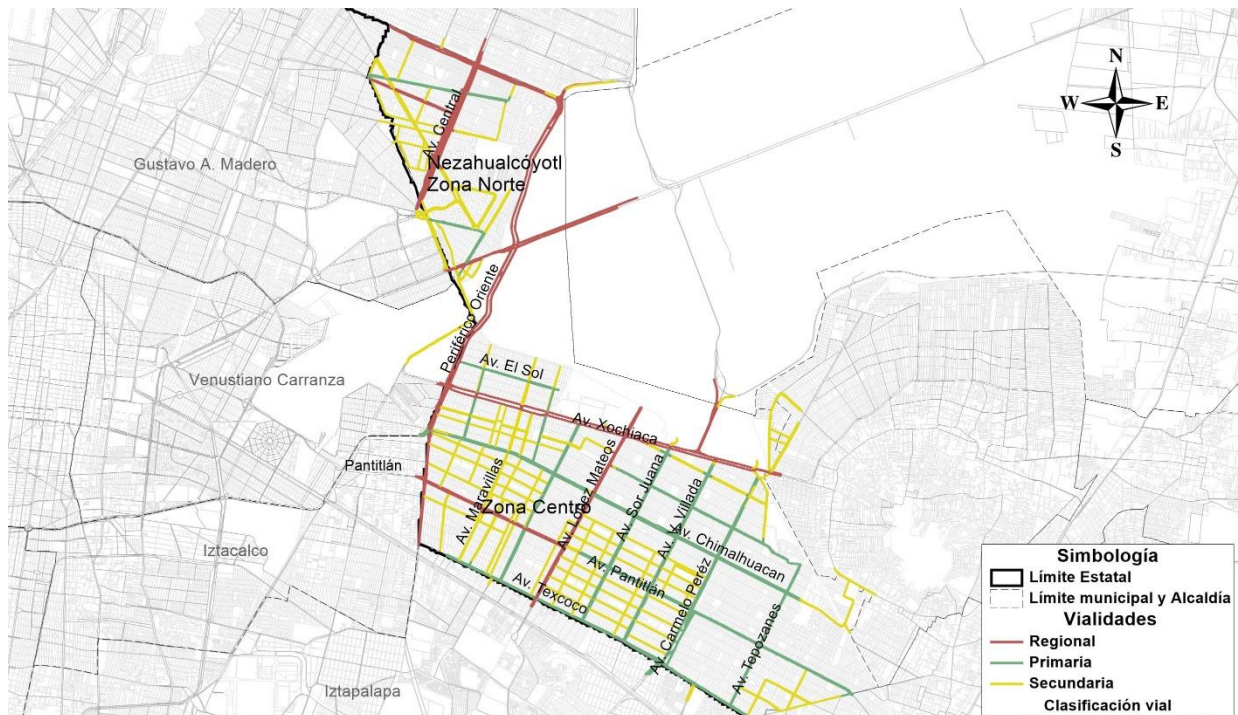
Vías primarias: Que son aquellas que se consideran de alta capacidad y que permiten el flujo del tránsito continuo entre distintas áreas del municipio y representan 127.66 kilómetros.

Vías secundarias: Son vialidades que conectan con vías primarias, no presentan un flujo vehicular continuo, éstas corresponden a 117.30 kilómetros.

Vías complementarias: Funcionan como ejes locales colectores vehiculares y peatonales que alimentan los flujos hacia las vías secundarias o primarias y éstas tienen una longitud de 1158.65 kilómetros en el municipio.

En la figura 18 e imágenes ilustran las vialidades del municipio de acuerdo con la clasificación anterior. Cabe destacar que para mayor detalle o visualización de mapas se pueden consultar en el anexo 7.2 Figuras.

Figura 18 Estructura vial del Municipio de Nezahualcóyotl



Fuente: Elaboración propia con datos de los Censos de Población y Vivienda, INEGI: 2020 y Red Nacional de Caminos (RNC) 2020 INEGI.

De acuerdo con inspecciones visuales en la zona de estudio, se tiene que las vialidades primarias se presentan con secciones amplias y camellones centrales, en ellas el tránsito es mixto, es decir, el transporte público urbano comparte espacio con el resto de los vehículos, incluso en las vías donde se localiza el carril exclusivo de Mexibús.

Figura 19 ejemplo de vialidades primarias en el municipio de Nezahualcóyotl



Sección de Av, Chimalhuacán sentido oriente - poniente



Sección de Av, Rayito de Sol (4ta Avenida) sentido oriente - poniente

Fuente: Elaboración propia con base en inspección visual en sitio.

Como se observa en las imágenes anteriores, las vialidades primarias tienen una sección de dos a tres carriles mixtos y en algunos casos existen carriles de transporte público exclusivo o ciclovías.

Por otro lado, las vías locales presentan circulación de un carril por sentido y el tránsito, en ellas suele ser diverso, la imagen anterior muestra ejemplo de la sección vial para las avenidas clasificadas como secundarias.

Figura 20 ejemplo de vialidades secundarias en el municipio de Nezahualcóyotl.



Sección de Av. Madrugada oriente - poniente



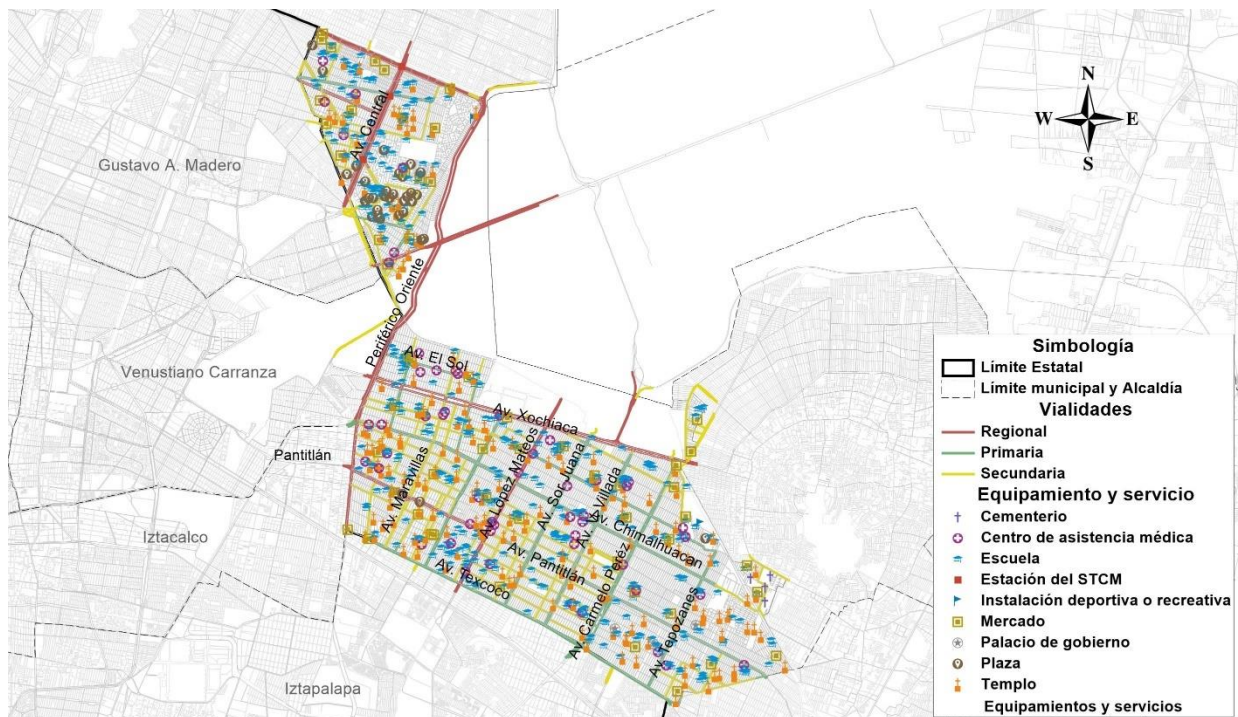
Sección de Av, Cama de Piedra sentido poniente- oriente

Fuente: Elaboración propia con base en inspección visual en sitio y Google Earth.

Este tipo de vialidades secundarias tienen su relevancia para la movilidad en viajes cortos o locales, o bien en conexiones a las vías primarias; además en este tipo de

vías se localizan los equipamientos urbanos básicos como mercados, escuelas, templos y centros de asistencia médica; la estructura urbana del municipio ha permitido que los equipamientos básicos se encuentren agrupados en puntos estratégicos como se aprecia en la siguiente imagen.

Figura 21 Equipamientos y servicio



Fuente: Elaboración propia con datos de los Censos de Población y Vivienda, INEGI: 2020 y Red Nacional de Caminos (RNC) 2020 INEGI.

La localización de estos equipamientos y servicios permite que las personas también puedan desplazarse mediante la caminata, bicicleta o alternativas como mototaxi, y refleja la combinación de funciones urbanas y económicas que motivan los desplazamientos dentro y fuera del municipio.

4.2 Identificación del servicio de transporte en el municipio

En este apartado se analiza la variable de oferta del sistema de transporte, la cual consiste en identificar los servicios de transporte, su cobertura, tipo de vehículos, capacidad y tarifas. Es importante destacar que para el análisis de este inciso se

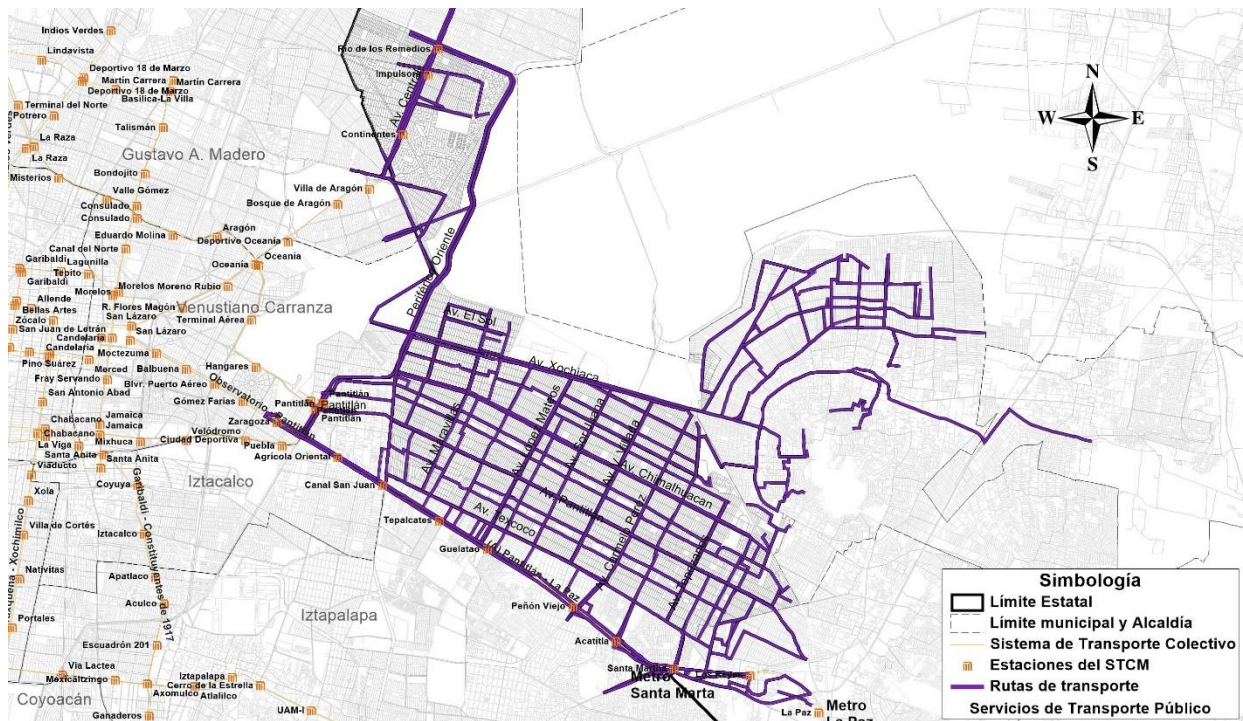
consideró información de inspección visual, estudios anteriores de movilidad en el municipio, así como datos del sistema de consulta en microdatos del INEGI 2020.

Los servicios de transporte público del municipio son ofertados principalmente por transporte colectivo en el esquema hombre-camión, es decir, personas que cuentan con unidades de transporte propias administradas y muchas veces operadas por ellos mismos.

De acuerdo con el Plan de Desarrollo Municipal 2022-2024, el registro de unidades de transporte que se señalan en el padrón de transporte público que actualmente opera en el municipio es de 13,675 unidades, de las cuales 6,282 son colectivos de ruta tipo vagoneta, 4,312 para transporte de pasajeros tipo microbús y autobús, 2,985 son taxis y 96 se dividen entre unidades de carga, transporte escolar, servicios mixtos y turismo. (H. Ayuntamiento de Nezahualcóyotl, 2023).

Estas unidades de transporte son operadas por aproximadamente 22 de empresas, las cuales manejan aproximadamente 93 derroteros, que en su mayoría conectan con alguna estación del Sistema de Transporte Colectivo Metro (STCM) cercana, como se observa en la Figura 22 donde las rutas de circulación norte sur conectan con estaciones de la línea A del STCM la cual se localiza en Calzada Ignacio Zaragoza, de oriente a poniente las rutas circulan hacia la estación Pantitlán siendo este uno de los paraderos de mayor importancia pues en el confluyen las líneas 1,5,9 y A del metro, mientras que en la zona norte se conectan hacia la línea B del metro.

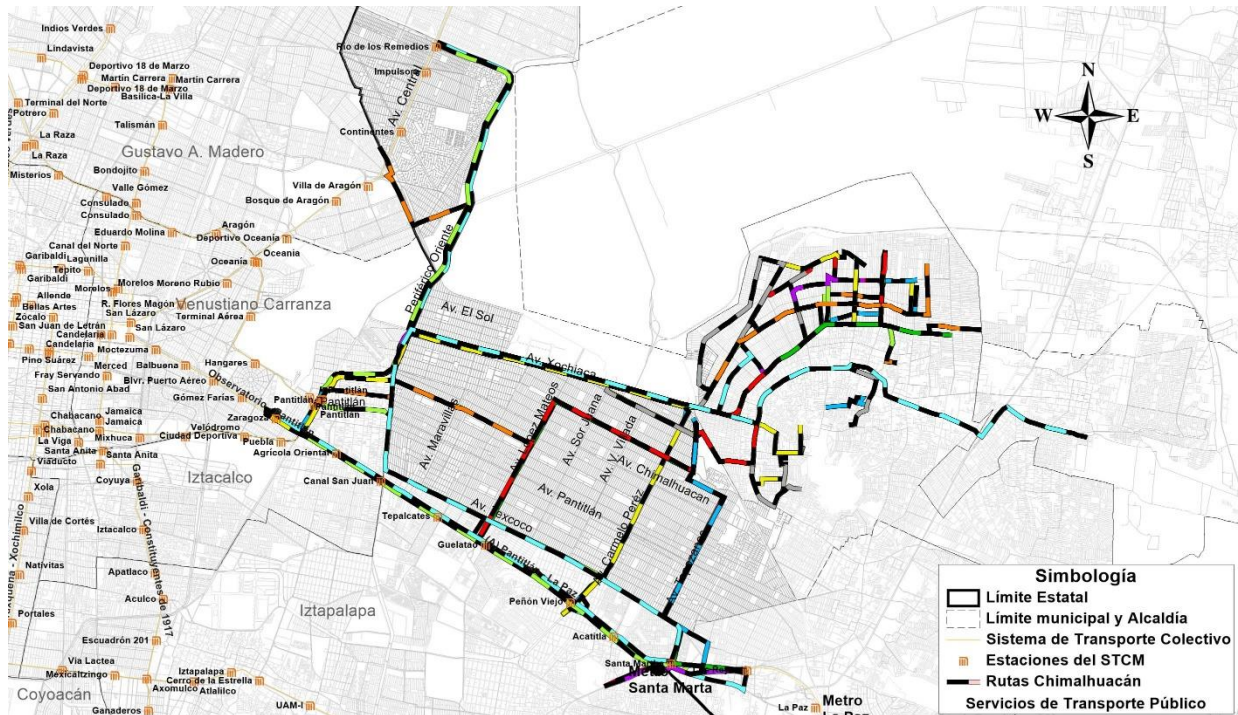
Figura 22 Sistema de Rutas del Municipio de Nezahualcóyotl



Fuente: Elaboración Propia, con Información de wwviadf.mx y www.fonadin.gob.mx.

Los servicios de transporte en Nezahualcóyotl tienen una cobertura local y una intermunicipal, esto es porque algunos de los servicios de transporte del municipio de Chimalhuacán conectan por vialidades primarias del municipio de Nezahualcóyotl para llegar al Sistema Metro de la Ciudad de México.

Figura 23 Rutas de Chimalhuacán que cruzan por Nezahualcóyotl



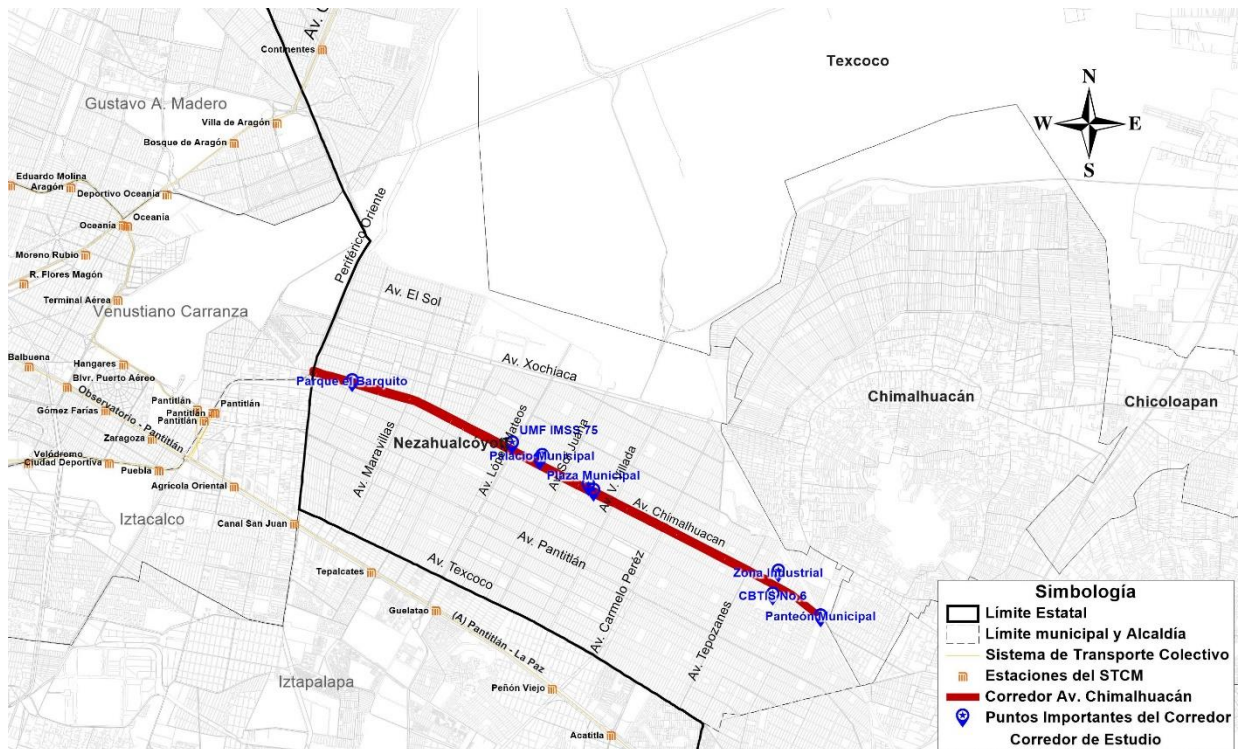
Fuente: Elaboración Propia, con Información de www.viadf.mx y www.fonadin.gob.mx

A pesar de que estos servicios son parte del municipio vecino también corresponde a una oferta de transporte para Nezahualcóyotl; sobre todo en avenidas como Xochiaca, Carmelo Pérez, Adolfo López Mateos y Texcoco; uno de los servicios que mayor relevancia tiene es el de Mexibús L3 el cual tiene una ruta desde la colonia de Acutlapilco hasta Metro Pantitlán.

4.3 Análisis de la oferta y demanda en el corredor de estudio

El presente apartado se centra en generar un análisis con datos abiertos para el corredor de Av. Chimalhuacán; este corredor se considera importante ya que atraviesa el municipio de oriente a poniente con una longitud de 9.7 kilómetros desde la colonia San Agustín Atlapulco en el límite con el municipio de Chimalhuacán hasta la colonia Estado de México al límite con CDMX en el poniente.

Figura 24 Corredor Av. Chimalhuacán



Fuente: Elaboración Propia.

A lo largo del corredor existen diversos equipamientos y servicios de importancia municipal, lo cual justifica su relevancia para la generación y producción de viajes; algunos de éstos se ubican en la zona industrial de Izcalli, el Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No. 6, Centro Cultural "El Castillito", Centro Cultural Municipal Dr. Jaime Torres Bodet, El Ayuntamiento de Nezahualcóyotl, Explanada Palacio Municipal, Cd. Nezahualcóyotl y la Clínica 75 IMSS Estado de México; además es una vía de conexión a la estación Pantitlán del Sistema Metro de la CDMX. En los siguientes numerales se describe la caracterización de oferta y demanda del transporte público con datos abiertos para el corredor de análisis.

4.3.1 Caracterización de oferta

Como ya anteriormente se ha señalado que el concepto de oferta es la cantidad de bienes o servicios que un productor ofrece; en el transporte público esta caracterización está dada por el número de rutas o servicios que se ofrecen en una

red vial y por ello con datos abiertos se plantea la operacionalización de variables definida en el apartado de operacionalización de variables.

Tabla 7 Operacionalización de variables de oferta

Variable	Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Fuente
Oferta del sistema de transporte	Consiste en identificar los servicios y la operación de éstos, para diagnosticar la oferta de transporte en la zona.	Cobertura espacial del servicio de transporte en la zona	Cobertura de los servicios	https://viadf.mx
			Longitud	SIG, Google Maps
		Operación actual del sistema de transporte en la zona de estudio	Tipo de vehículos	Inspección visual en campo
			Antigüedad	Padrón vehicular (Documental), INEGI
			Capacidad	Inspección visual en campo
			Tiempo recorrido	Inspección visual en campo, Google Maps, fuentes documentales
Tarifas	Documental (DOF, https://smovilidad.edomex.gob.mx/tarifas_autorizadas)			

Fuente: Elaboración Propia.

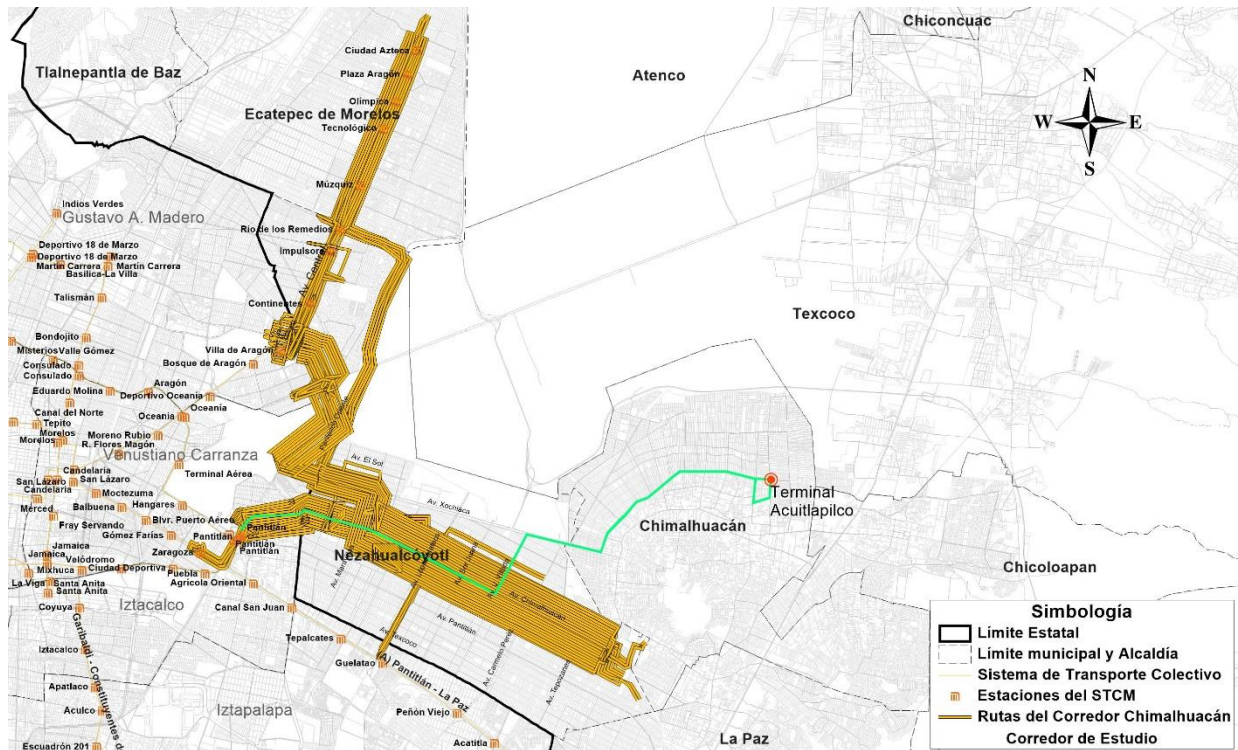
Uno de los principales elementos que se busca caracterizar en la oferta del transporte público urbano, son las rutas, su cobertura y algunos elementos de su operación.

4.3.1.1 Rutas de transporte y la cobertura espacial del servicio

De acuerdo con la información recopilada mediante fuentes de datos de como moovitapp.com y viadf.mx se obtuvieron los recorridos de las rutas de transporte que circulan por el corredor. Es importante destacar que esta información se solicitó por portal de transparencia en www.saimex.org.mx y directamente en las oficinas administrativas de la Delegación Regional de la Secretaría de Movilidad Zona IV Nezahualcóyotl, y la respuesta para obtener esta información no se ha logrado obtener en tiempo y forma, situación que conlleva a buscar fuentes alternativas para

contar con información; de esta forma se identifican 25 derroteros de transporte público urbano convencional y cuatro servicios de rutas en carril de Mexibús, las cuales se identifican en la imagen siguiente; éstas en conjunto representan 859.06 km de servicios de transporte en el corredor.

Figura 25 Rutas del Corredor Av. Chimalhuacán



Fuente: Elaboración Propia, con información recopilada de moovitapp.com y viadf.mx.

Estos servicios de transporte del corredor sirven como punto de conexión entre el municipio y el Sistema de Transporte Colectivo Metro de la Ciudad de México, principalmente en las estaciones de Guelatao, Pantitlán, Zaragoza, Villas de Aragón además en la estación terminal Ciudad Azteca donde también se logra conectar con el Mexibús Línea 1; este tipo de conectividad refleja la constante interacción de la movilidad que tiene la zona metropolitana con el centro de la CDMX.

La traza ortogonal del municipio permite una cobertura de servicio del transporte público amplia, y para el corredor de análisis red de rutas da servicio a un radio de caminata de 400 m de caminata del usuario, pudiendo servir a ambos lados del corredor.

4.3.1.2 Operación del sistema de transporte

Para la operación general del sistema de transporte público del corredor se han identificado como variables básicas el tipo de vehículos con los que se presta el servicio de transporte público, la tarifa cobrada al usuario y el tiempo de recorrido del viaje en el corredor.

Tipo de vehículos para el servicio de transporte público urbano.

La operación del servicio de transporte público del corredor está dada por una diversidad de unidades de transporte como las de baja, mediana y alta capacidad; los servicios de transporte público convencionales son ofertados por unidades tipo van, las cuales presentan una capacidad de entre 16 y 18 pasajeros; microbuses de 34 pasajeros, autobuses de 60 pasajeros y unidades de alta capacidad exclusivas para la ruta de Mexibús de 100 a 160 pasajeros. Las imágenes siguientes muestran un ejemplo del tipo de unidades que circulan en el corredor de análisis.

Figura 26 Unidades de transporte que ofertan el servicio en el municipio de Nezahualcóyotl





Fuente: Elaboración propia con inspección visual.

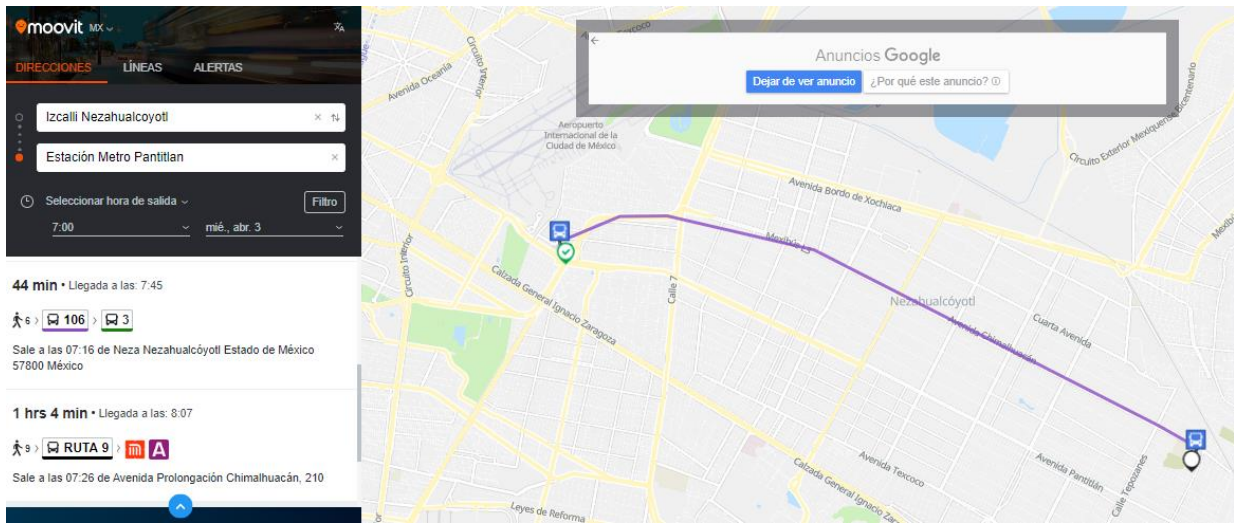
Las imágenes anteriores dan muestra de la diversidad de unidades de transporte que circulan por el municipio de Nezahualcóyotl, siendo estas de distintas capacidades y antigüedades; cada una de ellas corresponde a empresas distintas y en algunos casos con recorridos similares generando competencia entre ellas.

Tiempo de recorrido del servicio de transporte público urbano.

La velocidad y el tiempo de recorrido de los servicios de transporte en el corredor es uno de los elementos esenciales para determinar el nivel de servicio desde el punto de vista del usuario, ya que la percepción de este elemento determina si utilizar un corredor de transporte o bien optar por otras alternativas.

Para la determinación de una velocidad de operación promedio registrada para el servicio de transporte en el corredor de estudio se ha identificado la plataforma de Movit, la cual ofrece un parámetro de tiempo del recorrido de las rutas de transporte del corredor de análisis y el cual se tiene que el tiempo de recorrido en el corredor es de aproximadamente 1 hora con cuatro minutos desde el origen hasta el destino en el metro Pantitlán, considerando que esta longitud es de 12 kilómetros la velocidad de operación del transporte público es de 11.3 km/h.

Figura 27 Tiempo de recorrido para el corredor de estudio



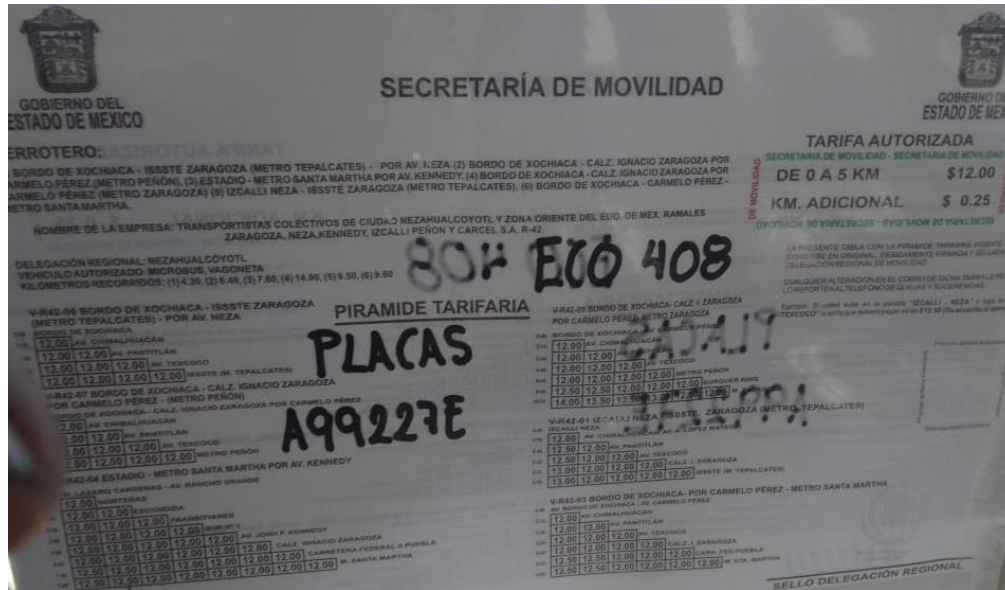
Fuente: Información de moovitapp.com.

Es de relevancia señalar que esta plataforma genera un tiempo estandarizado de las rutas de transporte independiente al tipo de vehículo que puede recorrer la ruta.

Tarifa del servicio de transporte público urbano.

La tarifa de operación del sistema de transporte para el municipio se reporta en \$12.00 pesos por los primeros cinco Km. y \$0.25 el Km adicional, siendo la máxima de hasta \$15.00 pesos para el municipio de acuerdo con la Secretaría de Movilidad del Estado de México.

Figura 28 Ejemplo de pirámide tarifaria para transporte público en Nezahualcóyotl



Fuente: Elaboración Propia, con Información de inspección visual.

La imagen Figura 28 muestra un ejemplo de la pirámide tarifaria para la ruta 42 de transporte público colectivo del corredor de análisis.

Una vez presentados los elementos básicos de la oferta de transporte público urbano del municipio se tiene como resumen de resultados principales del diagnóstico según las variables establecidas en la operacionalización.

Tabla 8 Resultados de operacionalización de variables de oferta

Variable	Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Valor de la variable
Oferta del sistema de transporte	Consiste en identificar los servicios y la operación de los mismos, para diagnosticar la oferta de transporte en la zona.	Cobertura espacial del servicio de transporte en la zona.	Cobertura de los servicios	25 rutas de transporte
			Longitud	859.06 km
		Operación actual del sistema de transporte en la zona de estudio.	Tipo de vehiculos	Van/ Microbús/ Autobús/ Buses Articulados
			Capacidad	16pax/18pax/34pax/ 60 Pax

Variable	Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Valor de la variable
			Tiempo de recorrido	40 min a 1 hora
			Tarifas	12 a 15 pesos

Fuente: *Elaboración Propia.*

Es importante señalar que, a partir de los resultados observados sobre la oferta de transporte público del corredor, la cantidad de rutas de transporte público presenta una sobreoferta, la cual está ligada a una saturación del tránsito en la vialidad, además existe una competencia directa con el tramo del corredor BRT que corresponde a Mexibús L3.

4.3.2 Caracterización de la demanda

Como se ha señalado en otros apartados de esta investigación, para la interpretación y obtención de la demanda para el transporte público urbano es importante establecer ciertos supuestos basados en las características demográficas, económicas, urbanísticas y de uso de suelo (principales actividades en la ciudad) (Molinero & Sánchez, 2002); para que posterior a ello sea posible interpretar los flujos de viajes.

Por lo tanto, para la caracterización de la demanda se ha realizado un análisis de las siguientes variables señaladas en el inciso de operacionalización de variables.

Tabla 9 Operacionalización de variables de demanda

Variable	Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Fuente
Población potencial al uso de transporte público	Usuarios potenciales del sistema de transporte en un radio de influencia asociado a la caminata máxima para acceder a la	Localización espacial, de la población que puede acceder al servicio de transporte	Población total	Sistema de Consulta de Información Censal INEGI (SCINCE 2020)

Variable	Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Fuente
	parada. “En zonas urbanas es recomendable distancias entre 300 y 500 metros” (Moliner & Sánchez, 2002, pág. 120)	Población que paga una tarifa por el servicio de transporte	Población > 5 años de y más	Sistema de Consulta de Información Censal INEGI (SCINCE 2020)
		Usuarios que por motivo trabajo pueden hacer uso del sistema de transporte	Población económicamente activa ocupada	Sistema de Consulta de Información Censal INEGI (SCINCE 2020)
		Población que usa el sistema de transporte que no cuenta con vehículo	Viviendas con auto	Sistema de Consulta de Información Censal INEGI (SCINCE 2020)
Patrones de movilidad urbana	Identificación de atractores de viajes y la accesibilidad vial y de transporte.	Localización espacial de los elementos que sean potenciales de atracción de viajes de la zona	Usos del suelo	Plan de Desarrollo Urbano Municipal, DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas), SINCE INEGI
			Equipamientos urbanos	Plan de Desarrollo Urbano Municipal, DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas).
			Sitios de empleo	
Flujo de Viajes	Número de los viajes de externos e internos del municipio por tipo de transporte urbano.	Volumen de viajes de acuerdo con las características	Viajes internos Viajes externos	INEGI- Encuesta EOD-17, estudios documentales Diversa

Fuente: Elaboración Propia.

Para el análisis de las variables socioeconómicas relacionadas al corredor y las cuales sirven para la aplicación del modelo de demanda, se considera un radio de caminata de 500 metros hacia ambos lados del corredor, esta área entonces representa el espacio de servicio del sistema de transporte público del corredor, siendo la unidad de medida el tiempo o la distancia recorrida a pie y que resulta

transporte del corredor está para el total de la población queda claro que cada usuario tiene variables asociadas a sus preferencias en modo de transporte, o bien a los motivos de viaje; por ello se han identificado algunas de las variables que permiten explicar elementos importantes asociados a los viajes de la población y con ello es posible estimar la demanda potencial a usar el transporte público del corredor.

Una de las variables que ayuda a interpretar la movilidad en modos de transporte distintos al auto particular es el número de viviendas con vehículos la cual ayuda a identificar a usuarios potenciales de transporte público, ya que quienes reportan tener un vehículo particular no necesariamente serán quienes utilicen transporte público; de aquí que se observó para el corredor que el 66% de las viviendas no cuentan con vehículo particular para transportarse, cifra que corresponde a 42,920 de 65,293 viviendas con influencia al corredor; las cuales asociadas a una ocupación promedio de 3.5 habitantes por vivienda se tiene que alrededor de 148,130 personas posiblemente se trasladarán en transporte público u otro medio de transporte distinto al automóvil particular, de acuerdo a la Tabla 10.

Tabla 10 Variables de la población potencial del corredor de análisis en radio de accesibilidad

Población Total	PEAO	Total, de Viviendas	Viviendas con Auto	Viviendas sin Auto	Ocupantes promedio por vivienda
233,708	118,235	65,293	22,373	42,920	3.5

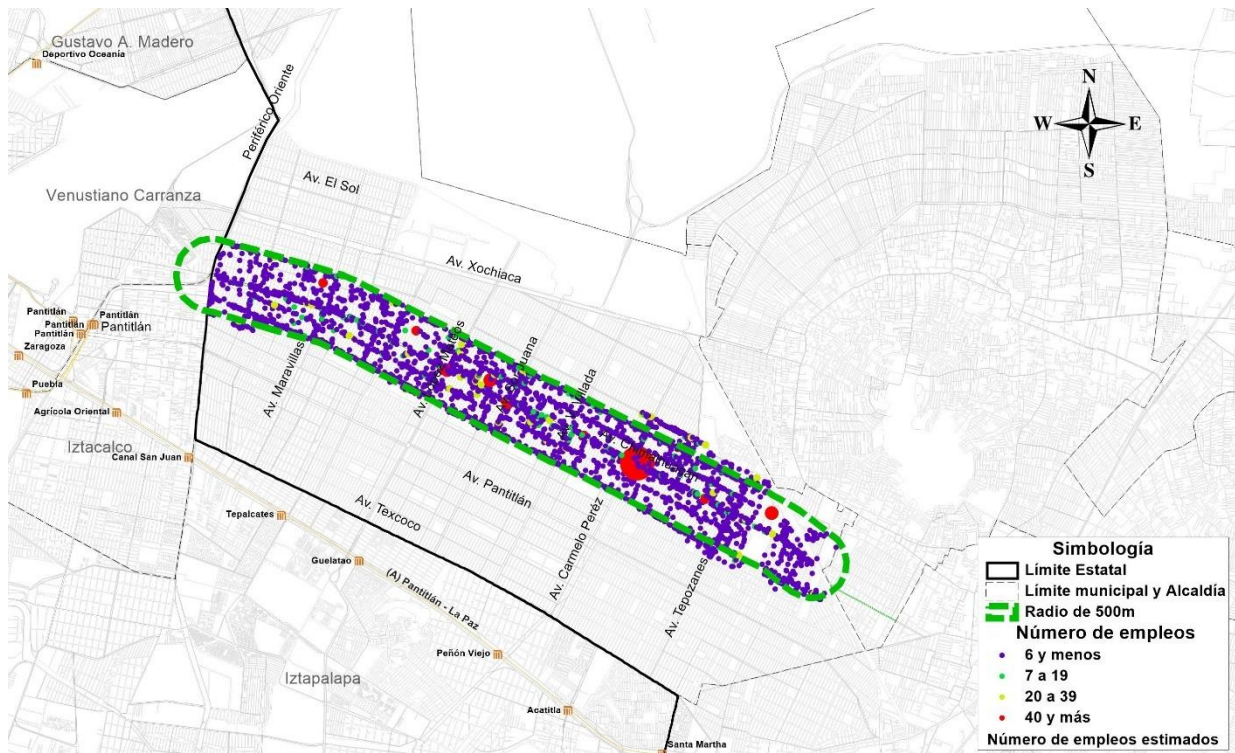
Fuente: Elaboración Propia, con datos de SCINCE INEGI 2020, Actualización del Plan de Desarrollo Urbano Municipal 2023.

Una de las variables de gran importancia es el motivo de viaje y ésta se puede identificar con respecto a la población económicamente ocupada, la cual se estableció con relación al radio de cobertura en 118,235 personas que tienen acceso al corredor para viajar por motivo de trabajo.

4.3.2.2 Identificación de sitios para la definición de patrones de movilidad urbana

Otra de las variables que permiten hacer la interpretación de los viajes son aquellas que están relacionadas con los sitios atractores de viajes para el motivo trabajo (el cual se analiza en este ejercicio), para tal efecto, se ha buscado del directorio de unidades económicas DENUE los sitios de localización de empleos en el municipio; éstos al igual que la estadística poblacional, se ha asociado a la localización de manzanas; el resultado de esta variable se traduce en la identificación de 2,918 unidades económicas que se distribuyen de acuerdo a la imagen siguiente.

Figura 30 Número de empleos por unidad económica en la zona de influencia 500m al corredor



Fuente: Elaboración Propia.

Un elemento adicional que ayuda a la determinación de los patrones de viajes son los equipamientos y servicios, así como los usos de suelo, ya que tratándose de equipamientos, servicios o áreas industriales se presentan como atractores de viajes, considerando para este ejercicio sitios de concentración de puntos de

mayor desagregación (manzana); sin embargo, de aquí se podrán obtener algunos indicadores para la realización del modelo de demanda de viajes. Para la identificación de este rubro se tienen aquellos viajeros que se desplazan dentro o fuera del municipio principalmente por motivo de trabajo, donde porcentualmente se tiene lo siguiente.

Tabla 11 Movilidad cotidiana interna y externa al municipio

Motivo por movilidad cotidiana	Población que viaja	En el mismo municipio	En otro municipio de la misma entidad	En otra entidad o país	No especificado
Estudio	259 177	69.0%	2.9%	26.4%	1.8%
Trabajo	424 686	51.0%	5.9%	42.5%	0.6%
Total	683 863	57.8%	4.8%	36.4%	1.0%

Fuente: *Elaboración Propia, con datos de SCINCE INEGI 2020, Movilidad Cotidiana*
<https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Microdatos>.

De acuerdo con lo reportado en la tabla superior, se tiene que de la población que viaja por motivos cotidianos en relación con el estudio y trabajo, el 57.8% lo hace dentro del mismo municipio, mientras que el 36.4% se dirige hacia otra entidad, principalmente a la CDMX.

4.4 Modelo de transporte

En la planeación del transporte público urbano cada vez es más importante la aplicación de estrategias que ayuden a identificar cómo se representa la oferta y demanda en el espacio urbano enfocada a la movilidad en este modo de transporte, por ello los modelos de transporte buscan representar de manera simplificada la interacción de la demanda y la oferta, donde la primera se refiere principalmente a la población que usa los medios de transporte, mientras que la oferta se refiere a cómo se presenta el servicio en la red vial (Barreno, Cabrera, & Millones, 2008). Los modelos de transporte, por lo tanto, deben ser capaces de representar la conducta de los usuarios de transporte dentro de la dinámica espacial, permitiendo entender la situación y necesidades de mejora en el sistema.

Los modelos clásicos para la planeación del transporte se encuentran basados en el modelo de cuatro etapas, donde cada una busca representar la dinámica de los

viajes a partir de una base de límites geográficos que interactúan entre sí y es llamada zonificación; la cual permite determinar la generación de viajes basados en los datos socioeconómicos y de uso de suelo, de tal modo que se tenga un valor de producción y atracción posible de viajes. Posterior a ello, es posible distribuir los viajes entre zonas determinadas por los factores de tiempo y costo entre ellas; es decir, cuanto tiempo se gasta entre las zonas A y B. La etapa que determina a los usuarios que utilizan tal o cual sistema de transporte por zona se refiere a la partición modal, que determina para este caso los usuarios de transporte público o los de vehículo particular; la etapa final asocia los viajes obtenidos a una red vial asociada a los caminos que llevan a los viajeros a su destino final. (Ortúzar, 2000)

La realización de la zonificación del corredor se ha determinado a partir de límites viales, los usos de suelo y la obtención de datos censales, de acuerdo con la estadística se ha obtenido a nivel de manzana; algunos autores recomiendan considerar otros elementos como la compatibilidad con las divisiones censales, ya que la estadística poblacional es un criterio fundamental para el análisis, la zona debe concentrar la mayor relevancia de las actividades similares en un centroide siendo homogéneas en cuanto a población y uso de suelo; la definición de zonas debe ser compatible con los límites viales (Ortúzar, 2000). La siguiente imagen muestra los límites marcados para cada zona del corredor de acuerdo con el radio de accesibilidad determinado en el apartado anterior.

Figura 32 Zonificación del corredor de análisis



Fuente: Elaboración Propia

La zonificación de análisis considera 30 polígonos definidos a partir de los límites viales, naturales y las características generales de los usos de suelo; para ello un criterio importante de destacar es la consideración de zonas que de acuerdo con las características de la movilidad cotidiana del municipio, presentada en la Tabla 11, representarán los viajes a otra entidad, en otro municipio de la misma entidad y aquellos que son intermunicipales pero fuera del límite de la zonificación definida; éstas se describen de la siguiente manera:

- Zona 28: En ésta se incorporan los viajes que se hacen en otras entidades distintas al Estado de México.
- Zona 29: Viajes dentro del mismo municipio, pero que no necesariamente hacen parte del origen o destino de la zonificación de accesibilidad del corredor de análisis.
- Zona 30: Representa los viajes que salen de la zona de accesibilidad del corredor y tienen como destino otros municipios del Estado de México.

Una vez determinada la zonificación se presenta la elaboración del modelo de transporte basado en tres de las cuatro etapas, ya que el alcance de este estudio

no considera llegar a la asignación de viajes en una red de transporte, pues para ello requeriría el uso de algún software especializado en modelos de transporte, y lo que busca este trabajo es identificar el análisis de datos abiertos para la interpretación de la demanda para un corredor a partir de un radio de accesibilidad.

4.4.1 Generación de viajes

Como ya se ha mencionado en este trabajo, el objetivo de esta etapa es crucial para identificar la movilidad de la población en un espacio en el cual interactúan las personas con el entorno urbano. Esta etapa del modelo busca predecir el número de viajes que se generan o atraen en cada una de las zonas definidas para el corredor analizado, mediante el uso de variables socioeconómicas y su relación con el espacio urbano, de acuerdo con (Barreno, Cabrera, & Millones, 2008) estos modelos se basan en supuestos como:

Patrones de usos de suelo: que se definen de acuerdo con la diversidad de los usos de suelo determinados por zonas de análisis, estos usos implican características en los viajes como los originados en el hogar, para lo cual los usos residenciales juegan un papel importante en la generación de viajes, mientras que por motivos de viaje los usos de tipo industrial, educacional, comercio o de servicios juegan como atractores.

Características socioeconómicas: ayudan a identificar quienes viajan y por medio de ellas se pueden predecir los motivos principales, por ejemplo, población que trabaja, que estudia, edad, género, entre otras.

Estas variables son el elemento básico para entender la interacción espacial entre los distintos elementos del espacio urbano y, por tanto, pueden ser usadas en el modelo de generación de viajes convirtiéndose en una herramienta sencilla para la planeación estratégica del transporte. Este modelo busca identificar mediante datos censales y de uso de suelo, los factores que motivan a la población a viajar de una zona a otra o regresar de cualquier otra a su zona de origen, interpretando este

fenómeno como producción y atracción de viaje y, por lo tanto, esto da lugar al modelo de generación de viajes (Islas, Rivera, & Torres, 2002).

De acuerdo con Islas, Rivera, y Torres (2002) para este tipo de modelo existen dos enfoques de construcción; el primero, se basa en relacionar los viajes generados en una zona mediante variables estadísticas referentes a las mismas, a éstos se les conoce como modelos agregados; mientras que el segundo enfoque consiste en relacionar los viajes generados en los domicilios de acuerdo con las características de los mismos; es decir, buscando una relación de los viajes de acuerdo a las características de los habitantes o las viviendas a este se le conoce como modelo agregado. Aunque para ambos es importante tener en consideración variables explicativas de lo que motiva a hacer viajes, uno suele ser mayormente información general del área, mientras el otro requiere más información detallada.

Para la elaboración de este modelo de generación se ha definido un enfoque agregado buscando variables que puedan explicar los viajes generados en las zonas del corredor de análisis de acuerdo con el motivo trabajo, el cual es el motivo de mayor relevancia según la encuesta de OD-17 y los resultados de movilidad cotidiana del SCINCE-2020, mientras que para la atracción se ha determinado la variable de empleo de acuerdo a cada zona de análisis de acuerdo al número de empleos obtenidos del DENUE; por ello se han elegido desde el banco de datos abiertos del INEGI las siguientes variables explicativas para la producción y atracción:

Producción de viajes: Población económicamente ocupada PEAO, obtenida del Censo de Población y Vivienda 2020, INEGI, a nivel de manzana. Esta variable se ha elegido mediante el supuesto que garantiza los viajes por motivos trabajo por cada una de las zonas del corredor.

Atracción de viajes: Número de empleos, de acuerdo con los sitios de trabajo del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2023 (DENUE), INEGI. Es importante señalar que esta variable no es numérica dentro de los estadísticos, sino

por rangos, en cada uno de ellos se ha considerado el promedio simple de cada unidad para definir un número de empleos; como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12 Promedio definido para empleos en escala del DENUE-INEGI

<i>Rango de empleos de DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2023)</i>	<i>Promedio estimado para conteo de empleos</i>
0 a 5	3
6 a 10	8
11 a 30	21
31 a 50	41
51 a 100	76
101 a 250	176
251 y más	250

Fuente: Elaboración Propia, con información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2023 (DENUE), INEGI.

Para identificar la significancia de las variables utilizadas en el modelo de generación de viajes, se propone elaborar un modelo de regresión múltiple que busca identificar la correlación de una muestra de viajes (con una encuesta previa) con las variables explicativas las cuales en este caso son PEAO y Empleos. Este tipo de modelos es consistente con una solución de mínimos cuadrados pudiendo interpolar resultados dentro de un rango de datos con el menor error posible (Ortúzar, 2000). Para este ejercicio se buscó la representatividad de los viajes de los distritos EOD-17 INEGI que corresponden al municipio de Nezahualcóyotl, aplicándoles la tasa de crecimiento municipal para el año 2020, esto para guardar una coherencia con las variables de PEAO y Empleos de cada zona; la finalidad de este ejercicio es identificar la correlación que existe entre las variables socioeconómicas elegidas con el parámetro de viajes de la encuesta; y una vez con ello aplicar el siguiente modelo matemático:

Ecuación 5: Representación simplificada de regresión lineal.

$$Y = \alpha * x$$

Donde:

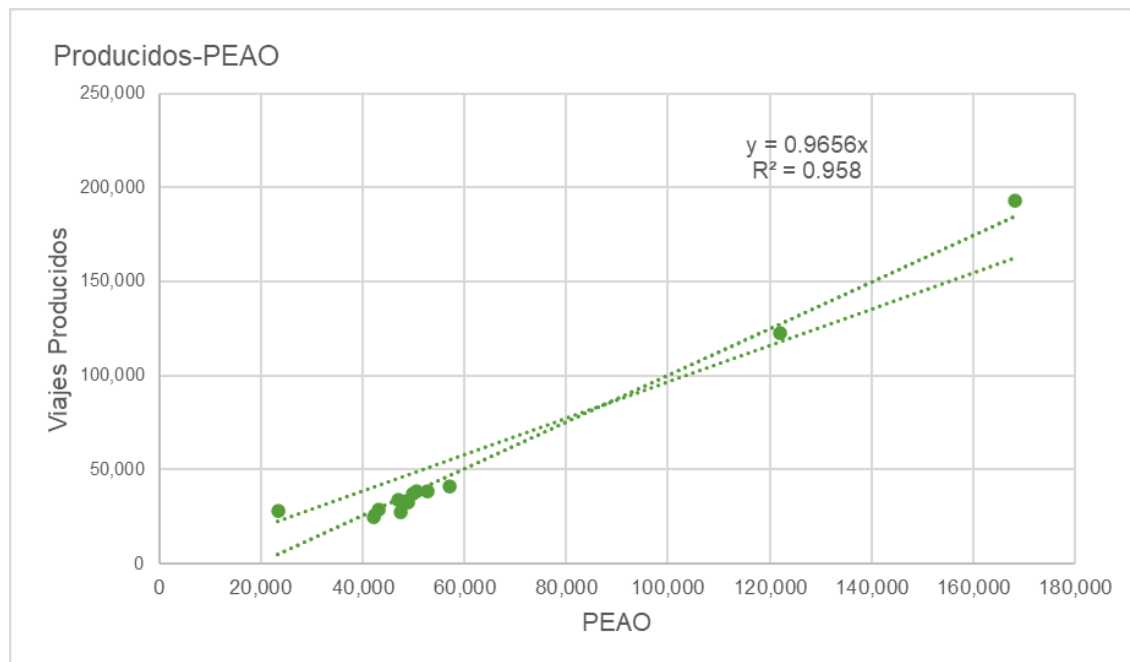
Y = valor del viaje producido o atraído de la zonificación de estudio

α = Variable de referencia para producción y atracción de cada zona (PEAO producción y Empleos atracción)

x = Factor de producción y atracción obtenido de la regresión lineal

Para el ejercicio se hace una correlación de viajes EOD-17 con las variables explicativas las cuales para este caso de estudio se han considerado población económicamente ocupada (PEAO) y número de empleos; con ello se obtienen dos factores de referencia que servirán para dar valor de viajes de las variables explicativas señaladas anteriormente (PEAO y Empleos).

Figura 33 Resultados de la representatividad de producción viajes vs variable explicativa PEAO.



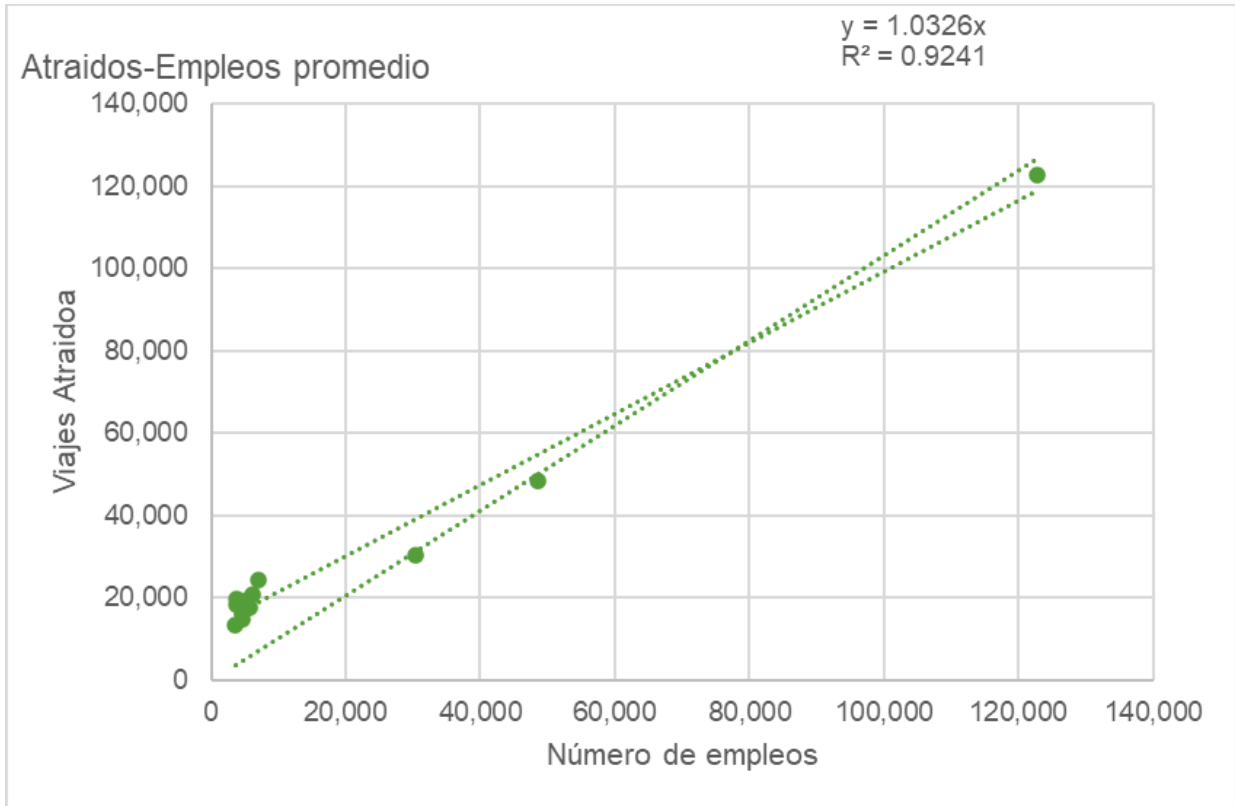
Fuente: Elaboración Propia.

En la correlación de viajes producidos por motivo trabajo en la zona de estudio vs Población económicamente ocupada por distrito de la encuesta EOD-17, se tiene una R^2 de 0.958 lo cual muestra un parámetro adecuado de relación entre viajes y variable explicativa; para lo cual se puede usar el resultado de la ecuación para representar el valor de los viajes producidos para cada zona.

Para el caso de los viajes atraídos por motivo trabajo en la zona de estudio en su correlación con la variable de número de empleos por distrito de la encuesta EOD-

17, se obtiene un valor de R^2 de 0.9241 lo cual representa un valor entre las variables aceptable y el valor que se dará a la variable explicativa es de 1.03226.

Figura 34 Resultados de la representatividad de atracción de viajes vs variable explicativa número de empleos.



Fuente: Elaboración Propia

En ambas figuras, se observa que la correlación es muy cercana de acuerdo al resultado del R^2 , esto indica que los datos estadísticos por zona se ajustan a la comparación de los viajes producidos y atraídos, este resultado también se debe a que la encuesta ha sido expandida con variables socioeconómicas de la misma fuente INEGI; es relevante señalar que los modelos de ajuste tienen ordenada cero y los datos reales la tienen negativa; sin embargo, el modelo presentado mientras valores positivos debido a que se busca un valor de viaje que no puede presentar como negativo y por ello se busca el valor de y ; además los datos reales no incluyen valores cercanos a cero para la variable independiente (PEAO).

Entonces con este análisis podemos decir que la regresión lineal es una técnica de análisis de datos que nos aporta el valor de viajes desconocidos mediante el uso de un factor de la relación de un dato conocido; por ello este ejercicio puede ayudar a mejorar la planificación del transporte público; el modelo de generación y producción de viajes a partir de las variables explicativas se obtiene con la siguiente expresión:

Producción

$$Y = 0.9656 * x$$

Atracción

$$Y = 1.0326 * x$$

Una vez determinado el valor de factor de relación se aplica a las variables explicativas de cada zona, obteniendo el valor de los viajes producidos y atraídos de cada zona, como se aprecia en la tabla inferior.

Tabla 13 Viajes producidos y atraídos para cada zona del corredor de análisis

Zonas y variables				$Y = \alpha * x$	
Zona	Nombre	PEAO (x)	Empleos estimados (x)	Producidos 0.9656	Atraídos 1.0326
1	Ejidos de San Agustín	1,275	75	1,231	77
2	San Agustín	3,494	314	3,374	324
3	Los Cuyos	357	6	345	6
4	Israel	1,378	45	1,331	46
5	Izcalli	1,378	113	1,331	117
6	Industrial Izcalli	45	210	43	217
7	San Agustín Atlapulco	955	81	922	84
8	Esperanza 1	2,894	347	2,794	358
9	Esperanza 2	2,646	249	2,555	257
10	Esperanza 3	7,016	746	6,775	770
11	Esperanza 4	6,648	449	6,419	464
12	Benito Juárez 1	5,959	855	5,754	883
13	Benito Juárez 2	4,469	268	4,315	277
14	Benito Juárez 3	5,721	563	5,524	581
15	Benito Juárez 4	5,856	456	5,655	471
16	Benito Juárez 5	6,279	566	6,063	584
17	Benito Juárez 6	5,206	1,064	5,027	1,099
18	Benito Juárez 7	5,786	322	5,587	332
19	Evolución	6,633	612	6,405	632
20	Ampliación Vicente Villada	6,022	407	5,815	420
21	Pirules	6,375	654	6,156	675

Zonas y variables				$Y = \alpha * x^{\beta}$	
Zona	Nombre	PEAO (x)	Empleos estimados (x)	Producidos 0.9656	Atraídos 1.0326
22	Agua Azul	7,233	455	6,984	470
23	Tamaulipas Oriente	6,476	486	6,253	502
24	Estado de México 1	4,907	378	4,738	390
25	Estado de México 2	5,814	647	5,614	668
26	Maravillas 1	3,471	159	3,352	164
27	Maravillas 2	3,942	257	3,806	265
Total, de viajes estimados				114,168	11,136

Fuente: Elaboración Propia

Del resultado obtenido de la aplicación del modelo se tiene que, los viajes que se producen en la zonificación relacionada al radio de accesibilidad al corredor ascienden a 114,168 viajes, mientras que se atraen 11,136 viajes. Es importante destacar que, el tratamiento de las zonas 28, 29 y 30, que corresponden a los viajes Otra entidad, Otro Municipio de la misma entidad y en el mismo municipio, respectivamente, no presentan una comparativa directa y para ello, se ha utilizado como supuesto principal, porcentajes provenientes de la movilidad cotidiana del cuestionario ampliado del Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI, donde se señala lo siguiente:

Tabla 14 Porcentaje de distribución de la población que viaja por motivo principal de viaje

Motivo por movilidad cotidiana	En el mismo municipio	En otro municipio	En otra entidad o país
Estudio	69.0%	2.9%	26.4%
Trabajo	51.0%	5.9%	42.5%

Fuente: Elaboración Propia con datos de Cuestionario Ampliado del censo de población y vivienda 2020, INEGI.

Una vez identificado este porcentaje se aplicó directamente a la generación y atracción de viajes obtenidas en el ejercicio de cada zona externa al radio de accesibilidad.

Tabla 15 Viajes producidos y atraídos por zona externa al radio de accesibilidad

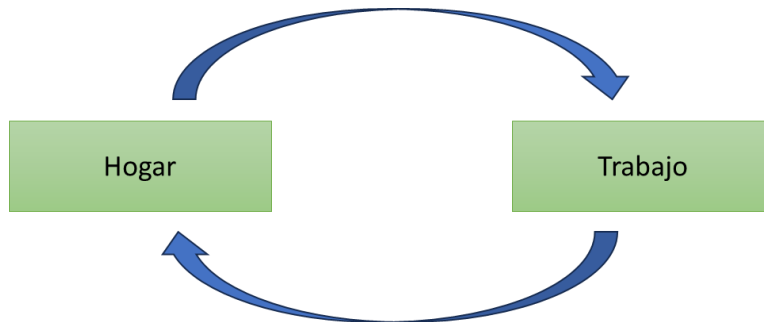
Zona	Nombre	Producidos	Atraídos
Total, por zona de accesibilidad		114,168	11,136
28	Otra entidad	48,554	4,736
29	Otro Municipio	6,727	656
30	En el mismo municipio	58,226	5,679

Fuente: Elaboración Propia.

Una de las condiciones que se deben cumplir en los viajes con motivo de trabajo es el regreso, es decir, los desplazamientos regulares que las personas realizan entre su lugar de residencia y su lugar de trabajo suponen un retorno al lugar de origen habitual por pernocta dentro de un mismo día y donde estadísticamente predominan los desplazamientos por motivos cotidianos como el trabajo, estudio y otros habituales (Casado, 2008). Esta característica en la literatura americana se ha denominado como *commuting* y entre los representantes destacan Monclús (1992), Camagni (2005), García (2010), Boix (2002), y Graizbord (2008), entre otros.

Para generar un movimiento pendular a los viajes, se considera un factor de ajuste relacionado con el origen de viaje y aplicándolo a la atracción de cada zona por el motivo regreso al hogar; tal como se expresa en el diagrama siguiente.

Figura 35 Diagrama de viajes pendulares



Fuente: Elaboración Propia.

El cálculo del factor de balanceo para interpretar esta movilidad pendular se estima desde los viajes generados de modo que se tiene lo siguiente:

$$\text{Factor de balanceo (FB)} = \text{Viajes producidos } P(i) / \text{Viajes atraídos } A(j)$$

Tabla 16 Factor de balanceo para representar viajes pendulares

Generación de viajes de las Zonas		
P(i)	A(j)	FB=P(i)/A(j)
114,168	11,136	10.3

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez aplicado el factor de balanceo a la tabla de producción y atracción de viajes obtenida, se presenta el resultado del ejercicio de generación de viajes para el

corredor de transporte de Av. Chimalhuacán con 114,168 viajes producidos y atraídos, de ellos 48,554 se dirigen hacia otra entidad predominantemente la CDMX, 6,727 van a otro municipio del Estado de México y 58,226 son internos del municipio.

Tabla 17 Resultado del modelo de generación de viajes por zona de análisis

Generación de viajes de las Zonas			
	Zona	P(i)	A(j)
1	Ejidos de San Agustín	1,231	794
2	San Agustín	3,374	3324
3	Los Cuyos	345	64
4	Israel	1,331	476
5	Izcalli	1,331	1196
6	Industrial Izcalli	43	2223
7	San Agustín Atlapulco	922	858
8	Esperanza 1	2,794	3674
9	Esperanza 2	2,555	2636
10	Esperanza 3	6,775	7898
11	Esperanza 4	6,419	4753
12	Benito Juárez 1	5,754	9052
13	Benito Juárez 2	4,315	2837
14	Benito Juárez 3	5,524	5960
15	Benito Juárez 4	5,655	4828
16	Benito Juárez 5	6,063	5992
17	Benito Juárez 6	5,027	11264
18	Benito Juárez 7	5,587	3409
19	Evolución	6,405	6479
20	Ampliación Vicente Villada	5,815	4309
21	Pirules	6,156	6924
22	Agua Azul	6,984	4817
23	Tamaulipas Oriente	6,253	5145
24	Estado de México 1	4,738	4002
25	Estado de México 2	5,614	6850
26	Maravillas 1	3,352	1683
27	Maravillas 2	3,806	2721
Total de Viajes		114,168	114,168

Fuente: *Elaboración Propia.*

Gráficamente es posible expresar esta producción y atracción de viajes con la Figura 36; las zonas de mayor población económicamente ocupada son donde se produce el mayor número de viajes.

Figura 36 Producción y Atracción de viajes por zona de análisis



Fuente: Elaboración Propia.

Éste es un método muy común en el análisis de la generación de viajes para los sistemas de transporte; la aplicación de una regresión lineal con la que se predice el número de viajes a partir de una variable socioeconómica asociada a una zonificación y buscando una correlación con una encuesta origen destino previa, y de ello se genera un factor de viajes por zona; sin embargo, aquellos sitios en los cuales no se tiene información de referencia o alguna encuesta origen-destino, se deben considerar los datos abiertos existentes y establecer supuestos sobre la información existente.

Para ello se presenta el siguiente ejercicio denominado factor de viajes, donde a partir de los resultados del cuestionario ampliado del censo de población y vivienda del INEGI, se definen grandes supuestos para determinar la movilidad del corredor de análisis a nivel de zona de acuerdo con lo siguiente:

- Considerar la variable PEAO para cada zona, ya que representa a la población que viaja por motivo de trabajo.
- Considerar para cada zona el factor porcentual de la población que viaja por motivo de trabajo.

- Se calcula el factor de balanceo para ajustar los viajes atraídos con respecto a los empleos promedio de cada zona.

Lo anterior, se aplica con la información presentada en la Tabla 18.

Tabla 18 Población que viaja por motivo de movilidad cotidiana en el municipio

Municipio Población del municipio	Motivo de viaje cotidiano	Población que trabaja	Población que viaja por trabajo	% de la población que viaja
1,077,208	Estudio	266 413	259 177	97%
	Trabajo	470 978	424 686	90%

Fuente: Elaboración Propia con datos de Cuestionario Ampliado del censo de población y vivienda 2020, INEGI.

De estos supuestos se obtiene el siguiente resultado del análisis de producción atracción, por zona de análisis.

Tabla 19 Resultado del modelo de generación de viajes por zona de análisis, bajo supuestos simples

Variables para la generación y producción de viajes por zona				% de la población que viaja 90%	$FB=P(i)/Empleos$ 9.886
Zona	Nombre	PEAO	Empleos Promedio	Producidos P(i)	Atraídos A(j)
1	Ejidos de San Agustín	1,275	75	1,150	741
2	San Agustín	3,494	314	3,151	3,104
3	Los Cuyos	357	6	322	59
4	Israel	1,378	45	1,243	445
5	Izcalli	1,378	113	1,243	1,117
6	Industrial Izcalli	45	210	41	2,076
7	San Agustín Atlapulco	955	81	861	801
8	Esperanza 1	2,894	347	2,610	3,431
9	Esperanza 2	2,646	249	2,386	2,462
10	Esperanza 3	7,016	746	6,326	7,375
11	Esperanza 4	6,648	449	5,995	4,439
12	Benito Juárez 1	5,959	855	5,373	8,453
13	Benito Juárez 2	4,469	268	4,030	2,650
14	Benito Juárez 3	5,721	563	5,159	5,566
15	Benito Juárez 4	5,856	456	5,280	4,508
16	Benito Juárez 5	6,279	566	5,662	5,596
17	Benito Juárez 6	5,206	1,064	4,694	10,519
18	Benito Juárez 7	5,786	322	5,217	3,183
19	Evolución	6,633	612	5,981	6,050
20	Ampliación Vicente Villada	6,022	407	5,430	4,024
21	Pirules	6,375	654	5,748	6,466
22	Agua Azul	7,233	455	6,522	4,498
23	Tamaulipas Oriente	6,476	486	5,839	4,805
24	Estado de México 1	4,907	378	4,425	3,737
25	Estado de México 2	5,814	647	5,243	6,396
26	Maravillas 1	3,471	159	3,130	1,572
27	Maravillas 2	3,942	257	3,555	2,541
Viajes generados				106,614	106,614

Fuente: Elaboración Propia con datos de Cuestionario Ampliado del censo de población y vivienda 2020, INEGI.

Puede observarse que, de este resultado obtenido de acuerdo con supuestos simples con información de datos abiertos, es cercano al resultado obtenido por la regresión lineal, donde apenas la diferencia es 7% entre ambos; por lo tanto, se

considera que ambos métodos pueden utilizarse para el ejercicio de generación de viajes por zonas.

Viajes estimados con modelo de regresión lineal	114,168
Viajes estimados con supuestos simples	106,614

Fuente: Elaboración Propia.

De este resultado se puede comentar que; un modelo de regresión línea tiene más precisión ya que incluye variables de correlación que ayudan a la predicción de viajes y en este caso la encuesta EOD-17 ha sido muy relevante ya que esta determina el comportamiento de las variables explicativas de cada zona; no obstante; sabemos que esta información de datos abiertos en México solo la podemos encontrar para la Zona Metropolitana del Valle de México.

La limitante de esta información abierta; nos lleva a generar supuestos simples con la información que se tiene sobre movilidad cotidiana del cuestionario ampliado; pero que también nos genera un resultado cercano al método lineal y es válido ya que se considera información oficial.

Para las etapas siguientes del modelo se utilizará el resultado de la regresión lineal ya que para este ejercicio expresa una mejor precisión por los datos que se consideran; con ello no quiere decir que se desacredita el resultado de los supuestos; ya que para las etapas siguientes se puede usar uno u otro.

4.4.2 División modal de los viajes

En esta etapa el objetivo es asignar una proporción de viajes de cada zona a algún modo de transporte determinado y con ello se obtiene una porción más pequeña de viajes asociada a cada modo de transporte entre zona de producción y atracción. Generalmente en este modelo se hace una relación de variables asociadas a las viviendas con auto; sin embargo para este ejercicio se ha utilizado como supuesto básico la partición modal establecida en la movilidad cotidiana reportada por el Censo de Población y Vivienda 2020 en su cuestionario ampliado de INEGI, donde de acuerdo a la Tabla 5 se especifica que 213,269 viajeros por motivo trabajo

utilizan algún medio de transporte público lo cual representa el 50.2% de la población que viaja por este motivo. En la Tabla 20 se puede observar la partición modal para los viajeros por trabajo.

Tabla 20 División modal de los viajes por motivo trabajo

Motivo	Población total de la variable	Población que viaja	Modo o medio de traslado al lugar de trabajo ¹					
			Caminando	Bicicleta	Camión, autobús, combi, colectivo o taxi ¹	Vehículo particular ²	Otro ³	No especificado
Trabajo	470 978	424 686	113,374	15,201	213,269	98,991	143,502	860
Porcentaje por modo de transporte			26.7%	3.6%	50.2%	23.3%	33.8%	0.2%

Fuente: Elaboración Propia, con base en Cuestionario Ampliado del Censo de Población y Vivienda 2020.

Para identificar de la producción atracción generada por zona asociada al modo de transporte público a esta se le aplico por zona el porcentaje correspondiente de viajeros en transporte colectivo. Dando como resultado una base de viajes por zona asociada a este modo de transporte de acuerdo con la Tabla 21.

Tabla 21 Viajes en transporte público por motivo trabajo

Generación de viajes por Zonas en TP		
Zona	P(i)	A(j)
1	618	399
2	1,694	1,669
3	173	32
4	668	239
5	668	601
6	22	1,116
7	463	431
8	1,403	1,845
9	1,283	1,324
10	3,402	3,966
11	3,224	2,387
12	2,890	4,546
13	2,167	1,425
14	2,774	2,993
15	2,840	2,424

¹ Incluye taxis de sitio, de la calle, del que se solicita a través de una aplicación móvil (App Internet) u otros.

² Incluye transporte escolar o empresarial, motocicleta, motoneta, automóvil o camioneta.

³ Incluye metro, tren ligero, tren suburbano, trolebús o metrobús, entre otros.

Generación de viajes por Zonas en TP		
Zona	P(i)	A(j)
16	3,045	3,009
17	2,524	5,657
18	2,806	1,712
19	3,216	3,254
20	2,920	2,164
21	3,091	3,477
22	3,507	2,419
23	3,140	2,584
24	2,379	2,010
25	2,819	3,440
26	1,683	845
27	1,911	1,366
Viajes totales	57,333	57,333

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez obtenida la generación de viajes en TP, podemos determinar que estos son los viajes potenciales del corredor y son los que probablemente por cobertura de rutas accederán al corredor Av. Chimalhuacán; sin embargo, es importante estimar mediante el modelo de distribución hacia donde se dirigen potencialmente.

4.4.3 Distribución de viajes

Para esta etapa del análisis del transporte se busca predecir la manera en que los viajes parten de una zona y se distribuyen entre otras zonas de atracción, interactuando en el territorio y representando una movilidad de origen – destino. Lo importante es conocer aquello que provoca que una porción de los viajes que son producidos en una zona origen se vaya a alguna zona destino (Islas, Rivera, & Torres, 2002).

Aunque existen diferentes motivos por los cuales la gente se dirige a una zona u otra como el tiempo, accesibilidad, costo, seguridad, entre otros, uno de los modelos mayormente usados para esta etapa de distribución de viajes, está basado en la afinidad con el principio gravitacional; en el cual el flujo de viajes entre dos zonas “i” → “j” es proporcional a la población origen, por la atracción (población, empleo, otro)

del sector origen “j” y disminuye con la distancia y el tiempo de viaje que los separa (Molinero & Sánchez, 2002).

Para este ejercicio se muestra la siguiente fórmula de distribución de viajes de las zonas del corredor de análisis.

Ecuación 6 Modelo de distribución de viajes

$$T_{ij} = \frac{P_i * A_j * F}{\sum_{i=1}^n P_i * A_j * F_{ij}}$$

Donde:

T_{ij} = número de viajes entre i y j

P_i = número de viajes producidos o generados en i

A_j = número de viajes atraídos por la zona j

F = dificultad o impedancia para unir las zonas i y j (puede ser la distancia, el tiempo de trayecto o los costos.)

Para la aplicación de este modelo es preciso contar con la producción y generación de viajes de cada zona y la definición de la variable de impedancia, la cual para este caso se ha considerado el tiempo de viaje entre zonas; estimado a partir de una matriz de distancias desde los centroides de cada zona la cual se puede observar en el anexo 7.1 Matriz de distancias, esta se ha construido desde la métrica euclidiana del espacio, la cual es representada en una línea recta entre dos puntos y para ello el cálculo se elaboró con apoyo de un sistema de información geográfica (Transcad) que mide la distancia de un centroide a otro hasta crear una matriz; posterior a ello se ha calculado el tiempo con la velocidad obtenida del apartado 0 4.3.1.2 Operación del sistema de transporte la cual corresponde a 11.3 km/h para el transporte público.

Entonces aplicando la fórmula de distribución cada valor de viajes producidos y atraídos de las zonas T_{ij} indica el flujo de viajes entre el par Origen i / Destino j. El sumatorio de los elementos de una fila i indica los viajes originados en la zona i y el

sumatorio de los elementos de una columna j indica el número de viajes que tienen como destino la zona j (Herrera, 2020)

Una vez obtenida la matriz de tiempos a esta se le calcula el flujo de los viajes con el valor obtenido de cada zona en la etapa de generación; donde el principio básico es que la cantidad de viajes entre dos zonas es directamente proporcional a la "masa" o el tamaño de las zonas involucradas, y en el contexto de transporte estas "masas" generalmente representan factores como la población, el empleo, o el atractivo en cada zona; y por lo tanto cuanto mayor es la "masa" de una zona, mayor es su capacidad para generar o atraer viajes; este modelo de distribución postula que el flujo de viajes entre dos zonas es mayor si las zonas tienen una alta "masa" (población, empleos, etc.) y menor si la distancia entre ellas es mayor; pues refleja cómo las personas tienden a viajar más hacia áreas cercanas o con mayores atractivos y oportunidades (Ortúzar, 2000).

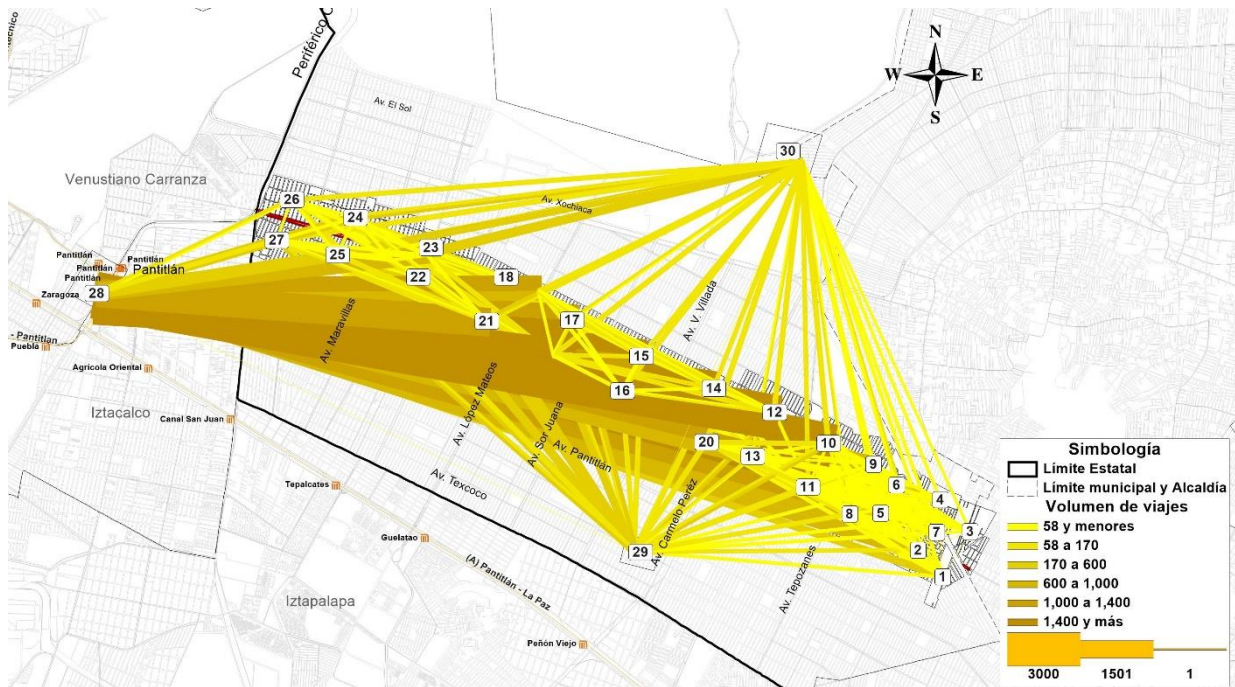
El resultado del ejercicio es la obtención de una matriz de viajes con pares origen destino distribuidos en las diferentes zonas de análisis estos se observan en la Tabla 22 cual es el resultado de este ejercicio. esta obtención de una matriz de viajes en transporte se considera una herramienta importante para la planificación del transporte por que con ella se obtienen los flujos de viajes de la población. Para este caso de estudio esta representa viajes en transporte público sin embargo esta también puede generarse para otros modos de transporte.

Tabla 22 Matriz de distribución de viajes para el corredor de análisis

	Zonas Destino																														Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	0	0	0	0	0	1	0	2	1	6	4	11	5	9	6	16	29	12	22	16	28	23	24	19	33	8	13	277	30	23	618
2	0	0	0	0	1	2	0	3	3	15	8	28	14	24	14	41	78	32	60	45	77	63	65	53	91	22	36	777	81	62	1,694
3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	3	1	3	2	4	8	3	6	5	8	6	7	5	9	2	4	78	8	7	173
4	0	1	0	0	0	0	0	2	1	5	3	10	5	10	6	16	31	12	24	17	31	25	26	21	36	9	14	308	30	26	668
5	0	1	0	0	0	0	0	1	1	4	2	9	5	9	5	16	29	12	23	17	30	25	26	21	36	9	14	316	31	24	668
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	10	1	1	22
7	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	2	8	4	7	4	11	21	9	17	12	21	17	18	14	25	6	10	212	22	18	463
8	1	3	0	0	0	1	1	0	2	8	3	17	9	16	8	31	58	25	47	36	63	53	55	45	78	19	31	679	65	48	1,403
9	1	3	0	0	1	1	1	2	0	5	4	14	8	15	8	28	54	23	44	33	58	49	50	41	71	18	29	623	54	47	1,283
10	4	13	0	2	3	5	3	9	4	0	8	23	18	33	15	67	130	57	111	84	152	130	133	112	193	48	78	1,713	137	118	3,402
11	3	11	0	2	3	6	3	6	6	13	0	28	18	28	12	65	120	55	104	81	143	123	126	106	182	45	73	1,616	146	101	3,224
12	5	18	0	2	5	9	5	14	9	17	13	0	9	19	9	45	91	44	85	66	123	110	111	96	166	42	68	1,507	106	94	2,890
13	5	20	0	3	6	12	5	18	12	30	19	20	0	12	13	21	47	26	52	43	83	80	79	71	123	31	51	1,147	75	62	2,167
14	6	22	0	3	7	13	6	19	15	36	19	28	8	0	10	36	62	38	70	60	108	103	104	92	157	40	65	1,460	123	62	2,774
15	4	16	0	2	5	9	4	13	10	21	10	17	10	13	0	46	85	44	82	67	120	108	110	95	162	41	66	1,476	124	78	2,840
16	10	42	1	6	14	26	11	42	29	79	49	73	14	39	40	0	33	21	46	43	90	100	96	92	160	42	69	1,579	110	87	3,045
17	8	34	1	5	12	22	9	34	25	68	40	65	14	30	33	15	0	20	34	38	73	83	81	77	132	35	57	1,310	117	51	2,524
18	12	51	1	7	18	33	13	54	38	109	66	112	28	66	61	34	72	0	21	15	49	71	65	70	122	34	55	1,297	125	104	2,806
19	14	59	1	8	21	39	15	62	45	128	76	133	35	74	69	45	74	13	0	27	49	81	76	81	138	39	63	1,479	177	96	3,216
20	14	60	1	8	21	39	15	64	45	132	80	140	39	87	76	56	113	13	36	0	36	59	50	60	107	31	51	1,207	145	133	2,920
21	16	69	1	10	25	46	18	74	53	157	94	172	50	104	91	79	143	27	44	24	0	48	41	55	92	29	46	1,139	207	139	3,091
22	21	91	2	13	33	62	23	101	73	220	133	251	81	161	134	143	267	63	119	64	78	0	18	20	33	16	26	732	293	235	3,507
23	18	79	2	11	29	53	20	87	62	188	113	212	66	136	114	115	218	48	93	45	56	15	0	26	50	18	30	799	237	201	3,140
24	15	64	1	9	23	43	16	71	51	155	94	179	57	118	96	108	204	51	97	53	73	16	26	0	16	6	11	340	207	179	2,379
25	17	76	1	11	28	52	19	85	61	187	112	216	69	140	115	131	242	62	115	66	86	19	34	11	0	7	10	379	261	206	2,819
26	10	45	1	7	17	31	11	51	37	113	68	133	42	88	71	84	159	42	80	46	65	22	30	10	18	0	4	104	159	135	1,683
27	12	52	1	7	19	36	13	58	42	130	78	152	48	100	81	97	180	48	90	54	74	25	36	14	18	3	0	109	188	149	1,911
28	184	778	14	112	289	540	203	920	662	2,058	1,234	2,438	755	1,619	1,298	1,600	2,986	818	1,538	926	1,318	520	678	293	471	53	79	0	0	0	24,383
29	21	85	2	11	30	52	22	93	60	172	117	180	51	143	114	117	281	83	193	117	251	218	211	187	340	85	143	0	0	0	3,378
30	17	67	1	10	23	45	18	69	54	153	83	163	44	74	73	95	125	71	108	110	174	180	183	166	275	74	116	0	0	0	2,573
Total	419	1,759	33	252	635	1,180	454	1,955	1,403	4,215	2,537	4,835	1,508	3,178	2,579	3,162	5,941	1,770	3,361	2,211	3,518	2,374	2,556	1,952	3,337	812	1,312	22,672	3,258	2,487	87,666

Una vez obtenida la matriz de viajes estos se mapean con vectores o líneas de deseo las cuales se analizan con respecto a los volúmenes de producción y atracción de las zonas; para este ejercicio se muestra la Figura 37 que representa los viajes origen – destinos en modo de transporte público urbano y que hacen parte de la demanda potencial al corredor de análisis.

Figura 37 Distribución de los viajes origen destino de cada zona del corredor



Fuente: Elaboración Propia.

En la imagen se puede observar una alta densidad de viajes hacia la zona 28, la cual representa los viajes hacia otra entidad, que por su cercanía representa la CDMX, esto contrasta con los viajes de la EOD-17, en la cual se señala que, de los viajes generados de Nezahualcóyotl, el 50% se dirige a la CDMX.

Tabla 23 Distribución de viajes generados dentro de Nezahualcóyotl

Zona	% de viajes generados por trabajo
CDMX	50.6%
Edo Méx	7.4%
Tizayuca	0.0%
Nezahualcóyotl	32.3%
No definidos	9.7%

Fuente: Elaboración Propia, con datos de EOD-17 INEGI 2017.

Con ellos se puede decir que el ejercicio ayuda a determinar un parámetro importante para la toma de decisiones conceptuales de la movilidad urbana y en la planeación del transporte.

Es de relevancia comentar que una vez obtenida la matriz de viajes se puede continuar con la etapa 4 del modelo la cual hace una asignación de viajes en una red de transporte la cual representa la oferta; sin embargo para esta etapa se requieren herramientas de uso complejo como son los softwares de planeación de transporte; los cuales pueden representar sobre cada ruta de transporte una demanda siempre y cuando este alimentado con información más compleja la cual es obtenida directamente en campo, lo cual no se considera como parte de este estudio.

4.5 Conclusiones y recomendaciones del capítulo 4

Con el ejercicio elaborado se identificó que, con la información de datos abiertos se puede hacer un análisis generalizado de la movilidad urbana; pero tener una encuesta origen – destino abierta facilita el análisis, sin embargo, la aplicación de esta herramienta resulta muy costosa, por ello, las actualizaciones suelen tardar un tiempo considerable, por esa razón con la información existente que es más de cinco años se asume la misma movilidad de un entorno urbano, situación que no está mal debido a que muchos de los sitios productores y generadores de viajes no suelen cambiar y siguen el mismo comportamiento durante años. Por ejemplo, para Nezahualcóyotl ha sido desde sus orígenes un sitio de producción de viajes por su alta densidad de población, mientras que la Ciudad de México ha representado un atractor de viajes por la concentración de servicios y empleos; y por ello es que el municipio genera el 2.8% de los viajes hacia la CMDX. A pesar de esto, el municipio no cuenta con un plan de movilidad o atención al transporte público, a pesar de que el 44% de la población utiliza, para viajes cotidianos este modo de transporte; y aunque en el municipio operan alrededor de 93 derroteros con 13,675 unidades vehiculares, al no estar ordenado genera congestionamiento, guerra del centavo, inseguridad y efectos negativos al medio ambiente.

Importante señalar que en México, el banco de datos abiertos aún carece de información importante para la planeación del transporte y aunque actualmente no toda la información que se puede obtener sobre movilidad en términos de datos abiertos, proviene de fuentes oficiales; también existen medios digitales que aportan información, mediante páginas que administran particulares, pero que pueden generar una idea de cómo operan los servicios de transporte y sobre ella es posible hacer conjeturas básicas para tomar algunas decisiones y posterior profundizar en el análisis, con información primaria.

Para analizar puntualmente un corredor de transporte existe alguna información que aporta a la generación de supuestos para elaboración de un modelo básico de transporte pero para tomar ciertas suposiciones en razón del comportamiento de los viajes es importante tener claro cómo la población interactúa en el espacio urbano,

es decir, tener conocimiento de las teorías de la interacción espacial y los conceptos de movilidad; otro elemento importante de tener claro la estadística que se usará para generar los mejores supuestos de la movilidad; afortunadamente el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática INEGI cuenta con un catálogo de estadística geolocalizada que aporta a este análisis como la socioeconómica a nivel manzana, la cual tiene un valor significativo para generar supuestos sobre la movilidad a baja escala, solo es importante definir qué tipo de información considerar, ya que cada modelo de transporte puede integrarse por sus propios supuestos dependiendo de la información recopilada o existente; algunos de éstos pueden ser sencillos y otros muy complejos; pero el modelo en sí, ya es un supuesto matemático donde se representa una movilidad urbana en un periodo específico y esto es correcto, porque la planeación urbana va dirigida a la población general o por grupos, no por cada usuario específico.

Una ventaja de aplicar este tipo de ejercicios de identificación de demanda de transporte para un corredor puede ayudar a la toma de decisiones en las que se motive a generar un estudio completo de factibilidad de proyecto para tener un panorama más adecuado para la planeación.

De acuerdo con esta investigación, el modelo de regresión lineal se considera un método adecuado, siempre y cuando se disponga de datos abiertos relacionados al origen y destino de los viajes para correlacionar variables que expliquen los motivos y de ello se obtendrán mejores resultados; por otro lado se puede decir que, el método de supuestos simples es adecuado para cuando no se tienen datos origen destino que se puedan correlacionar con variables sociodemográficas, sin embargo, este último es un modo sencillo y rápido que genera un parámetro de análisis de demanda de viajes; con el cual se puede decidir si se hace una inversión en un estudio de demanda más preciso que incluya información recopilada en campo y un modelo de transporte más completo.

Algunas de las recomendaciones para la aplicación de este ejercicio son;

- Importante tener claro cuál es la dinámica del comportamiento de la población que se va a estudiar, para generar los mejores supuestos de movilidad y con ello corroborar que el comportamiento de la distribución de viajes es lo más acercado a la realidad.
- Siempre identificar la existencia de alguna encuesta origen – destino previa y revisar que el comportamiento de viajes tiene relación con la estadística o usos de suelo actuales para poder hacer la correlación de las variables explicativas.
- Considerar información estadística que se encuentre georreferenciada ya que con ello se puede determinar una zonificación acorde al nivel de análisis pensando regional, municipal o corredor.
- Es importante tener alguna estadística de división modal para distinguir la población de interés de acuerdo al modo de transporte que se desea estudiar.

5 Conclusiones finales

Con base en lo expuesto a lo largo de los diversos capítulos de este proyecto, es posible destacar que todo en el proceso de investigación se incorporaron elementos importantes para comprender las necesidades de la movilidad de la población, considerando que ésta tiene necesidades vinculadas al espacio urbano, en el cual a partir de su estructura existe una interacción espacial que lleva a la generación de viajes por los motivos que sean. También resalta que, desde los datos abiertos, es necesario contar con una visión global del comportamiento de la movilidad en las ciudades. Al respecto, existe un camino largo para lograr un banco de datos extenso que permita consultar datos más claros y actualizados sobre movilidad urbana, sin embargo, se observó que ya existen los primeros pasos para lograrlo, mismos que se sustentan en los instrumentos jurídicos que obligan a contar con información oficial para la toma de decisiones, donde la movilidad urbana y el transporte, representan parte de los factores centrales de la problemática actual de las ciudades. Aún existen líneas de oportunidad en la generación de banco de datos vinculados de la movilidad urbana, sin embargo, ya se han dado los primeros pasos para lograrlo desde la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial publicada en mayo 2023 y de la Ley de Movilidad y Seguridad Vial del Estado de México, recientemente aprobada el 21 de abril del presente año.

Las aportaciones de los elementos teóricos-conceptuales definidos en el Capítulo 1, contribuyen a la comprensión de por qué las personas viajan, cuáles son los sitios que generan o producen estos viajes por su uso de suelo y que elementos influyen en la planeación de los sistemas de transporte y la movilidad urbana de las ciudades; todos los conceptos analizados permiten comprender las necesidades de movilidad de la población en un entorno urbano y con ello diseñar estrategias orientadas a la resolución de problemas de movilidad y transporte urbano.

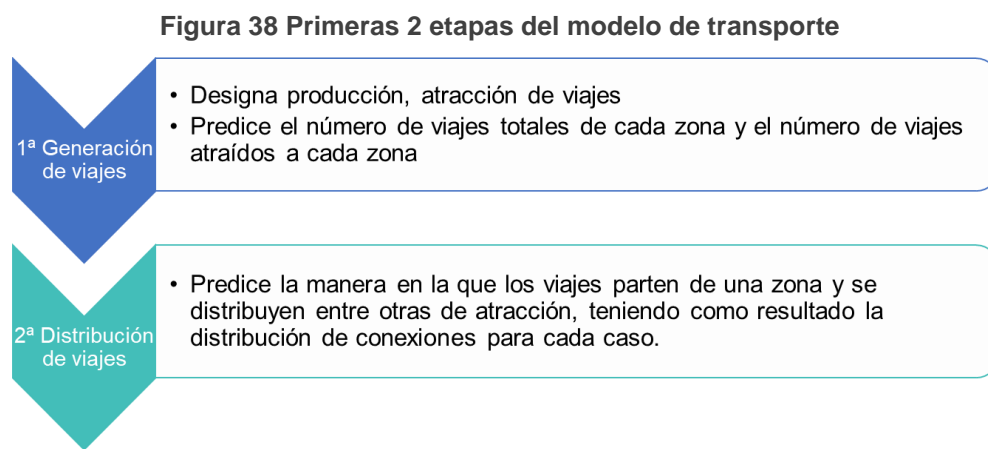
Al estudiar la estructura urbana y la interacción espacial como parte de la planeación del transporte, se identifica que la demanda en el transporte público urbano está intrínsecamente ligada a la estructura de la ciudad, y con ello se genera una interacción con los habitantes, pues la especialización de las diferentes áreas

urbanas influye en los flujos de bienes y servicios, y, por ende, en los patrones de viaje de los habitantes. Y es que las ciudades concentran centros de especialización marcados, ya sea por su influencia, comercial, de servicios o cultural, características que marcan su capacidad para atraer o generar flujos que determinan la movilidad urbana; estos comportamientos fueron identificados desde el análisis de las teorías de la dinámica espacial estudiadas y vinculadas al análisis de la demanda del proyecto donde éstas:

- Explican que la distribución espacial de los asentamientos humanos y la localización de servicios y equipamientos, y a su vez, determinan la movilidad de la población, basada en la máxima utilidad generada por la obtención del bien ofertado en términos de especialización.
- Establecen que los flujos también tienen límites de acuerdo con las barreras de infraestructura, límites urbanos o barreras naturales; esto establece un umbral de viajes que influyen a la satisfacción de sus necesidades a un área básica local; es decir, mientras la oferta se localice en un espacio accesible se puede acceder a ella.
- Se establece que el comportamiento de los consumidores, o quienes realizan el viaje, tomarán sus decisiones con base en la relación del costo y la necesidad que se va a cubrir con la especialización del servicio ofertado.
- La teoría de sistemas tiene un aporte importante a los modelos de demanda, donde mediante los principios de las ciencias naturales se logra entender la interacción del espacio urbano con la teoría basada en el modelo gravitacional, el cual determina que a mayor especialización de los equipamientos o servicios mayor será la atracción.

Con ello se ha identificado que el comprender estas teorías contribuye a la planificación del sistema de transporte público urbano; identificando la producción y atracción viajes por motivos específicos de los grupos poblacionales; por ejemplo, los viajes basados en el hogar se van a dirigir hacia los sitios de empleo, educación, recreación y otros más, dependiendo la necesidad tal como se especifica en las

etapas de generación y distribución del modelo de cuatro etapas, y que se resume en la siguiente figura.



Fuente: Elaboración propia con base en "Técnicas para el análisis regional, desarrollo y aplicaciones" (Torres, Rozga, García de León, & Delgadillo, 2009)

Por ello, al entender los conceptos y teorías ligados a la interacción espacial, se concibe a los modelos de transporte como una herramienta fundamental para entender los desplazamientos dentro del espacio urbano; ya que éstos son una representación de la realidad, y a partir de la existencia de información, con la cual sean alimentados, pueden ser tan complejos o simples.

La información de entrada para el modelo de transporte debe tener coherencia con los flujos que se desean analizar, por ello la obtención de datos es importante, ya sea que se obtengan en campo o provengan de un banco de datos abiertos; éstos deben tener una relación con la dinámica espacial; sin embargo, dependiendo la fuente puede ser que haya sesgos importantes;

- La información tomada en sitio tiene la complejidad de que los usuarios de transporte se reúsen a responder, haya interferencias en los flujos del transporte e incluso desconfianza por parte de los operadores o empresarios.
- Para la información de datos abiertos, la falta de información en el ámbito local sobre movilidad urbana, la digitalización inadecuada de la cartografía, o la falta de relación entre datos y la cartografía de éstos.

No obstante, la falta de información que se pueda tener entorno a los datos abiertos, para el caso de estudio presentado, adquiere crucial importancia, ya que tienen disminuyen costos en la gestión y aplicación de estudios de campo, incluso tiempo de procesamiento. Además, éstos no se pueden eliminar totalmente en la planeación de los sistemas de transporte porque con ellos se realizan análisis poblacionales, distribución de los equipamientos, servicios, empleos, entre otros y aportan una visión global del fenómeno en estudio; por ello son importantes en la toma de decisiones de la planeación del transporte público urbano y la movilidad.

En México es el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), la entidad de mayor relevancia en datos abiertos, que incluyen información georreferenciada sobre población, economía, transporte, entre otros; sin embargo, aún falta mucho por hacer en el tema en el contexto estatal y local, y esta falencia es reconocida por las diversas instituciones y órdenes de gobierno; pues existen diversas políticas de Gobierno Abierto y Datos Abiertos con la intención de combatir la corrupción, rendición de cuentas a la ciudadanía, fortalecer la transparencia y poner información útil a la población (Secretaría de la Función Pública, 2021), esto en congruencia a que los ciudadanos tenemos derecho a los datos con la finalidad de contribuir al bienestar social.

Desde la visión de la movilidad urbana, se crea un enfoque del derecho a la movilidad considerando que ésta es parte del ciudadano, lo cual implica ejercer otros derechos dentro de la ciudad que lo llevan a tener una mejor calidad de vida, igualdad, inclusión y seguridad. Con este enfoque se identifica que, aunque la movilidad urbana ya es un derecho de todos los mexicanos, establecido en el artículo 4º de la Constitución Mexicana, donde se debe garantizar el derecho a la movilidad en condiciones de seguridad vial, accesibilidad, eficiencia, sostenibilidad, calidad, inclusión e igualdad; aún prevalece un amplio camino para lograr tener una normatividad sólida en los distintos niveles de la planeación del transporte, desde la instrumentación básica como en los planes de desarrollo municipales o estatales, donde se tenga un enfoque de movilidad de la población no solo en términos de oferta, sino también de demanda de los habitantes. En la medida en que se atiendan

y fortalezcan estos elementos, se logrará concretar lo establecido en la Ley de Movilidad y Seguridad Vial del Estado de México y sus Municipios (2024).

Aunque existen lineamientos de base para hacer diagnósticos sobre movilidad en los instrumentos de planeación, no hay una visión clara y de largo plazo, de cómo generar ese panorama con el cual se identifique un aporte a la toma de decisiones; entonces, ese derecho a la movilidad tan importante que hace parte de la base de la planeación urbana, no se puede concebir sin un sistema de transporte público que lleve a tener calidad de vida, seguridad, igualdad e inclusión y con ello cubrir otros derechos.

Atender la movilidad urbana desde la planeación de los transportes eficientes, inclusivos, sostenibles se asegura la calidad de vida de las personas permitiendo el ejercicio de derechos fundamentales como el libre movimiento, integridad física, seguridad y la autonomía individual, también, facilita el acceso a otros derechos humanos como al trabajo, la salud, la educación, el cuidado, el esparcimiento, la recreación y el descanso. Este derecho de movilidad se presenta de modo universal desde La Nueva Agenda Urbana (NAU) y la Declaración Universal de Derechos Humanos; documentos en los cuales se enfatiza el derecho a la ciudad mediante el derecho a la movilidad y la inherencia que tiene éste al derecho humano.

En México con la llegada a la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial, así como con la estrategia normativa de planeación urbana de las ciudades, debe de existir una mayor preocupación por lograr una visión de la situación actual del transporte público urbano y para ello, será necesario considerar una interpretación de datos abiertos relacionados a la movilidad publicados mediante plataformas de gobierno abierto.

Garantizar el derecho a la movilidad urbana requiere indiscutiblemente, de una planificación integral y coordinada, que considere la sostenibilidad, inclusión y eficiencia en los sistemas de transporte. El reconocimiento de este derecho como fundamental y su implementación efectiva en las políticas públicas pueden mejorar significativamente la calidad de vida de los habitantes de las ciudades mexicanas,

y en particular de las zonas de mayor concentración demográfica como Nezahualcóyotl, objeto de estudio del presente proyecto.

Con la investigación de herramientas dedicadas a la planeación del transporte se identificaron los modelos y los sistemas de información geográfica con los cuales se puede tener una relación de datos abiertos. Se exploraron modelos de transporte con relación a la interacción espacial, la generación de viajes de la población y enfocados a la estructura urbana y a la determinación de la demanda. Los modelos revisados en el estudio fueron:

- Modelo de usos de suelo y transporte; cuyo propósito es pronosticar los viajes mediante supuestos del desarrollo de áreas urbanas y la infraestructura de los sistemas de transporte; éste tiene su enfoque en la accesibilidad a través de ciertos factores que influyen en el uso de suelo.
- Modelo de interacción espacial; se fundamenta en la teoría gravitacional, donde la atractividad se deriva de la calidad, precio, distancia de los servicios ofrecidos y las ventajas comparativas de los destinos.
- Modelo de elección discreta; que se basa en los principios de la mayor utilidad, enfocándose en que los usuarios obtendrán beneficios de acuerdo con diversas alternativas dadas.
- Modelo de cuatro etapas; éste es el más común entre los investigadores del transporte, ya que dentro de cada una de las fases identifica la relación del uso de suelo con la interacción espacial, la elección del modo de transporte a partir de la máxima utilidad, es decir, engloba la temática de los otros modelos estudiados.

Es relevante señalar que cada uno de los modelos analizados tienen aportes importantes al análisis del transporte público, sin embargo, el modelo de cuatro etapas es el que se percibe como el más completo pues involucra teorías de la interacción espacial, la elección de los modos de transporte mediante los principios de la utilidad.

Esta parte del estudio enfatiza la importancia de utilizar modelos de transporte y datos abiertos para optimizar la planeación del transporte público urbano en Nezahualcóyotl, con el fin de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y promover un desarrollo urbano sostenible, que, a su vez, reduzca tiempos de traslado, horas perdidas en el tránsito, incidentes viales, índices de motorización y contaminación ambiental y acústica.

Otra de las herramientas que aportan al análisis de la movilidad urbana son los sistemas de información geográfica (SIG), los cuales permiten identificar desde la perspectiva espacial la ubicación de los equipamientos y servicios como la concentración de población; para el ejercicio de diagnóstico de la movilidad en el municipio de Nezahualcóyotl, esta herramienta fue de gran utilidad para identificar los radios de accesibilidad y la población potencial a viajar en el corredor de estudio, incluso para hacer el cálculo de distancias entre zonas relacionadas al corredor. Para este caso se utilizó el software TransCAD, que es el software con herramientas de SIG, para generar análisis de transporte y demanda. Este software es de código cerrado y se tuvo la oportunidad de tener acceso gracias a la Gerencia de Tránsito y Movilidad de Cal y Mayor; sin embargo, también existen otros de código abierto como QGIS y TRANUS o los de código cerrado como ArcGIS, VISUM o SUMO que aportan elementos relevantes al análisis de la movilidad urbana.

Adicionalmente, una herramienta importante para lograr el diagnóstico de la movilidad urbana de la zona ha sido la estrategia de operacionalización de variables, la cual permite organizar y categorizar de modo preciso la información que se requiere para el análisis, favoreció la reflexión de los elementos de oferta y demanda que se requieren para lograr el diagnóstico, así como identificar las posibles fuentes de datos abiertos para la recopilación. En este proyecto, se definieron seis variables con 26 indicadores explicados en el ejercicio de operacionalización de variables, con todos ellos se identificó la oferta del sistema de transporte, la población potencial usuaria, los patrones de movilidad urbana y el flujo de viajes. Se puede concluir que esta herramienta facilitó la identificación de componentes claves a analizar teniendo

un panorama claro de lo que se requiere para construir un diagnóstico de oferta y demanda con datos abiertos.

Una vez que se identificaron los conceptos y las herramientas metodológicas para el trabajo, en la etapa final se logró obtener un análisis de la oferta y demanda de la movilidad en transporte público para el municipio de Nezahualcóyotl, y de ahí llevarla al análisis de un corredor de transporte con datos abiertos. Esto significó un reto importante que inició desde la caracterización de los viajes de la población asociados a la EOD-17 y al cuestionario ampliado del CENSO 2020; permitiendo determinar que los viajes de mayor relevancia son los de motivo trabajo; y por consecuencia de ello, se consideró la variable de Población Económicamente Ocupada PEAO, para la generación de viajes y para la atracción los datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) como concentrados de los puntos de atracción de viajes por motivo trabajo.

Estas variables se asociaron al corredor a nivel manzana y delimitado por una zonificación mediante un radio de accesibilidad de caminata de 500m a para obtener la población susceptible a generar viajes por motivo trabajo. Por su parte, la producción y generación de viajes se obtuvo a través del ejercicio de la obtención de un factor de viajes que determinara que la variable elegida tiene relación con este tipo de viajes y se hizo una correlación de la variable PEAO con los viajes de la EOD17 de INEGI, procedimiento que dio un resultado coherente y un factor por producción y atracción de viajes; el cual se aplicó a la variable explicativa elegida de las estadísticas socioeconómicas.

Los supuestos considerados para la generación de viajes por motivo trabajo fueron fundamentados en:

- Identificación de motivos de viaje más relevantes, donde la encuesta EOD-17 determina con mayor relevancia regreso al hogar y trabajo.
- Todos los viajes basados en el hogar con destino a trabajo regresan a hogar y a esto se le denomina “commuting”.

- Las estadísticas de movilidad cotidiana determinan un porcentaje estadístico de población que viaja por motivo trabajo.

Con estos supuestos, empleados para la aplicación del modelo, se obtuvo una demanda potencial al corredor de 114 mil usuarios viajes.

Considerando que, en México, no todas las ciudades tienen una encuesta origen destino para estimar factores de viajes y que el enfoque de este proyecto busca hacer un análisis de demanda de transporte público sencillo y que apoye a la toma de decisiones, paralelamente a este ejercicio, con las mismas variables PEAO y Empleos, se plantearon supuestos en razón de la estadística existente, los cuales fueron:

- Considerar la variable PEAO para cada zona, ya que representa a la población que viaja por motivo de trabajo.
- Considerar para cada zona el factor porcentual de la población que viaja por motivo de trabajo.
- Todos los viajes con origen en el hogar y destino a trabajo regresaran a hogar.

El resultado obtenido de este ejercicio fue una demanda potencial de 106 mil viajes; comparando este resultado con el del ejercicio anterior, se observa una diferencia de 7% y, por lo tanto, se considera que ambos métodos pueden utilizarse para el ejercicio de generación de viajes por zonas.

De este resultado se deriva que, un modelo de regresión lineal tiene más precisión, ya que incluye variables de correlación que ayudan a la predicción de viajes, y en este caso la encuesta EOD-17 ha sido muy relevante, ya que determina el comportamiento de las variables explicativas de cada zona. No obstante, sabemos que esta información de datos abiertos en México solo es posible encontrarla disponible para la Zona Metropolitana del Valle de México; pero aplicar supuestos simples con la información que se tiene sobre movilidad cotidiana del cuestionario ampliado, genera un resultado mucho más cercano al método lineal y es válido, ya que se considera información oficial.

Para la etapa de división modal de viajes, se utilizó la estadística de movilidad cotidiana del cuestionario ampliado, que aporta un parámetro general del uso del transporte público y ésta se utilizó con el supuesto de:

- Aplicar el porcentual de usuarios que utilizan transporte público para realizar sus viajes por motivo trabajo; el cual hace parte de la movilidad cotidiana reportada en el cuestionario ampliado del Censo de Población y Vivienda 2020.

De esta forma, el resultado de la demanda que utiliza el transporte público del corredor Av. Chimalhuacán es de 57 mil usuarios con motivo trabajo.

Si bien con estas dos etapas del modelo de transporte se obtuvieron los viajes potenciales, es relevante identificar su distribución a partir de la misma estadística socioeconómica y un modelo de distribución basado en el enfoque gravitacional, donde la variable de peso está dada por el tiempo de viaje entre zonas y la velocidad registrada para el transporte público. El resultado de este ejercicio fue una matriz de viajes en la zonificación de estudio. Con ello se logró identificar el potencial de viajes que se generan hacia la CDMX como en la EOD-17, lo cual confirma la acertada aplicación de la metodología, y en consecuencia se logra el objetivo del estudio referido a:

Estimar la demanda del transporte público para el Municipio de Nezahualcóyotl en el Estado de México con base en la recopilación, evaluación y análisis de datos abiertos; generando variables cualitativas y cuantitativas que inciden en la planeación del transporte público urbano, destacando la importancia del uso de datos abiertos.

Asimismo, se comprueba el planteamiento hipotético ya que efectivamente, el análisis de los datos abiertos ha permitido identificar que el transporte público urbano del Municipio de Nezahualcóyotl presenta deficiencias, que, de acuerdo con el contenido de los diversos capítulos, se reflejan en altos tiempos de traslado, sobreoferta de vehículos y congestionamiento vial. También ha quedado demostrado que la actualización la información representa una herramienta

informática para contribuir a la generación de una visión de la dinámica del comportamiento de la demanda en la zona.

Sin embargo, algunas de las limitantes identificadas a lo largo del trabajo fueron la falta de datos actualizados relacionados con la oferta del sistema de transporte público urbano del municipio de Nezahualcóyotl, y la dificultad para solicitar la información mediante portal de gobierno abierto y la espera de respuesta para la entrega de la información solicitada, lo cual condujo a la necesidad de buscar otras fuentes de datos alternativas, que para este caso fue movitapp.com y viadf.mx.

5.1 Conclusiones de la investigación

A lo largo del estudio se trabajó con el cumplimiento de los objetivos siendo estos cumplidos con el desarrollo de los capítulos expuestos; se logró hacer una estimación de la demanda del transporte público para el corredor Av. Chimalhuacán en el Municipio de Nezahualcóyotl en el Estado de México con base a la recopilación, evaluación y análisis de datos abiertos; generando variables cualitativas y cuantitativas que inciden en la planeación del transporte público urbano, destacando la importancia del uso de datos abiertos. Para lograr esto se hizo

La integración de un marco teórico conceptual sobre movilidad urbana, para explicar los conceptos y argumentos que intervienen en su análisis, así como los elementos que influyen en la planeación del transporte; destacando la importancia de entender la interacción urbana en el contexto urbano y todo aquello que influye en la generación de viajes.

Se hizo una integración de las bases legales y normativas que permitan comprender el derecho a la movilidad urbana de acuerdo con el ámbito federal, estatal y municipal; pudiendo entender que la movilidad urbana es un derecho de todos los ciudadanos y aunque es un derecho recién declarado se está haciendo un esfuerzo para que la planeación de los sistemas de transporte cumpla para hacer parte de la calidad de vida de las personas.

Con la recopilación y análisis de datos abiertos se elaboró una caracterización de la oferta y demanda del sistema de transporte público urbano en Nezahualcóyotl, donde los datos de mayor relevancia fueron las estadísticas socioeconómicas, usos de suelo, equipamiento y aquellas que, aunque de fuentes no oficiales permitieron integrar un diagnóstico de la movilidad urbana municipal y del corredor de Av. Chimalhuacán.

Se identificó que el modelo que permite determinar la demanda del transporte público urbano y el comportamiento de los patrones de movilidad urbana con datos abiertos; fue el modelo de cuatro etapas donde de este se vio obtuvo un gran aporte en las etapas de generación de viajes; donde a partir de información de población económicamente ocupada y una correlación con una EOD se tuvo un valor de viajes en relación al trabajo, los cuales se distribuyeron a al modo de transporte público urbano mediante estadísticas del cuestionario ampliado del Censo 2020, para posterior a ello consolidar una matriz de viajes que se comparó con los parámetros de viajes de la encuesta EOD-17, dando como resultado que es posible el uso de datos abiertos en la estimación de demanda del transporte público.

Con ello la hipótesis planteada de “La recopilación, evaluación y análisis de datos abiertos permite identificar y cuantificar variables que inciden en la oferta y demanda del transporte público urbano, generando una visión de la dinámica del comportamiento de movilidad urbana; los cual ayuda a la determinación de la demanda del corredor Av. Chimalhuacán en el Municipio de Nezahualcóyotl” culminó con un resultado positivo, siendo está confirmada.

5.2 Aportes del trabajo y posibles líneas de investigación

El aporte de este trabajo radica en generar una alternativa sencilla de determinación de demanda para las zonas urbanas de México, en los distintos niveles de planeación y tomas de decisiones en relación con la movilidad cotidiana. El ejercicio se considera relevante para la toma de decisiones desde la investigación académica, la consultoría e incluso desde la función pública y el quehacer

gubernamental, pudiendo ser una herramienta simple para identificar posibles alternativas y estrategias que se deben ejecutar desde una amplia formulación de proyectos de movilidad.

También se ha identificado que la matriz de viajes puede ser utilizada en la etapa de asignación de viajes a una red de transporte mediante el uso de algún software de modelos de transporte como VISUM, TransCAD, TRANUS, SUMO, entre otros.

Con información adecuada puede replicarse este ejercicio en otras ciudades y municipios, para otros modos de transporte, o incluso en transportes de carga; lo importante es explorar el catálogo de datos abiertos que tiene el país para enfocar las razones de la interacción espacial. Con esta posibilidad las autoridades responsables de la movilidad urbana y el transporte público estarían en mejores condiciones de generar políticas públicas y estrategias para el mejoramiento de los sistemas de transporte en las ciudades, logrando estructurar sistemas eficientes, sostenibles y adecuados a la demanda.

Incentivar las iniciativas planteadas dentro de la Ley de Movilidad y Seguridad Vial del Estado de México y sus Municipios, implica un desafío que se deberá asumir en el corto y mediano plazo, entre los retos sobresale la generación de un banco de datos público destinados al estudio de la movilidad urbana, la formación de capital humano especializado en temas como la electromovilidad, movilidad con perspectiva de género, la movilidad inteligente, la micro movilidad, los sistemas integrados de transporte, entre otros que durante las última década han adquirido una importancia significativa en la sostenibilidad de las grandes ciudades.

6 Bibliografía

- “LIV” Legislatura del Estado de México. (2001). *Ley de Planeación del Estado de México y Municipios*. Estado de México: “Gaceta del Gobierno” el 21 de diciembre de 2001. Obtenido de <https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/ley/vig/leyvig087.pdf>
- “LXI” Legislatura del Estado de México. (2024). *Ley de Movilidad y Seguridad Vial del Estado de México y sus Municipios*. Estado de México: Gaceta del Gobierno del Estado de México. Recuperado el 21 de Mayo de 2024, de <https://legislacion.edomex.gob.mx/periodico>
- Alcántara, V. E. (2010). *Análisis de la movilidad urbana. espacio, medio ambiente y equidad*. Bogotá, Colombia: Dirección de Análisis y Programación Sectorial de la Vicepresidencia de Infraestructura de CAF.
- Alonso Romero, G., & Ramón Lugo-Morín, D. (2018). El estado del arte de la movilidad del transporte en la vida urbana de las ciudades latinoamericanas y el transporte sostenible y su papel en el desarrollo del medio ambiente urbano. *Transporte y Territorio*, 133-157.
- Arnold, M., & Osorio, F. (1998). Introducción a los conceptos básicos de la Teoría General de Sistemas. *Cinta de Moebio No.3*, 1-12. Recuperado el 14 de Marzo de 2023, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10100306>
- Ascencio, L. J., Bustos, R. A., Balbuena, C. J., Zamora, D. A., & Frías, M. C. (2020). *Big Data e internet de las cosas para los sistemas inteligentes del transporte. Características y áreas de oportunidad*. Sanfandila, Qro.: Instituto Mexicano del Transporte.
- Asuad, N. (2014). *Teorías de la distribución espacial de las actividades económicas*. México: Facultad de Economía de la UNAM.
- Barreno, V. E., Cabrera, G. G., & Millones, R. R. (2008). Metodología de modelamiento de un sistema de transporte urbano. *Ingeniería Industrial*(26), 11-44. Recuperado el 14) de Abril de 2023)
- Bertalanffy, L. (1986). *Teoría General de los Sistemas. Fundamentos, Desarrollo y Aplicaciones*. México: Fondo de Cultura Económica. Recuperado el 15 de

- Marzo de 2023, de <https://fad.unsa.edu.pe/bancayseguros/wp-content/uploads/sites/4/2019/03/Teoria-General-de-los-Sistemas.pdf>
- Caja de Madrid Obra Social. (2010). *Movilidad urbana sostenible: un reto energético y ambiental*. Madrid: Caja Madrid, Obra Social. Recuperado el (22 de Marzo de 2023), de <https://gestion3.madrid.org/bvirtual/BVCM015307.pdf>
- Cal y Mayor, R., & Cárdenas, J. (2018). *Ingeniería del tránsito. fundamentos y aplicaciones*. México: Alfaomega.
- Carrera, H. A., Chiapa, A. E., & Gómez, G. P. (2021). *Movilidad Urbana, Sostenibilidad y gobiernos subnacionales*. Toluca, México: Instituto de Administración Pública del Estado de México.
- Casado, I. J. (15 de Septiembre de 2008). Estudios sobre movilidad cotidiana en México. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. Obtenido de Scripta Nova. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias sociales*.
- CEPAL, & ONU. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas, Santiago.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (28 de Marzo de 2016). *Movilidad Urbana Sustentable -Transporte- Estados y Municipios*. México: Gobierno de México. Obtenido de <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/movilidad-urbana-sustentable-transporte-estados-y-municipios>
- Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de México. (2021). *Manual para la elaboración de los Planes de Desarrollo Municipal*. Toluca, Estado de México: Comité de Planeación para el Desarrollo del Estado de México. Obtenido de https://copladem.edomex.gob.mx/sites/copladem.edomex.gob.mx/files/files/pdf/Manuales/MANUAL_PDM_PROYECTO%20FINAL_electronico.pdf
- Ducci, M. E. (1990). *Conceptos Básicos de Urbanismo*. Trillas.
- Echave, B. J. (2020). *Guía para la elaboración de Planes Municipales de Desarrollo con el enfoque de la Agenda 2030*. Ciudad de México: Uli Stehlik | Mexikuli Design.
- García, C. J. (1993). *Apuntes de Diseño de los Asentamientos Humanos*. México: Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco.

- García, O. G., & Backhoff, P. M. (1992). *Los sistemas de información geográfica y el transporte*. Querétaro: Instituto Mexicano del Transporte. Recuperado el (25 de Marzo de 2023), de <https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnica/pt32.pdf>
- Garrocho, R. C. (2012). *Estructura funcional de la red de ciudades de México*. Zinacantepec, Estado de México: El Colegio Mexiquense, A.C.: Consejo Nacional de Población Fondo de Población de las Naciones Unidas.
- GEF; GTZ; UNEP; ITDP; VIVA. (2007). *Guía de Planificación de Sistemas BRT*. New York: Universidad College London y el Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo. Recuperado el (24 de Abril de 2023), de <https://www.itdp.org/publication/guia-de-planificacion-de-sistemas-brt>
- Gobierno de España. (20 de Sep de 2022). *Datos.gob.es reutiliza la información pública*. Obtenido de <https://datos.gob.es/es/blog/los-datos-abiertos-en-los-proyectos-de-investigacion-sobre-transporte-y-movilidad-urbana>
- Gobierno de México. (2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2019 - 2024*. Ciudad de México: Presidencia de la República. Recuperado el (09 de Septiembre de 2022), de <https://framework-gb.cdn.gob.mx/landing/documentos/PND.pdf>
- Gobierno de México. (2023). *Estrategía Nacional de Movilidad y Seguridad Vial 2023-2042*. México: Gobierno de México. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/848141/ENAMOV_2023-2042.pdf
- Gobierno del Estado de México. (2018). *Plan de desarrollo del Estado de México 2017 - 2023*. Toluca de Lerdo: Gobierno del Estado de México. Recuperado el (23 de Septiembre de 2022), de https://copladem.edomex.gob.mx/plan_estatal_desarrollo_2017_2023
- Gobierno del Estado de México. (23 de Diciembre de 2019). Plan Estatal de Desarrollo Urbano 2019. *Periódico Oficial Gaceta del Gobierno del Estado de México*, pág. 324. Recuperado el (14 de Mayo de 2023), de <https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2019/dic232.pdf>
- Gutiérrez, M. (2020). México Reconoce El Derecho Constitucional A La Movilidad Urbana. *Pasajero* 7, 14 -19. Recuperado el (07 de Junio de 2023), de

<http://www.pasajero7.com/wp-content/uploads/2020/11/Edicio%CC%81n-102-NOVIEMBRE-2020-P7.pdf>

- H. Ayuntamiento de Nezahualcóyotl. (2022). *Plan de Desarrollo Municipal 2022-2024*. Nezahualcóyotl, Estado de México: H. Ayuntamiento de Nezahualcóyotl.
- H. Ayuntamiento de Nezahualcóyotl. (2023). *Actualización del Plan de Desarrollo Urbano Municipal de Nezahualcóyotl, Estado de México*. Nezahualcóyotl, Estado de México: H. Ayuntamiento de Nezahualcóyotl. Obtenido de https://www.neza.gob.mx/tramites/Plan%20Desarrollo%20Urbano/archivos/PMDU_NEZAHUALCOYOTL.pdf
- H. Ayuntamiento del Municipio de Nezahualcóyotl. (Marzo de 2022). Plan de Desarrollo Municipal 2022-2024. *Gaceta Municipal Oficial de Nezahualcóyotl 2022-2024*, pág. 510. Recuperado el (10 de Mayo de 2023), de <https://www.neza.gob.mx/publicaciones/gacetas/2022/Gaceta%20An%CC%83o%201%20Especial%208%20Neza%202022.pdf>
- Herce, M. (2009). *Sobre la Movilidad en la Ciudad*. Barcelona: Reverté.
- Herrera, C. J. (2020). *Evaluación de Modelos de Transporte mediante datos abiertos y técnicas de Aprendizaje Automático*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Honorable Congreso de la Unión. (2023). *Ley General de Movilidad y Seguridad Vial*. México: Diario Oficial de la Federación. Obtenido de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGMSV.pdf>
- Honorable Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos. (6 de Septiembre de 2011). Acuerdo por el que se establece el Esquema de Interoperabilidad y de Datos Abiertos de la Administración Pública Federal. *Esquema de Interoperabilidad y Datos Abiertos*. México, México: Gobierno de México.
- Honorable Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos. (2015). *Ley General de Transparencia y Acceso a la Información Pública*. México: Diario Oficial de la Federación. Obtenido de <https://www.dof.gob.mx>
- Honorable Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos. (2022). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. México: Camará de

- Diputados Del H. Congreso De La Unión. Recuperado el (22 de Marzo de 2023), de <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
- IIRB Von Humboldt, I. d. (2006). Los Sistemas de Información Geográfica. *Geoenseñanza*, 107-116. Recuperado el (27 de Marzo de 2023), de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36012424010>
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (3 de Marzo de 2017). Encuesta Origen - Destino en Hogares De La Zona Metropolitana Del Valle de México. *EOD*. México. Recuperado el 2023, de <https://www.inegi.org.mx/programas/eod/2017/>
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (27 de Marzo de 2020). Censo de Población y Vivienda 2020. *Resultados sobre características del entorno urbano*. México. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Microdatos>
- Islas, R. V., & Lelis, Z. M. (2007). *Análisis de los Sistemas de Transporte. Vol I: conceptos básicos*. Sanfandila, Qro.: Secretaria de Comunicaciones y Transportes e Instituto Mexicano del Transporte.
- Islas, R. V., & Moctezuma, N. (s.f.). *Urbanización y motorización en México*.
- Islas, R. V., Moctezuma, N. E., Hernández, G. S., Zaragoza, L. M., & Ruvalcaba, M. J. (2011). Urbanización y motorización en México. *Publicación Técnica Instituto Mexicano del Transporte*. Obtenido de <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt362.pdf>
- Islas, R. V., Rivera, T. C., & Torres, V. G. (2002). *Estudio de la demanda de transporte*. Sanfandila, Qro.: Secretaria de Comunicaciones y Transportes. Recuperado el (26 de Abril de 2023), de <https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnica/pt213.pdf>
- ITDP. (2012). *Planes Integrales de Movilidad, Lineamientos para una movilidad urbana sustentable*. México.
- ITDP. Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo. (2011). *EdoMex, Movilidad 2025*. México. Obtenido de https://wrimexico.org/sites/default/files/edomex_FINAL_inter.pdf

- Kaplan, J. D. (2013). *Diagnóstico sobre el Estado de Preparación de Datos Abiertos*. México. Obtenido de https://opendatatoolkit.worldbank.org/docs/odra/odra_mexico_complete.pdf
- Krafta, R. (2008). Fundamentos del análisis de centralidad espacial urbana. *Centroph*, 57-72.
- Martínez, R., & Maldonado, C. &. (2022). *Inclusión y movilidad urbana con un enfoque de derechos humanos e igualdad de género. Marco de análisis e identificación de instrumentos de política para el desarrollo de sistemas sostenibles de movilidad urbana en América Latina*. Naciones Unidas, Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Recuperado el (05 de Junio de 2023), de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47974-inclusion-movilidad-urbana-un-enfoque-derechos-humanos-igualdad-genero-marco>
- Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo. (2020). *La Agenda 2030 y el Desarrollo Municipal Sostenible; Guía para la elaboración de Planes Municipales de Desarrollo con el Enfoque de la Agenda 2030*. Ciudad de México: Uli Stehlik | Mexikuli Design.
- Molinero & Sánchez. (2002). *Transporte Público, Planeación, Diseño, Operación y Administración*. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Moreno, G. F. (Abril de 2013). Epistemología del análisis de la movilidad urbana. *Investigación y Diseño, Anuario del Posgrado en Ciencias y Artes para el Diseño*(8), 145-161. Recuperado el (16 de Marzo de 2023), de https://www.researchgate.net/publication/342926179_Epistemologia_del_analisis_de_la_movilidad_urbana
- Moreno, Q. E. (2011). *Métodos de elección discreta en la estimación de la demanda de transporte*. Sanfandila, Qro.: Instituto Mexicano del Transporte.
- Movilidad Urbana Sustentable de América Latina, (MUSAL). (2014). *Declaración de Lima: Libro Blanco de la Movilidad Urbana Sustentable de América Latina*. Lima, Perú: Equipo de la Secretaria General de SIBRT. Recuperado el (07 de Junio de 2023), de http://redsimus.com/pdf/libro_blanco.pdf
- Nezahualcóyotl, H. A. (2019). *Plan de Desarrollo Municipal 2019-2021*. Nezahualcóyotl, Estado de México: H. Ayuntamiento de Nezahualcóyotl.

- Nezahualcóyotl., H. A. (2021). *Nezahualcóyotl Dispuesto a Incorporarse a Sistemas de Movilidad Seguros, Eficientes y no contaminantes como el Metrobús de la CDMX; Señala Alcalde Juan Hugo de la Rosa*. Nezahualcóyotl: Boletín de Prensa. Obtenido de <http://www.neza.gob.mx/boletines/2021/junio/570/>
- ONU-Habitat 2021. (2021). *La Nueva Agenda Urbana ilustrada en español*. Quito, Ecuador: Centro Urbano.
- Ortúzar, J. d. (2000). *Modelos de Demanda de Transporte*. México: Universidad Católica de Chile de la Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Patricio, R. B., Jaimurzina, A., & Pérez Salas, G. (2015). *Políticas de logística y movilidad. Propuestas para una política de movilidad urbana Vol.2*. Chile: CEPAL, Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Presidencia de la República. (26 de Noviembre de 2014). <https://www.gob.mx/>. Obtenido de <https://www.gob.mx/ejn/articulos/politica-de-datos-abiertos?idiom=es>
- Ramos y Sánchez, M. D. (2016). *Cuadernos de divulgación ambiental, Movilidad Sustentable*. Ciudad de México: Universidad Iberoamericana.
- Ramos, M. D., & Sánchez, C. M. (2016). *Cuadernos de Divulgación Ambiental, Movilidad Sustentable*. Ciudad de México: Universidad Iberoamericana.
- Rosas, F. F., Calderón, M. J., & Jiménez, S. P. (2024). *Entornos de Movilidad Urbana y Polos Generadores de Viajes en Centros Comerciales de Metepec, Estado de México*. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Sarría, F. A. (2013). *Sistemas de Información Geográfica*. España: Universidad de Murcia. Recuperado el (27 de Marzo de 2023), de <http://fobos.inf.um.es/alonso/SIGCCAA/temario.pdf>
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2020). *Lineamientos simplificados para la elaboración de planes o programas municipales de desarrollo urbano*. Ciudad de México: Gobierno de México. Recuperado el (03 de Mayo de 2023), de <https://www.gob.mx/sedatu/documentos/lineamientos-simplificados-para-la-elaboracion-de-planes-o-programas-municipales-de-desarrollo-urbano>
- Secretaría de la Función Pública, M. (2021). *Política de Transparencia, Gobierno Abierto y Datos Abiertos de la administración Pública Federal*. México:

- Gobierno de México. Obtenido de https://funcionpublica.gob.mx/web/transparencia/Politica_de_Transparencia_Gobierno_Abierto_y_Datos_Abiertos_de_la_APF_2021-2024.pdf
- Secretaria de Movilidad, E. d. (05 de Noviembre de 2023). <https://smovilidad.edomex.gob.mx>. Obtenido de https://smovilidad.edomex.gob.mx/transporte_publico: https://smovilidad.edomex.gob.mx/transporte_publico
- SEDATU, S. d., CONAPO, C. N., & INEGI, I. N. (2020). *Metrópolis de México 2020*. México: Gobierno de México.
- Sheller, M., & Urry, J. (2006). The new mobilities paradigm. *Environment and Planning*, 207-226.
- Torres, T. F., Rozga, L. R., García de León, A., & Delgadillo, M. J. (2009). *Técnicas para el análisis regional. Desarrollo y aplicaciones*. México: Trillas: UNAM. Instituto de Investigaciones Económicas.
- Unikel, L. (1978). *El desarrollo urbano de México: diagnóstico e implicaciones futuras*. México, D. F: El Colegio de México, Centro de Estudios Económicos y Demográficos.
- WRI, R. C. (s.f.). *WRI México*. Obtenido de <https://wrimexico.org/our-work/projects/protram-programa-de-apoyo-federal-al-transporte-masivo>

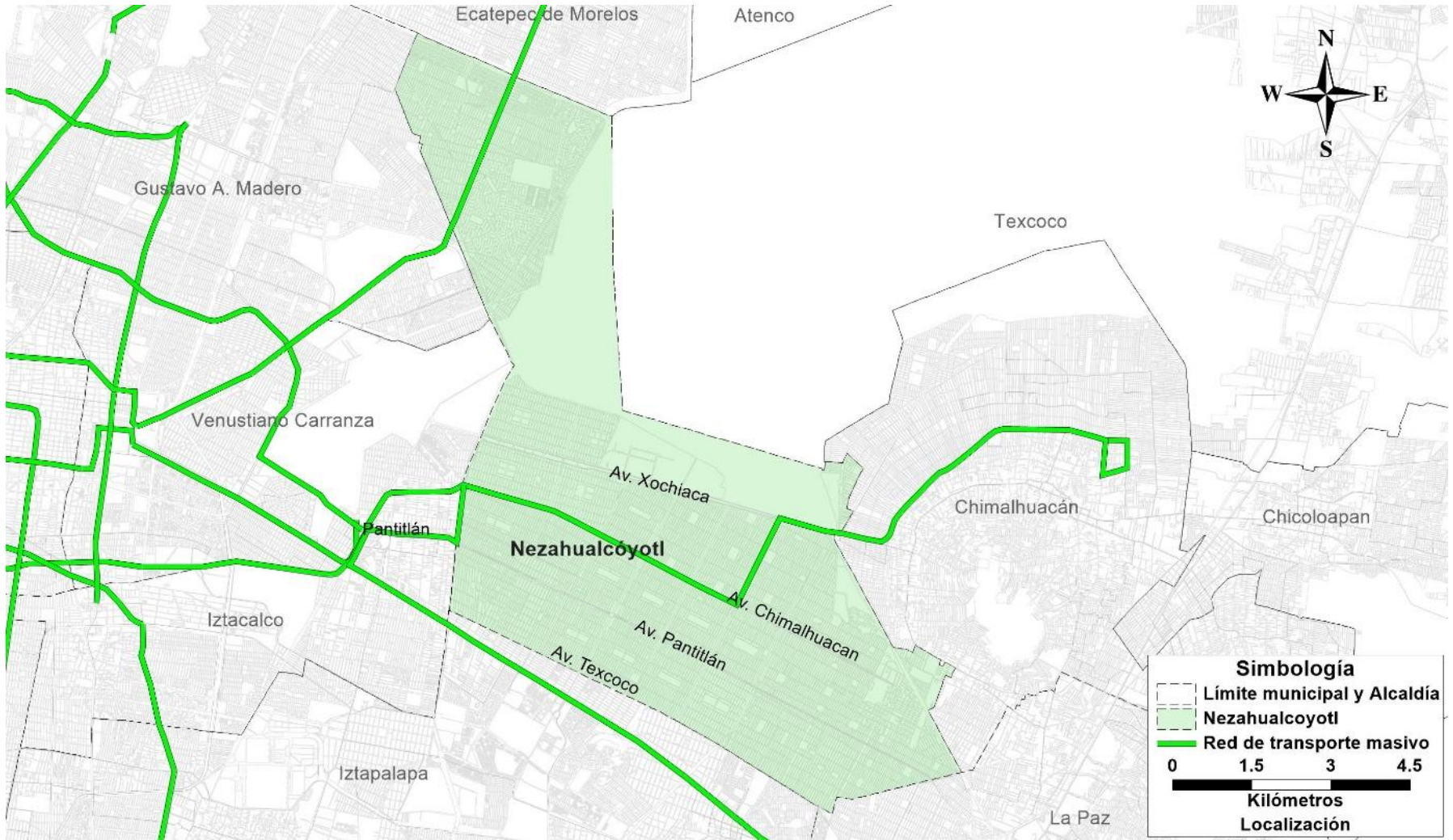
7 Anexo

7.1 Anexo matriz de distancias

		Zona destino																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Zona Origen	1	0.0	0.9	1.3	1.9	2.0	2.6	1.1	2.8	3.3	4.4	4.1	5.9	7.5	6.9	5.7	9.4	9.4	11.4	11.3	12.5	13.2	16.0	15.3	17.4	17.3	19.0	18.9	20.1	10.6	9.3
	2	0.9	0.0	1.4	1.4	1.1	1.7	0.7	1.9	2.4	3.5	3.2	5.0	6.6	6.0	4.8	8.5	8.5	10.5	10.4	11.6	12.3	15.2	14.5	16.5	16.5	18.1	18.0	19.3	9.7	8.5
	3	1.3	1.4	0.0	1.1	2.2	2.2	0.8	3.1	3.0	4.2	4.3	5.8	7.4	7.0	5.8	9.4	9.5	11.4	11.4	12.5	13.3	16.1	15.4	17.4	17.5	19.1	19.0	20.3	10.1	9.8
	4	1.9	1.4	1.1	0.0	1.6	1.2	0.8	2.3	1.9	3.2	3.4	4.7	6.4	6.1	4.9	8.4	8.5	10.4	10.4	11.4	12.3	15.1	14.4	16.4	16.4	18.1	18.0	19.3	9.0	8.9
	5	2.0	1.1	2.2	1.6	0.0	1.1	1.4	0.9	1.5	2.5	2.1	3.9	5.5	4.9	3.7	7.4	7.4	9.4	9.3	10.5	11.2	14.1	13.4	15.4	15.4	17.0	16.9	18.2	8.7	7.5
	6	2.6	1.7	2.2	1.2	1.1	0.0	1.6	1.4	0.8	2.0	2.3	3.6	5.2	4.9	3.7	7.2	7.3	9.2	9.3	10.3	11.2	14.0	13.2	15.3	15.3	16.9	16.8	18.1	8.1	7.8
	7	1.1	0.7	0.8	0.8	1.4	1.6	0.0	2.3	2.3	3.5	3.5	5.1	6.7	6.3	5.0	8.7	8.7	10.7	10.7	11.8	12.6	15.4	14.7	16.7	16.7	18.3	18.2	19.5	9.6	8.9
	8	2.8	1.9	3.1	2.3	0.9	1.4	2.3	0.0	1.4	1.9	1.3	3.2	4.7	4.1	2.9	6.6	6.5	8.6	8.5	9.7	10.4	13.2	12.5	14.6	14.5	16.2	16.1	17.3	8.1	6.7
	9	3.3	2.4	3.0	1.9	1.5	0.8	2.3	1.4	0.0	1.3	1.8	2.8	4.5	4.3	3.1	6.5	6.6	8.4	8.6	9.5	10.4	13.2	12.5	14.5	14.5	16.2	16.1	17.4	7.3	7.2
	10	4.4	3.5	4.2	3.2	2.5	2.0	3.5	1.9	1.3	0.0	1.2	1.6	3.2	3.1	1.9	5.2	5.4	7.2	7.3	8.3	9.2	12.0	11.2	13.3	13.3	14.9	14.9	16.1	6.2	6.1
	11	4.1	3.2	4.3	3.4	2.1	2.3	3.5	1.3	1.8	1.2	0.0	2.1	3.4	2.8	1.6	5.3	5.3	7.3	7.2	8.4	9.1	12.0	11.3	13.3	13.3	14.9	14.8	16.1	7.0	5.6
	12	5.9	5.0	5.8	4.7	3.9	3.6	5.1	3.2	2.8	1.6	2.1	0.0	1.6	1.9	1.2	3.6	3.9	5.6	5.8	6.7	7.6	10.4	9.6	11.7	11.7	13.3	13.3	14.6	5.0	5.0
	13	7.5	6.6	7.4	6.4	5.5	5.2	6.7	4.7	4.5	3.2	3.4	1.6	0.0	1.4	2.0	2.0	2.3	4.0	4.1	5.1	6.0	8.8	8.0	10.0	10.1	11.7	11.7	12.9	4.1	3.9
	14	6.9	6.0	7.0	6.1	4.9	4.9	6.3	4.1	4.3	3.1	2.8	1.9	1.4	0.0	1.2	2.7	2.5	4.6	4.4	5.7	6.3	9.2	8.5	10.5	10.5	12.1	12.0	13.3	5.4	3.1
	15	5.7	4.8	5.8	4.9	3.7	3.7	5.0	2.9	3.1	1.9	1.6	1.2	2.0	1.2	0.0	3.8	3.7	5.7	5.6	6.8	7.5	10.4	9.7	11.7	11.7	13.3	13.2	14.5	5.9	4.2
	16	9.4	8.5	9.4	8.4	7.4	7.2	8.7	6.6	6.5	5.2	5.3	3.6	2.0	2.7	3.8	0.0	1.0	2.0	2.2	3.1	4.0	6.8	6.0	8.0	8.1	9.7	9.7	10.9	3.7	3.3
	17	9.4	8.5	9.5	8.5	7.4	7.3	8.7	6.5	6.6	5.4	5.3	3.9	2.3	2.5	3.7	1.0	0.0	2.2	2.0	3.3	3.9	6.7	6.0	8.0	8.0	9.6	9.5	10.8	4.7	2.3
	18	11.4	10.5	11.4	10.4	9.4	9.2	10.7	8.6	8.4	7.2	7.3	5.6	4.0	4.6	5.7	2.0	2.2	0.0	1.0	1.1	2.2	4.8	4.0	6.1	6.2	7.7	7.7	9.0	4.2	4.0
	19	11.3	10.4	11.4	10.4	9.3	9.3	10.7	8.5	8.6	7.3	7.2	5.8	4.1	4.4	5.6	2.2	2.0	1.0	0.0	1.7	1.9	4.7	4.1	6.1	6.0	7.7	7.6	8.8	5.1	3.2
	20	12.5	11.6	12.5	11.4	10.5	10.3	11.8	9.7	9.5	8.3	8.4	6.7	5.1	5.7	6.8	3.1	3.3	1.1	1.7	0.0	1.5	3.8	3.0	5.0	5.2	6.7	6.7	7.9	4.6	4.8
	21	13.2	12.3	13.3	12.3	11.2	11.2	12.6	10.4	10.4	9.2	9.1	7.6	6.0	6.3	7.5	4.0	3.9	2.2	1.9	1.5	0.0	2.8	2.2	4.2	4.1	5.8	5.7	6.9	6.1	4.7
	22	16.0	15.2	16.1	15.1	14.1	14.0	15.4	13.2	13.2	12.0	12.0	10.4	8.8	9.2	10.4	6.8	6.7	4.8	4.7	3.8	2.8	0.0	0.9	1.4	1.4	3.0	3.0	4.2	8.1	7.4
	23	15.3	14.5	15.4	14.4	13.4	13.2	14.7	12.5	12.5	11.2	11.3	9.6	8.0	8.5	9.7	6.0	6.0	4.0	4.1	3.0	2.2	0.9	0.0	2.1	2.3	3.7	3.8	5.0	7.2	6.9
	24	17.4	16.5	17.4	16.4	15.4	15.3	16.7	14.6	14.5	13.3	13.3	11.7	10.0	10.5	11.7	8.0	8.0	6.1	6.1	5.0	4.2	1.4	2.1	0.0	1.0	1.7	2.1	3.0	9.0	8.8
	25	17.3	16.5	17.5	16.4	15.4	15.3	16.7	14.5	14.5	13.3	13.3	11.7	10.1	10.5	11.7	8.1	8.0	6.2	6.0	5.2	4.1	1.4	2.3	1.0	0.0	1.8	1.6	2.8	9.4	8.4
	26	19.0	18.1	19.1	18.1	17.0	16.9	18.3	16.2	16.2	14.9	14.9	13.3	11.7	12.1	13.3	9.7	9.6	7.7	7.7	6.7	5.8	3.0	3.7	1.7	1.8	0.0	1.1	1.4	10.6	10.2
	27	18.9	18.0	19.0	18.0	16.9	16.8	18.2	16.1	16.1	14.9	14.8	13.3	11.7	12.0	13.2	9.7	9.5	7.7	7.6	6.7	5.7	3.0	3.8	2.1	1.6	1.1	0.0	1.3	11.0	9.9
	28	20.1	19.3	20.3	19.3	18.2	18.1	19.5	17.3	17.4	16.1	16.1	14.6	12.9	13.3	14.5	10.9	10.8	9.0	8.8	7.9	6.9	4.2	5.0	3.0	2.8	1.4	1.3	0.0	0.0	0.0
	29	10.6	9.7	10.1	9.0	8.7	8.1	9.6	8.1	7.3	6.2	7.0	5.0	4.1	5.4	5.9	3.7	4.7	4.2	5.1	4.6	6.1	8.1	7.2	9.0	9.4	10.6	11.0	0.0	0.0	0.0
	30	9.3	8.5	9.8	8.9	7.5	7.8	8.9	6.7	7.2	6.1	5.6	5.0	3.9	3.1	4.2	3.3	2.3	4.0	3.2	4.8	4.7	7.4	6.9	8.8	8.4	10.2	9.9	0.0	0.0	0.0

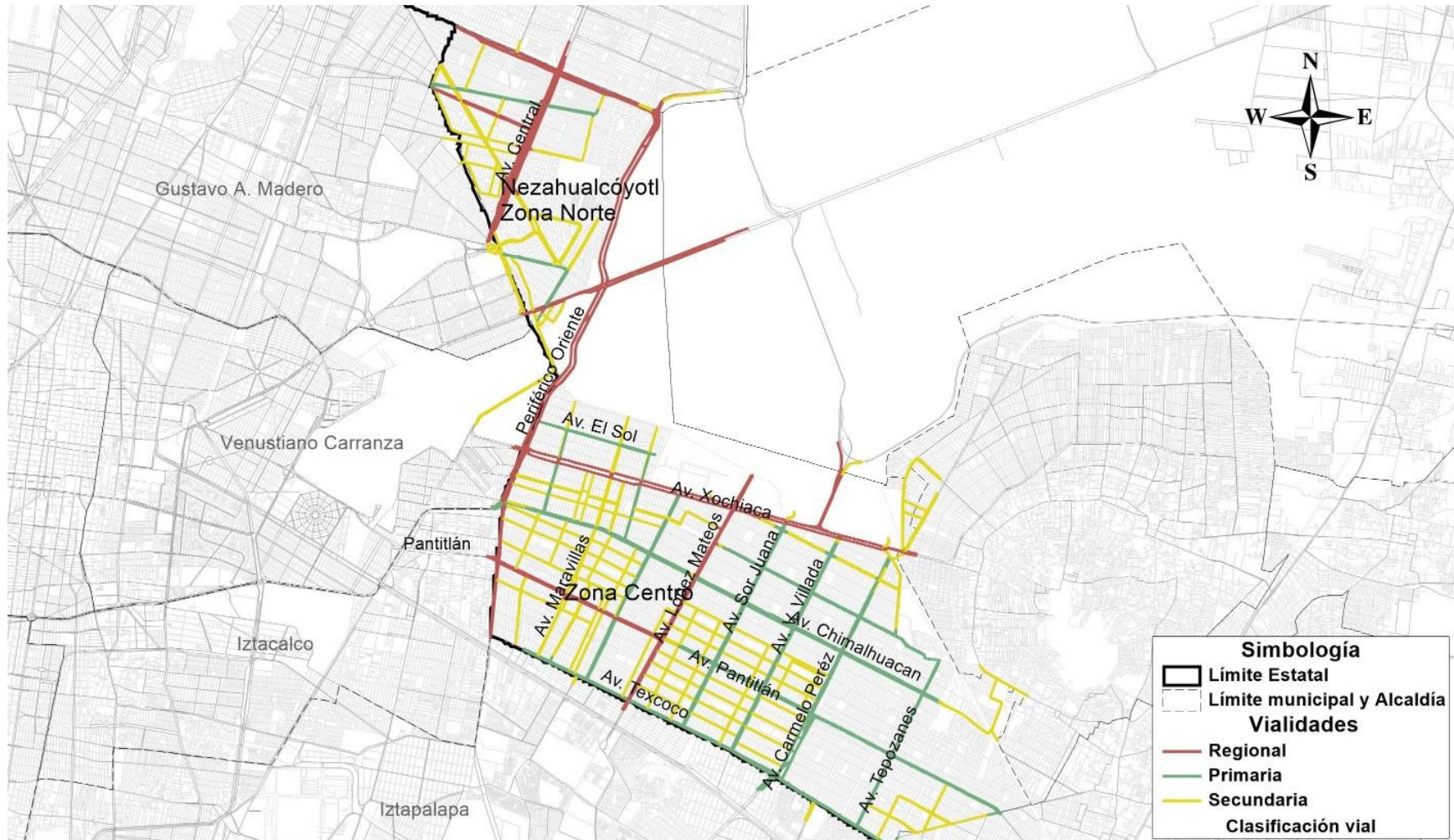
7.2 Anexo de figuras

Figura 1 Localización de Nezahualcóyotl



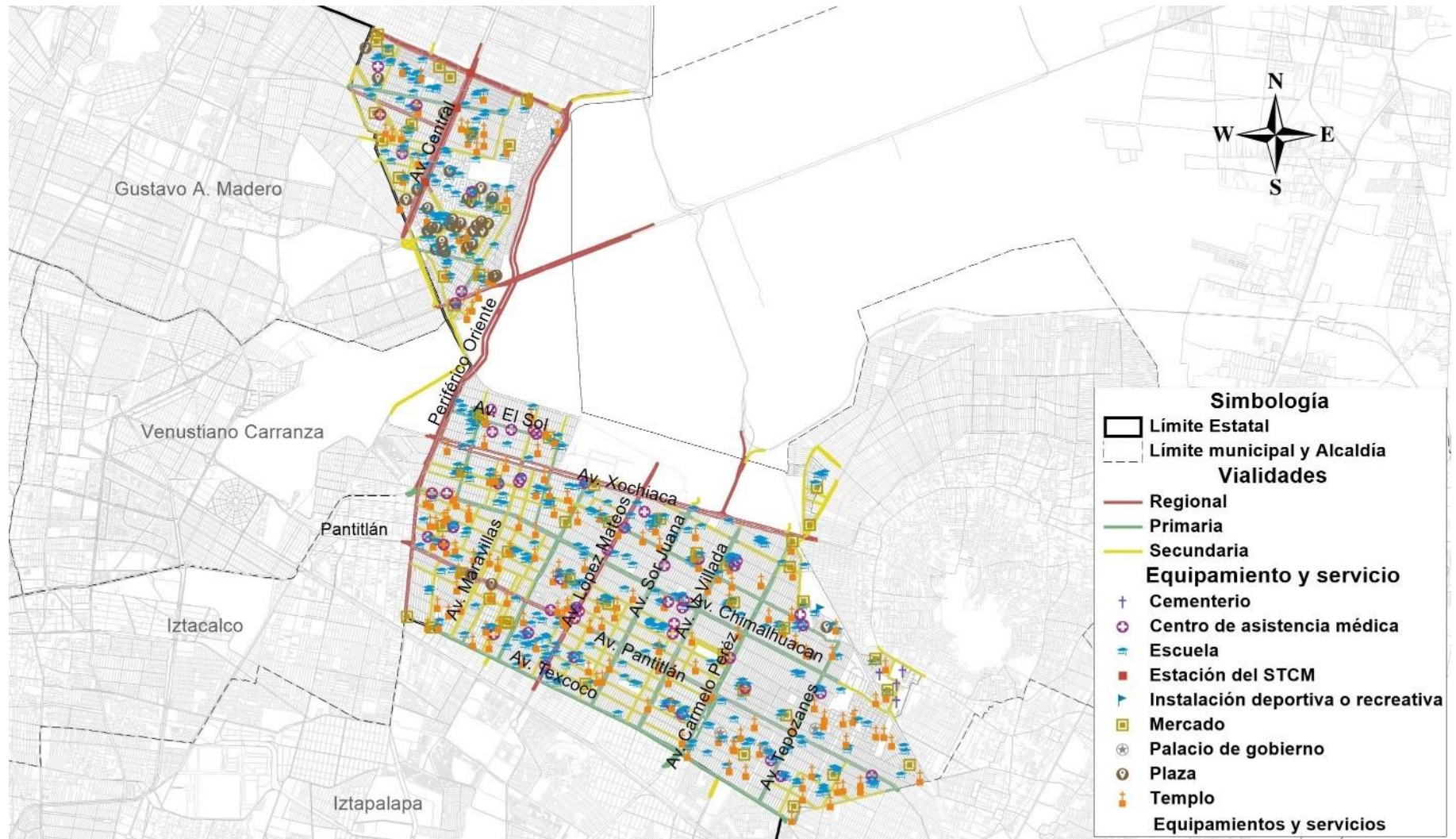
Fuente: Elaboración Propia, con base cartográfica INEGI-2020.

Figura 18 Estructura vial del Municipio de Nezahualcóyotl



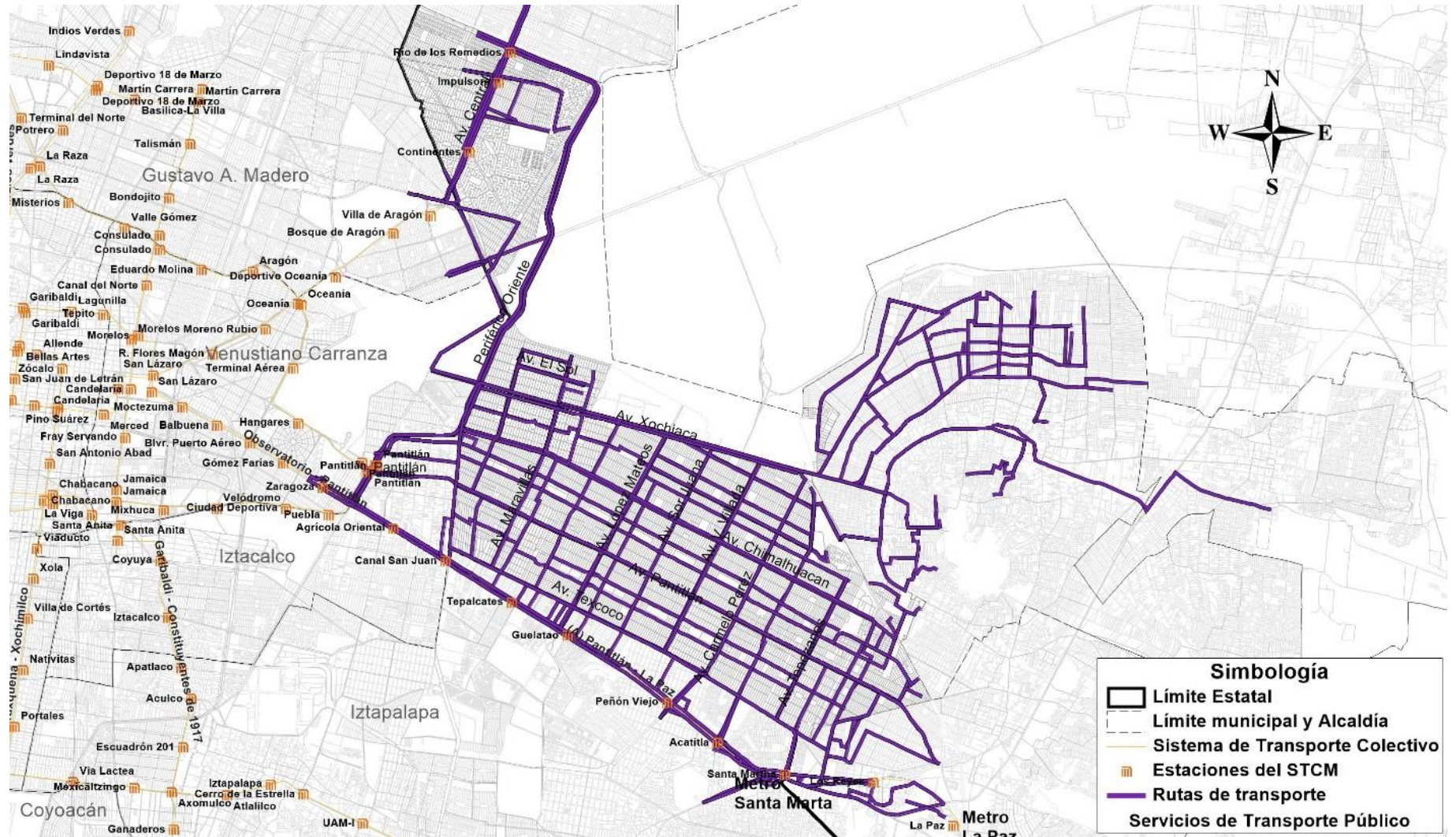
Fuente: Elaboración propia con datos de los Censos de Población y Vivienda, INEGI: 2020 y Red Nacional de Caminos (RNC) 2020 INEGI.

Figura 21 Equipamientos y servicio



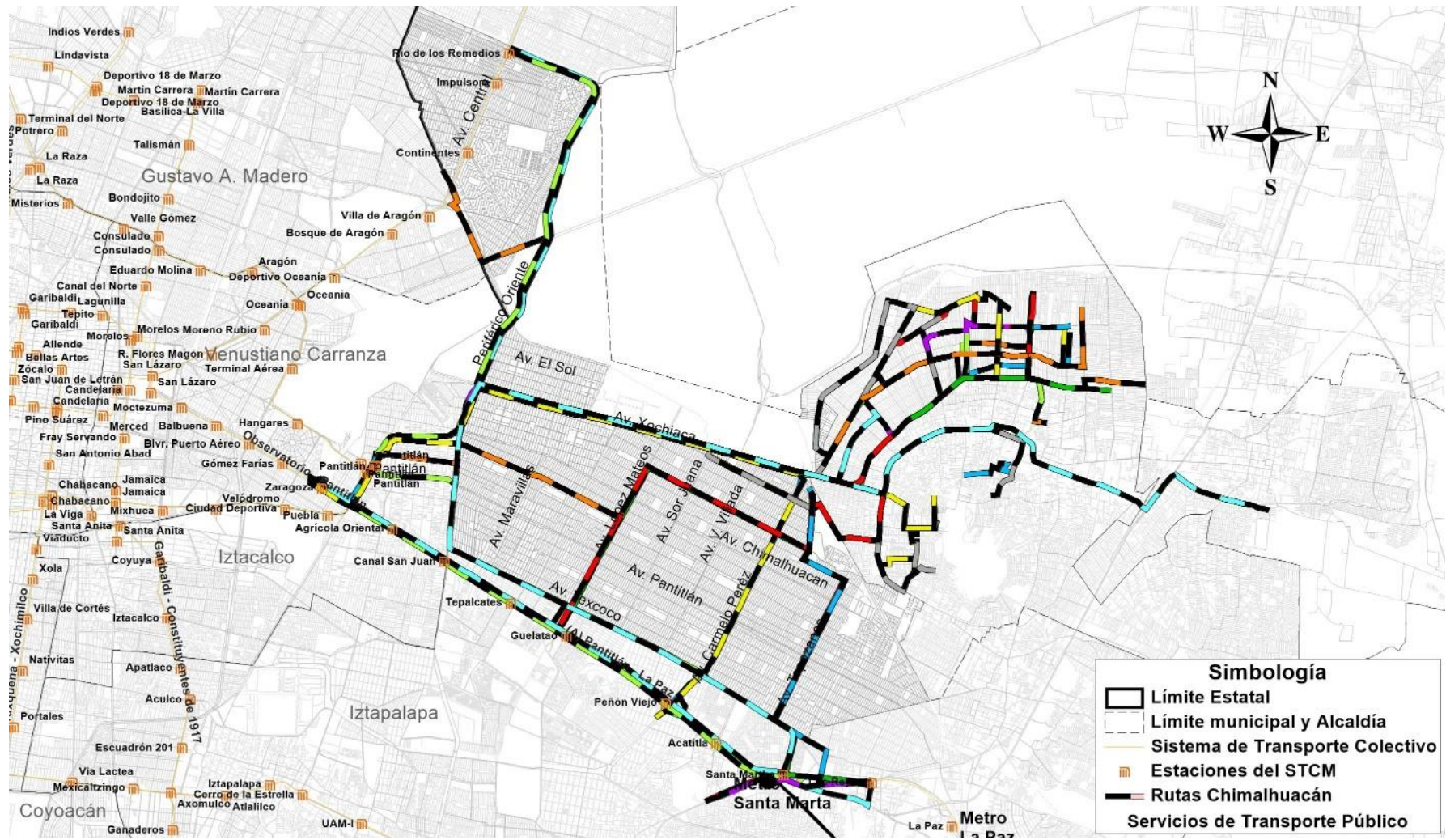
Fuente: Elaboración propia con datos de los Censos de Población y Vivienda, INEGI: 2020 y Red Nacional de Caminos (RNC) 2020 INEGI.

Figura 22 Sistema de Rutas del Municipio de Nezahualcóyotl



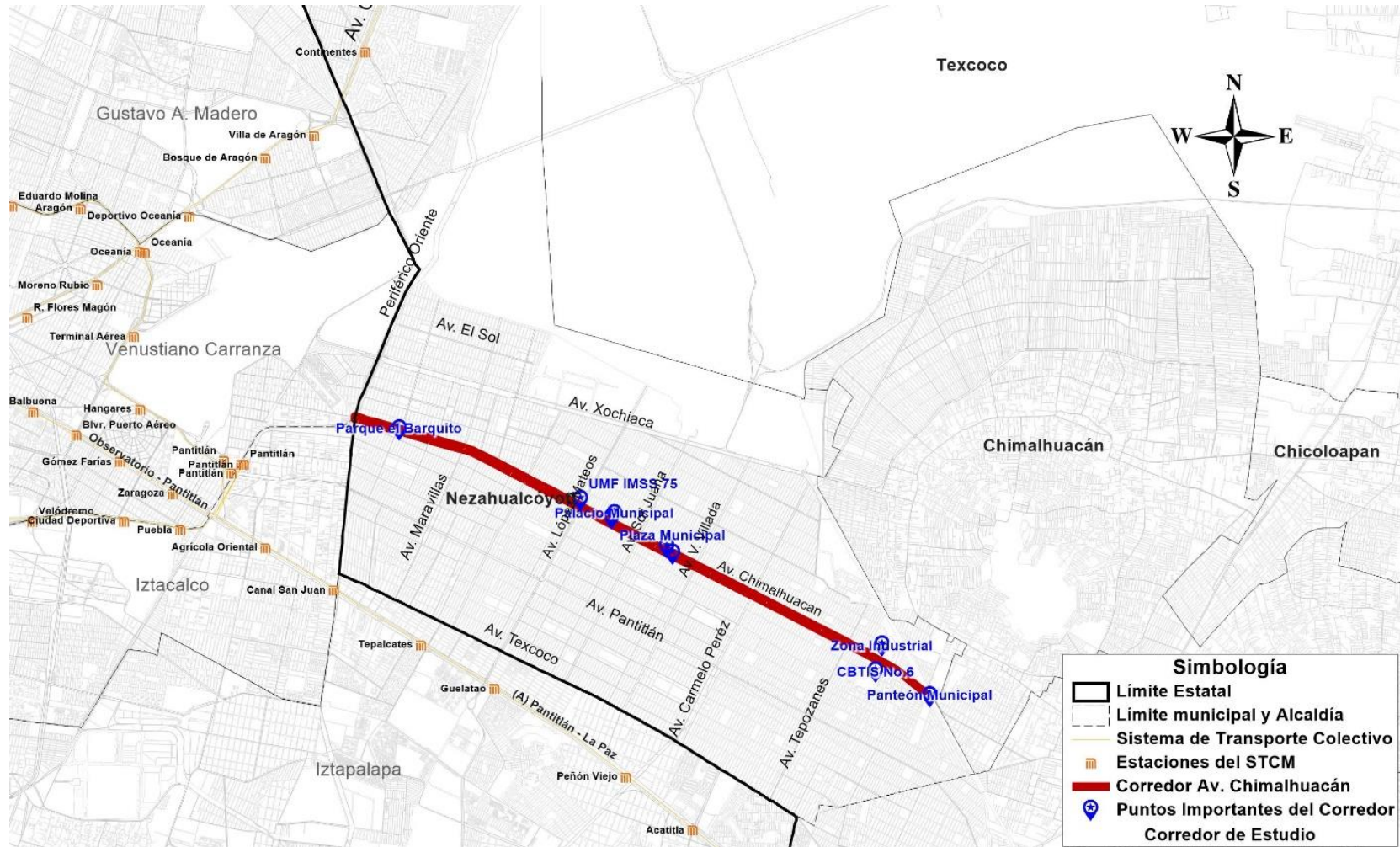
Fuente: Elaboración Propia, con Información de www.viadf.mx y www.fonadin.gob.mx.

Figura 23 Rutas de Chimalhuacán que cruzan por Nezahualcóyotl



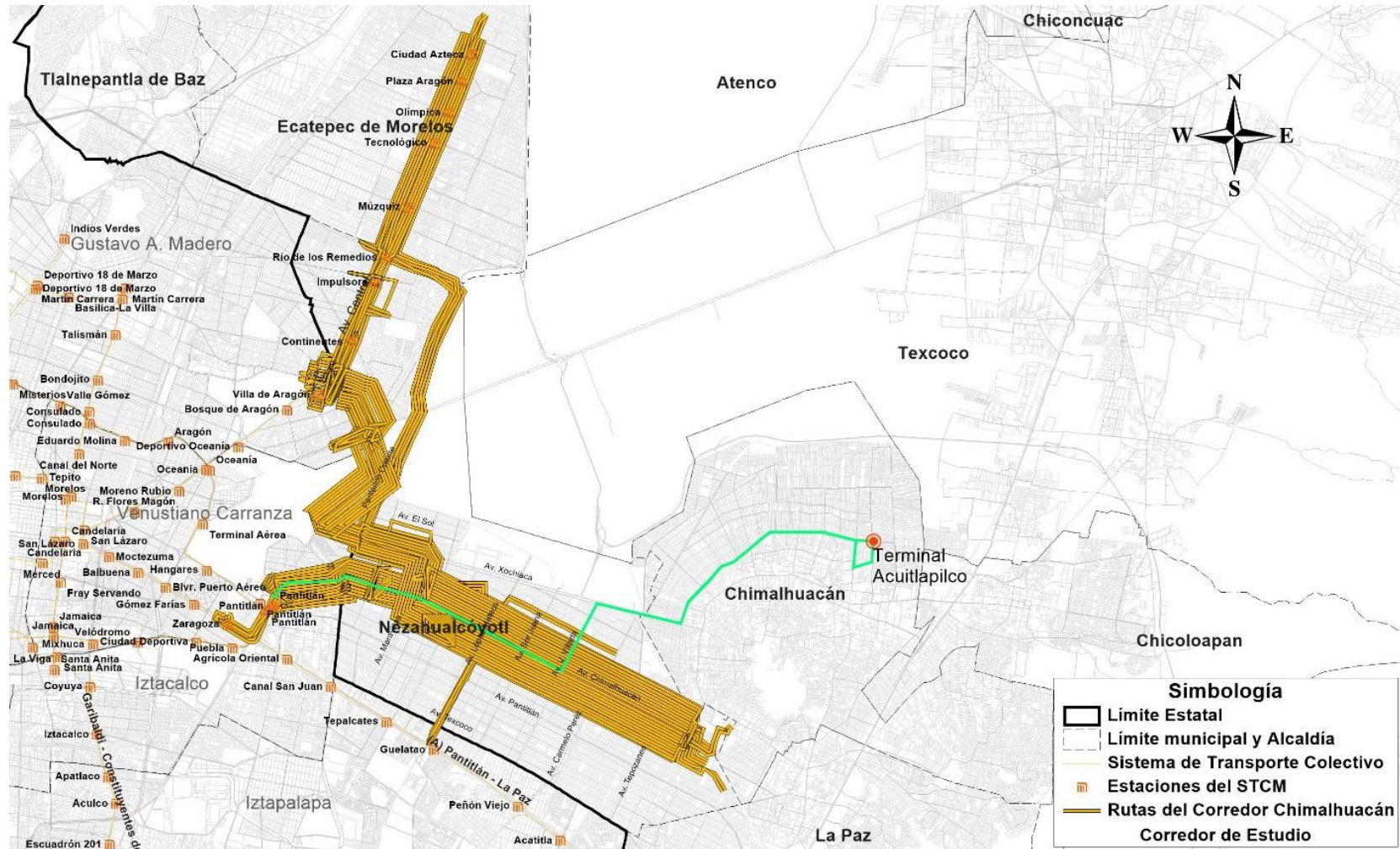
Fuente: Elaboración Propia, con Información de www.viadf.mx y www.fonadin.gob.mx

Figura 24 Corredor Av. Chimalhuacán



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 25 Rutas del Corredor Av. Chimalhuacán



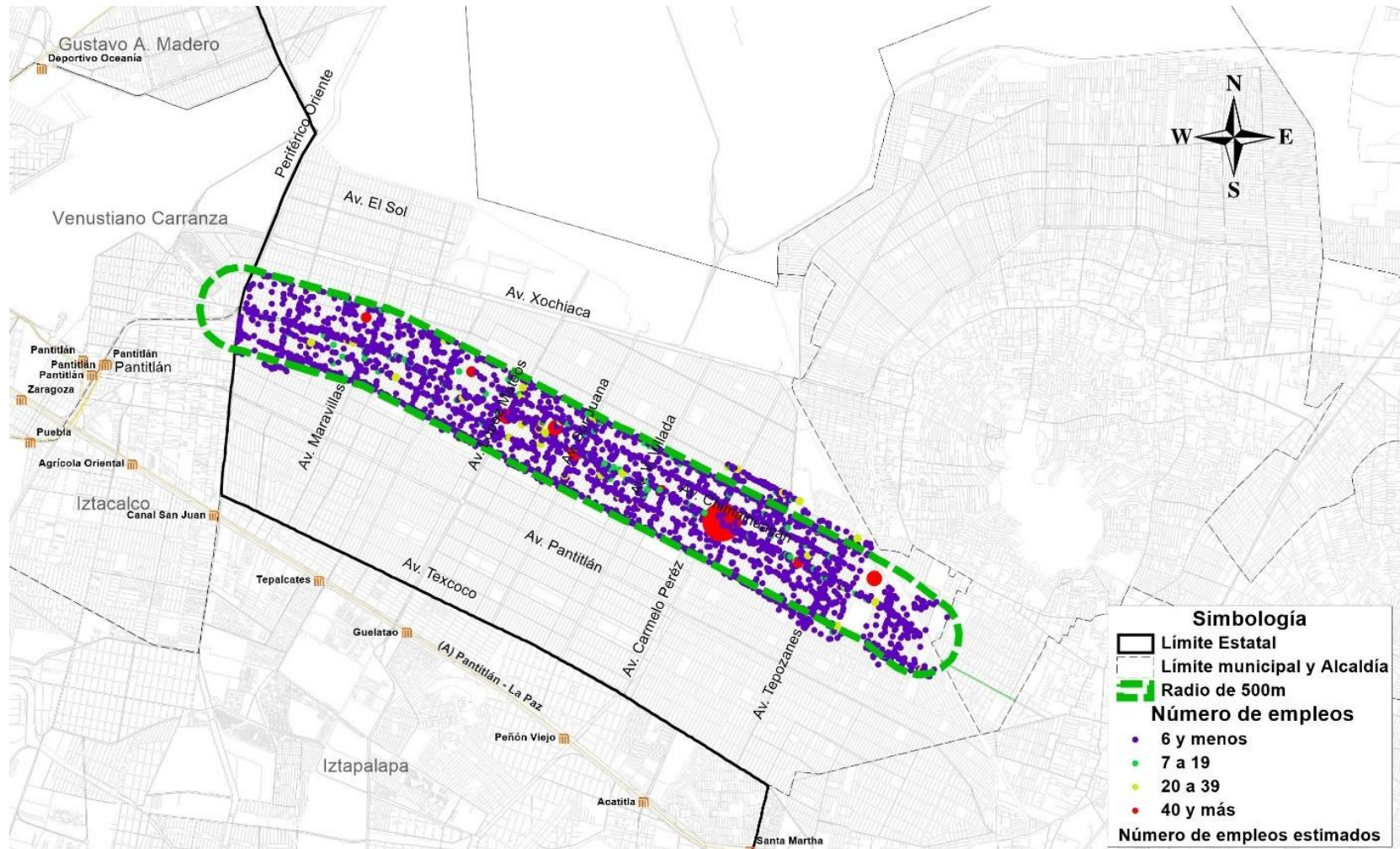
Fuente: Elaboración Propia, con información recopilada de moovitapp.com y viadf.mx.

Figura 29 Radio de análisis para el corredor Av. Chimalhuacán



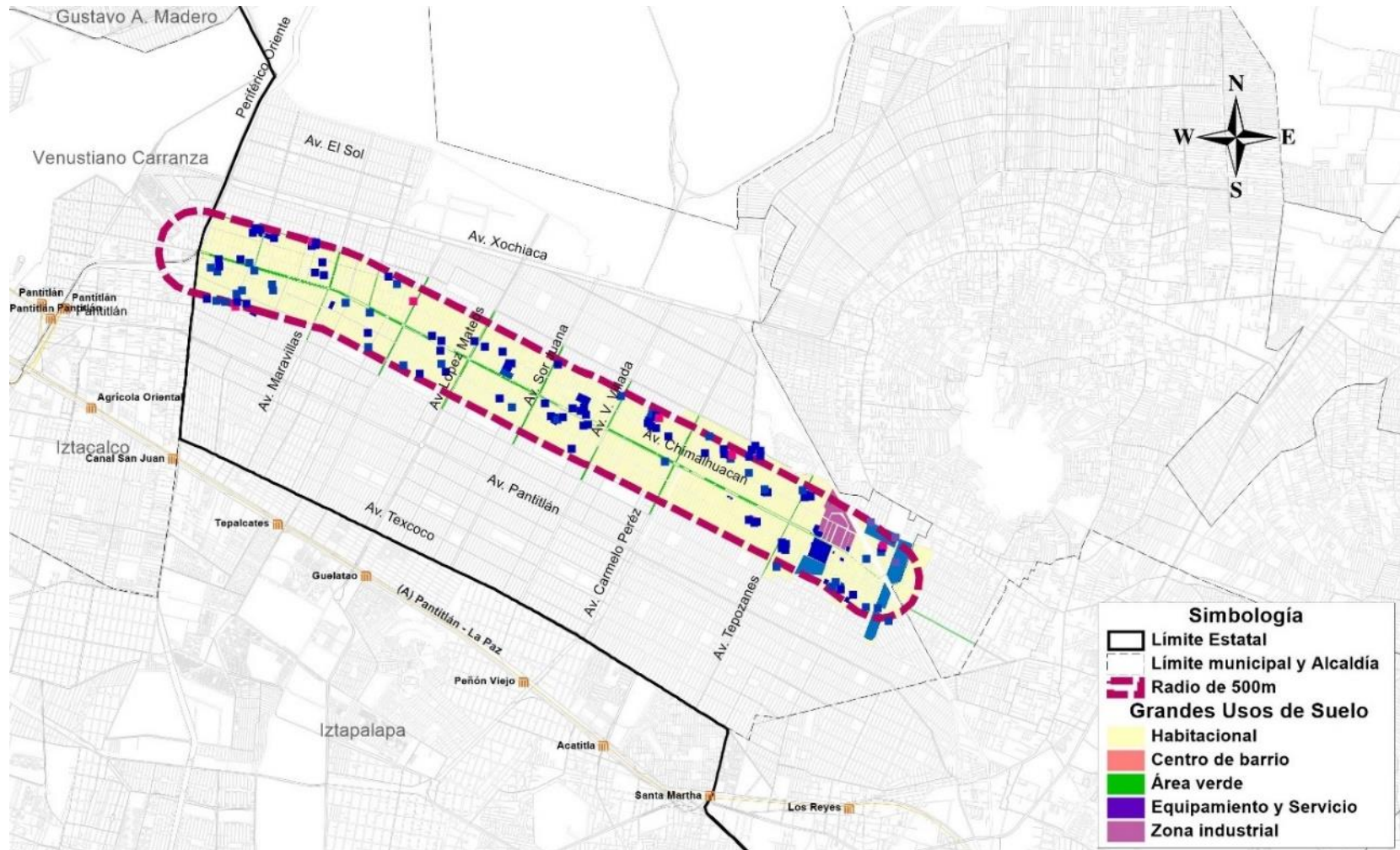
Fuente: Elaboración Propia.

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.



Fuente: Elaboración Propia.

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.



Fuente: Elaboración Propia, con datos de SCINCE INEGI 2020, Actualización del Plan de Desarrollo Urbano Municipal 2023.

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.



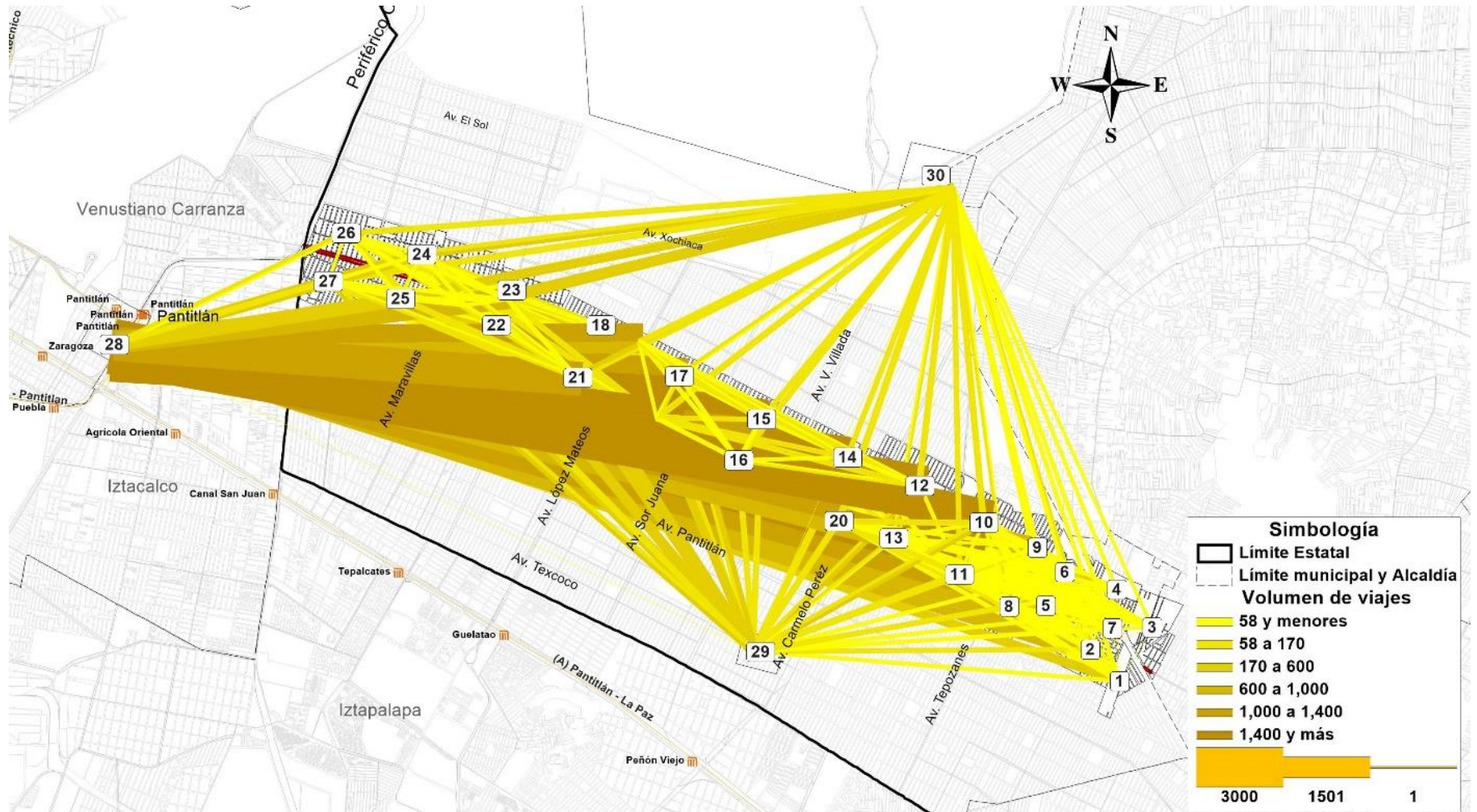
Fuente: Elaboración Propia

Figura 36 Producción y Atracción de viajes por zona de análisis



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 37 Distribución de los viajes origen destino de cada zona del corredor



Fuente: Elaboración Propia.

7.3 Anexo de producción académica



El Gobierno Municipal de Durango, a través de la Dirección Municipal de Desarrollo Urbano y en coordinación con los Colegios de Profesionistas en la materia, otorga el presente

RECONOCIMIENTO

Por su destacada participación en el "Curso de Actualización para Directores Responsables y Corresponsables de Obra 2024, Seguridad y Desarrollo Urbano".

CURSO DE ACTUALIZACIÓN PARA
DRO-DCO 2024

Al: *Lic. Ariana Badillo Brito*

ATENTAMENTE.

LIC. JOSÉ ANTONIO OCHOA RODRÍGUEZ
PRESIDENTE MUNICIPAL



Victoria de Durango, Dgo., Abril de 20



Universidad Autónoma del Estado de México

La Secretaría de Investigación y Estudios Avanzados

Otorga la presente

Constancia

a

Ariana Badillo Brito

Por su participación como **ponente**, con el trabajo: “Política pública para la planeación de la movilidad urbana en el municipio de Nezahualcóyotl; mediante Lineamientos de planeación estratégica de la movilidad urbana basada en datos abiertos”, en la *Exposición final de trabajos de la Unidad de Aprendizaje: Políticas de desarrollo, transporte y movilidad sustentable, 2023*, que se llevó a cabo en la Facultad de Ingeniería de la UAEMEX.

Toluca, México, 6 de diciembre de 2023.

Patria, Ciencia y Trabajo

“2023, Conmemoración de los 195 Años de la Fundación del Instituto Literario del Estado de México”



Doctora en Ciencias Sociales
Martha Patricia Zarza Delgado
Secretaria

ADMINISTRACIÓN
UNIVERSITARIA
2021-2025

SIEA



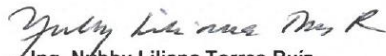

Ciudad de México, 10 de Enero de 2023

Dr. Marcelo Romero Huertas,
Director de la Facultad de Ingeniería
de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Por este conducto hago constar que la Lic. Ariana Badillo Brito participo en conferencia sobre los resultados del estudio de "**Estrategia Movilidad Empresarial para el Grupo Cal y Mayor**" considerando ello una aportación metodológica para la empresa Cal y Mayor y Asociados, en el periodo de 14 al 25 de noviembre de 2022, demostrando habilidades y contribuciones significativas para su exitosa realización.

Esta constancia se otorga a petición de la Lic. Ariana Badillo Brito para los fines que estime conveniente. Quedamos a disposición para proporcionar cualquier información adicional que pueda requerir.

Cordialmente.


Ing. Nabby Liliana Torres Ruiz
Gerente de Movilidad Urbana y Tránsito
ntorres@calymayor.com.mx
 Cal y Mayor y Asociados



México Canadá 110, Parque San Andrés, Coyoacán, 04040, Ciudad de México T. +52 (56) 5985 1050	Colombia Carrera 19B # 84-17, Oficina 704, Bogotá T. +57 (601) 718 0735	EE.UU. Chorro 1326, San Luis Obispo, California, 93401 T. +1 (805) 544 9700	Panamá Edificio Ventura Office Oficinas 303 y 304, Via Grecia, El Carmen, Ciudad de Panamá T. +(507) 381 3346 / 47	Perú Calle Bolívar 472, Edificio Business Club, Torre 1 Oficina 902, Miraflores Lima 18 T. +51 (1) 249 5703	El Salvador Calle a Santa Tecla Residencial El Carmen Pasaje Flor de Loto, Casa 9 Santa Tecla, La Libertad T. +503 2278 1447	Bolivia Urbanización Cañoto Calle Los Mellizos N-4 entre radial 17 1/2 y Pílaso Santa Cruz de la Sierra T. + 591 3321 3743
---	--	--	--	---	--	--



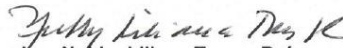
Ciudad de México, 21 de abril de 2023

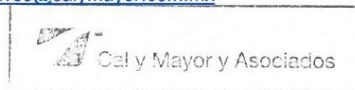
Dr. Marcelo Romero Huertas,
Director de la Facultad de Ingeniería
de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Por este conducto hago constar que la Lic. Ariana Badillo Brito participo en conferencia denominada "**Estudios de demanda a nivel paramétrico**" considerando ello una aportación metodológica para el área de consultoría de la empresa Cal y Mayor y Asociados, el 21 de abril de 2023, demostrando habilidades y contribuciones significativas para su exitosa realización.

Esta constancia se otorga a petición de la Lic. Ariana Badillo Brito para los fines que estime conveniente. Quedamos a disposición para proporcionar cualquier información adicional que pueda requerir.

Cordialmente.


Ing. Nubby Liliana Torres Ruiz
Gerente de Movilidad Urbana y Tránsito
ntorres@calymayor.com.mx



- | | | | | | | |
|---|--|--|--|---|--|---|
| México
Canadá 110,
Parque San Andrés,
Coyoacán, 04040,
Ciudad de México
T. +52 (55) 5985 1050 | Colombia
Carrera 195 # 84-17,
Oficina 704,
Bogotá
T. +57 (601) 718 0735 | EE.UU.
Chorro 1326,
San Luis Obispo,
California, 93401
T. +1 (805) 544 9700 | Panamá
Edificio Ventura Office
Oficinas 303 y 304,
Via Grecia, El Carmen,
Ciudad de Panamá
T. +(507) 381 3346 / 47 | Perú
Calle Bolívar 472,
Edificio Business Club,
Torre 1 Oficina 902,
Miraflores Lima 18
T. +51 (1) 249 5703 | El Salvador
Calle a Santa Tecla
Residencial El Carmen
Pasaje Flor de Loto, Casa 9
Santa Tecla, La Libertad
T. +503 2278 1447 | Bolivia
Urbanización Cañedo
Calle Los Mellizos N-4
entre radial 17 1/2 y Pitao
Santa Cruz de la Sierra
T. + 591 3321 3743 |
|---|--|--|--|---|--|---|

Profesional de datos de la oficina web www.calymayor.com.mx para procesos internos. Autor de Responsabilidad



Ciudad de México, 21 de octubre de 2023

Dr. Marcelo Romero Huertas,
Director de la Facultad de Ingeniería
de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Por este conducto hago constar que la Lic. Ariana Badillo Brito participo de manera activa y comprometida en el desarrollo y ejecución de la investigación y nota técnica de “**Los PIMUS en las zonas metropolitanas de México**” elaborada entre el 13 de septiembre y 14 de octubre de 2023, demostrando habilidades y contribuciones significativas para su exitosa realización.

Esta constancia se otorga a petición de la Lic. Ariana Badillo Brito para los fines que estime conveniente. Quedamos a disposición para proporcionar cualquier información adicional que pueda requerir.

Cordialmente.


Ing. Nubby Liliana Torres Ruiz
Gerente de Movilidad Urbana y Tránsito
ntorres@calymayor.com.mx
 Cal y Mayor y Asociados

www.calymayor.com.mx 

 México Canadá 110, Parque San Andrés, Coyoacán, 04040, Ciudad de México T. +52 (55) 5985 1050	 Colombia Carrera 198 # 84-17, Oficina 704, Bogotá T. +57 (601) 718 0735	 EE.UU. Chorro 1326, San Luis Obispo, California, 93401 T. +1 (805) 544 9700	 Panamá Edificio Ventura Office Oficinas 303 y 304, Via Grecia, El Carmen, Ciudad de Panamá T. +507 381 3346 / 47	 Perú Calle Bolívar 472, Edificio Business Club, Torre 1 Oficina 902, Miraflores Lima 18 T. +51 (1) 249 5703	 El Salvador Calle a Santa Tecla Residencial El Carmen Pasaje Flor de Loto, Casa 9 Santa Tecla, La Libertad T. +503 2278 1447	 Bolivia Urbanización Cañoto Calle Los Melizos N-4 entre radial 17 12 y Pitao Santa Cruz de la Sierra T. + 591 3321 3743
---	--	--	--	---	--	---



El Instituto Boliviano de Urbanismo IBU y la Carrera de Arquitectura y Urbanismo de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Confieren el presente certificado a:

ARIANA BADILLO BRITO

por su participación en calidad de **EXPOSITOR** con el tema: "ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD COTIDIANA CON PERSPECTIVA DE GÉNERO, EN EL MUNICIPIO DE NEZAHUALCÓYOTL, EN EL ESTADO DE MÉXICO" en el **II CONGRESO BOLIVIANO DE URBANISMO**, llevado a cabo de forma virtual y presencial en la ciudad de Tarija del 6 al 10 de noviembre de 2023.


JUAN RAMÓN RIVERA C.
PRESIDENTE IBU


MARCELO SEGOVIA C.
DECANO FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
U.A.J.M.S.


MARIO VENTURA P.
DIRECTOR DE CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO U.A.J.M.S.

