



Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales

Doctorado en Estudios Urbanos y Ambientales

Promoción 2008-2012

**LA ACCESIBILIDAD COMO INSTRUMENTO ANALÍTICO
PARA COMPRENDER LA ORGANIZACIÓN ESPACIAL DE
LA CIUDAD DE MÉXICO.**

Un estudio a dos escalas usando *Space Syntax*

Tesis presentada por:

RUBÉN GARNICA MONROY

Para obtener el grado de:

DOCTOR EN ESTUDIOS URBANOS Y AMBIENTALES

Directora: Dra. María Eugenia Negrete Salas

Ciudad de México, 2012



Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales

Doctorado en Estudios Urbanos y Ambientales

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Director de tesis: _____

Aprobada por el Jurado Examinador:

1. Prof. Boris Graizbord Ed _____

2. Dr. Salomón González Arellano _____

3. Dr. Manuel Ordorica Mellado _____

México, D.F.

26 de Noviembre de 2012

“Automobiles are often conveniently tagged as the villains responsible for the ills of cities and the disappointments and futilities of city planning. But the destructive effects of automobiles are much less a cause than a symptom of our incompetences at city building”

Jane Jacobs

The Death and Life of Great American Cities, 1964: 17

AGRADECIMIENTOS

Dedico esta investigación a Vero, por ser mi gran amiga y esposa y una apasionada por su trabajo para mejorar la vida de los que habitamos las ciudades, porque sin su apoyo esto no hubiera sucedido. A Mateo y Paula, para quienes este esfuerzo es aún incomprensible. También le dedico ésta a todos los que luchan desde sus trincheras porque tengamos ciudades mejor planeadas, más limpias y con ciudadanos dignos de ellas.

Realizar esta investigación ha sido una de las empresas mas grandes que se me han presentado en mi vida, reconozco que no habría sido posible sin la inspiración ni la participación directa o indirecta de mucha gente. Agradezco a mi directora y amiga María Eugenia Negrete, cuya guía en todo el proceso de la investigación resulta invaluable, además de su lectura meticulosa que hicieron este texto más claro para los lectores; al profesor Boris Graizbord, cuya lectura crítica y cuestionamientos me permitieron aclarar muchas veces el objeto de realizar esta investigación. Dentro del CEDUA de El Colegio de México, reconozco el apoyo del Dr. Luis Jaime Sobrino, coordinador del programa, y a todos los profesores que discutieron y cuestionaron ampliamente mi investigación, pero que al final le otorgaban el beneficio de la duda.

Esta investigación no se habría podido realizar sin la invaluable ayuda de Miguel Uribe, porque me facilitó una copia de su cartografía digital de la ciudad de México y después me ayudó a optimizar *Mindwalk*, sin lo cual no se habría podido realizar el análisis de accesibilidad. También agradezco a Raúl Lemus por haberme enseñado y ayudado a resolver mis problemas con el SIG. Hago una mención especial tanto a Enrique Olguín y Betzabeth Aguilar de Centro Geo, que pusieron a mi disposición un equipo para poder correr el modelo, como a Víctor Ferreira, quien desde Lisboa me ayudó a hacer algunas pruebas para el análisis de la ciudad.

Agradezco el apoyo del gran ejército de amigos y familia: a todos los “Mártires del Doctorado” por su aliento, discusiones, pero especialmente por esos grandes momentos de risas y camaradería; a Claudia, por su ayuda y discusiones respecto a la correcta interpretación de *Space Syntax*; a Marisol, Balazs y José, por estar siempre al pendiente de mis avances; a mi gran familia *Shalom*, quienes me han enseñado lo que es vivir la fe; a mis amigos (que son muchos y que sería injusto omitir a alguno) que han estado observando esta etapa de mi vida y me alientan, porque sé que cuento con ellos; y a mi familia por su apoyo en todo momento - Miriam, Gabriel, Fita, Miguel y los Garnica Sánchez, al Dr. Juan Manuel Garibay, Eréndira, los Garibay Wendler y los Garibay Allen. Finalmente, reconozco que esta investigación no habría sido posible sin el apoyo de CONACYT.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
El modelo empleado	3
El caso de estudio	4
Hipótesis de la investigación	5
Objetivo de la investigación	6
Estructura del documento	6
CAPÍTULO I. LA ACCESIBILIDAD.....	9
La organización espacial de las ciudades.....	10
Cinco diferentes formas de entender y planificar la ciudad.....	12
Hacia una planificación integral	18
La accesibilidad como instrumento analítico.....	23
La accesibilidad en las dimensiones urbanas.....	27
La accesibilidad y la dimensión espacial.....	29
La accesibilidad y la dimensión social	32
La accesibilidad y la dimensión temporal.....	34
Conclusiones	35
CAPÍTULO II. MEDICIÓN DE LA ACCESIBILIDAD	39
Técnicas para la medición de la accesibilidad	40
1. Accesibilidad por índices compuestos.....	40
1.1. Oportunidades acumuladas	40
1.2. Basada en la utilidad	44
1.3. Modelos gravitacionales	47
2. Accesibilidad espacio-temporal	53
3. Accesibilidad a partir del análisis de redes.....	55
3.1. Accesibilidad relativa	56
3.2. Accesibilidad integral	57
3.3. Space Syntax.....	59
Criterios para la selección de una técnica de medición.....	66
Escala analizadas por las diferentes técnicas de medición.....	67
Variables requeridas por los modelos para la medición de la accesibilidad.....	70
Características de los resultados obtenidos de la medición de la accesibilidad.....	73
Potencial de uso de los resultados obtenidos de la medición de la accesibilidad	75

Selección de la técnica para el estudio de caso	78
<i>Space Syntax</i> como herramienta de análisis	79
CAPÍTULO III. SPACE SYNTAX	83
La ciudad como una entidad	83
Premisas de <i>Space Syntax</i>	84
Herramientas de representación y análisis	87
El mapa axial	88
El mapa de segmentos	89
El mapa de líneas continuas.....	90
Principales mediciones.....	93
La relación forma – organización en las ciudades	96
La rueda deformada	97
El proceso dual de creación	99
El movimiento natural	100
La economía del movimiento	102
La centralidad como un proceso	103
Limitaciones y alcances de <i>Space Syntax</i> para la investigación	107
CAPÍTULO IV. Descripción de la ciudad de México y su estructura vial.....	111
La planificación en la ciudad de México	112
Dos programas “integradores” de las actividades y el transporte.....	119
Descripción visual de la estructura vial de la ciudad	123
Propiedades de la red vial	130
Longitud de líneas continuas	131
Conectividad.....	138
Longitud de “frente de cuadra”.....	145
CAPÍTULO V. La accesibilidad de la ciudad de México usando <i>Space Syntax</i>	151
Los objetivos del análisis de accesibilidad.....	152
Inteligibilidad y sinergia	154
Inteligibilidad.....	154
Sinergia.....	156
Accesibilidad metropolitana	157
La ciudad accesible.....	162
Accesibilidad local.....	171
Núcleos de accesibilidad.....	180

Núcleos categoría 1.....	184
Núcleos categorías 2 y 3	186
Corredores urbanos.....	190
Comparación con los objetivos de dos programas de desarrollo urbano	193
Programa de General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal –PGDUDF-	193
Programa de Ordenación de la ZMVM –POZMVM-	198
Conclusiones	202
CONCLUSIONES.....	205
El potencial de la accesibilidad y la pertinencia de <i>Space Syntax</i> como modelo de análisis	205
La estructura de la Ciudad de México.....	208
Las diferentes escalas de la Ciudad de México y los efectos recíprocos con el transporte de alta capacidad.....	210
El Metro.....	211
Posibles investigaciones en el futuro	212
Anexo A: Metodología para la elaboración del mapa de líneas continuas del AUCM	235
Cartografía.	235
Criterios para la elaboración de los mapas.....	241
Consideraciones para la determinación del tipo de análisis a elaborar	246
Mapa axial.	246
Mapa de segmentos.	246
Mapa de líneas continuas.....	247
Anexo B. Definición de los sectores propuestos por la COMETAH.....	249
Sectores metropolitanos	249
Núcleos de centralidad de los sectores.....	250
Referencias.....	253

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Escalas analizadas por las técnicas de medición de la accesibilidad.....	69
Cuadro 2.2. Variables requeridas por los modelos para la medición de la accesibilidad	72
Cuadro 2.3. Características de los resultados obtenidos por las técnicas de medición de la accesibilidad	74
Cuadro 2.4. Potencial de uso de los resultados obtenidos de la medición de la accesibilidad	77
Cuadro 2.5. Variables requeridas y disponibles para la medición de la accesibilidad empleando accesibilidad integral y <i>Space Syntax</i>	81
Cuadro 4.1. Las 35 líneas más largas de la Ciudad de México.....	137
Cuadro 4.2 Relación entre conectividad y longitud de las líneas	142
Cuadro 4.3. La conectividad de la red del Metro	144
Cuadro 4.4. Relación entre longitud de “frente de cuadra”, tipo de flujos predominantes y su tendencia a ser modificado	146
Cuadro 5.1. Cuadro comparativo entre la <i>ciudad accesible</i> y el AUCM, respecto a su longitud y longitud de “frente de cuadra”.....	167
Cuadro 5.2. Niveles de accesibilidad (metropolitana y local) de las líneas del Metro	179
Cuadro 5.3. Las 27 líneas más accesibles de la Ciudad de México a escala local.	182
Cuadro 5.4 Núcleos de accesibilidad y tipo de población que los habita.....	190
Cuadro 5.5. Cuadro comparativo de núcleos de accesibilidad y centros propuestos por el PGDUDF	196
Cuadro 5.6. Corredores urbanos propuestos por el PGDUDF y su coincidencia con los corredores urbanos (por accesibilidad)	197
Cuadro 5.7 Coincidencias entre los Sectores Metropolitanos y Núcleos de accesibilidad y Corredores Urbanos	201
Cuadro A.1. Cuadro indicativa de las delegaciones y municipios considerados en el AUCM y la ZMVM del año 2000.....	235
Cuadro A.2. Características de las once líneas del Metro	241

ÍNDICE DE FIGURAS

Nota: El asterisco (*) indica que la figura es a color, éstas se pueden apreciar en la versión electrónica adjunta al documento impreso.

Figura 1.1. Ciclo de interacción entre el uso del suelo y el transporte	24
Figura 1.2. Dimensiones y componentes de la ciudad	29
Figura 1.3. Componentes espaciales de la accesibilidad	30
Figura 1.4. Ambiente de la circulación.....	31
Figura 2.1. Tipos de viajes	46
Figura 2.2. Trayectorias y prismas espacio-temporales.....	54
Figura 2.3. Accesibilidad relativa e integral	56
Figura 2.4. Mapa axial. Área central de la Ciudad de México.....	60
Figura 3.1 El espacio como elemento intrínseco de las actividades humanas.....	86
Figura 3.2. Comparación del patrón espacial de dos sistemas similares.....	87
Figura 3.3. Mapa axial de un pequeño pueblo francés.....	88
Figura 3.4. Mapa de segmentos de una pequeña parte de Londres.....	89
Figura 3.5. Tres representaciones del mismo camino curvo.....	91
Figura 3.6. Líneas agregadas.....	92
Figura 3.7. Mapa de líneas continuas	93
Figura 3.8. Estructura de <i>rueda deformada</i>	98
Figura 3.9. Proceso dual de creación. Nicosia, Chipre.....	100
Figura 3.10. Relaciones de influencia entre atractores, configuración y movimiento.....	101
Figura 3.11. Relación entre localización de actividades y configuración espacial.....	103
Figura 3.12. Accesibilidad local de un área de la ciudad de México.....	105
Figura 3.13. Identificación de subcentros a partir de la intensificación de la traza.....	106
Figura 4.1. Crecimiento de la ciudad de México	112
Figura 4.2. Distribución de viajes por modo de transporte	119
Figura 4.3. Estructura Urbana para los años 1984 y 2000	121
Figura 4.4. Sectores metropolitanos propuestos por la COMETAH.....	122
Figura 4.5. Trazas de las delegaciones Cuauhtémoc y Benito Juárez	124
Figura 4.6. Diferentes trazas al poniente de la ciudad de México.....	125
Figura 4.7. Trazas en el oriente de la ciudad de México	126
Figura 4.8. Diferentes densidades en la Ciudad de México	128
Figura 4.9. Trazas irregulares de la Ciudad de México.....	130

Figura 4.10. Distribución de las líneas del AUCM por su longitud.	132
Figura 4.11. Distribución de las líneas del AUCM por su conectividad.	139
Figura 4.12. Conectividad de la red vial de la Ciudad de México.....	143
Figura 4.13. Longitud de frente de cuadra del AUCM	149
Figura 5.1. Inteligibilidad de la ciudad de México	156
Figura 5.2. Sinergia en la ciudad de México	157
Figura 5.3. Centros y corredores urbanos en el Distrito Federal para los años 1984 y 2000	173
Figura 5.4. Sectores metropolitanos y sus núcleos de centralidad propuestos por la COMETAH .	174
Figura 5.5. Pruebas del análisis de accesibilidad con diferentes radios	178
Figura 5.6. Sinergia de las 12 líneas mas accesibles a nivel local y metropolitana	183
Figura 5.7. Conexión del núcleo Ecatepec (N2) con la estructura vial	188
Figura 5.8. Conexión del núcleo Polanco (N3) con la estructura vial	189
Figura 5.9. Comparación de los centros urbanos, subcentros y corredores urbanos propuestos por el PGDUDF y los niveles de accesibilidad local de la estructura vial	195
Figura 5.10. Núcleos de accesibilidad dentro del Circuito Interior.	199
Figura A.1. Red del Metro (año 2000)	240
Figura A.2. Comparativo de mapas mostrando la eliminación de polilíneas que no formaban anillos de circulación.	242
Figura A.3. Comparativo de mapas mostrando la simplificación de las glorietas	243
Figura A.4. Criterios para representar los accesos a las estaciones del Metro.	245
Figura B.1. Sectores metropolitanos propuestos por la COMETAH	251
Figura B.2. Núcleos de centralidad propuestos por Metrópoli 2025	252

ÍNDICE DE MAPAS

Nota: Todos los mapas son a color, éstos se pueden apreciar mejor en la versión electrónica adjunta al documento impreso.

Mapa 1. Área urbana de la ciudad de México	214
Mapa 2. Estructura vial del AUCM.....	215
Mapa 3. Área compacta y dispersa dl AUCM	216
Mapa 4. Grandes vacíos dentro de la estructura vial del AUMC	217
Mapa 5. AUCM. Longitud de líneas.....	218
Mapa 6. AUCM. Comparativo entre líneas mayores a 3Km. y vialidades primarias.....	219
Mapa 7. AUCM. 35 líneas más largas.....	220
Mapa 8. AUCM. Conectividad.....	221
Mapa 9. AUCM. Longitud de “frente de cuadra”	222
Mapa 10. Accesibilidad metropolitana.....	223
Mapa 11. Accesibilidad metropolitana. La ciudad accesible	224
Mapa 12. La ciudad accesible. Primer intervalo	225
Mapa 13. La ciudad accesible. Primer intervalo comparado con las vialidades primarias	226
Mapa 14. La ciudad accesible. Segundo intervalo.....	227
Mapa 15. La ciudad accesible. Tercer intervalo.....	228
Mapa 16. Accesibilidad local (R3).....	229
Mapa 17. Accesibilidad local. Líneas más accesibles	230
Mapa 18. Accesibilidad local. Núcleos categoría 1	231
Mapa 19. Accesibilidad local. Núcleos de centralidad	232
Mapa 20. Accesibilidad local. Corredores urbanos.....	233
Mapa 21. Accesibilidad local + Núcleos de centralidad + Corredores urbanos	234

INTRODUCCIÓN

Al hablar de la forma urbana, es común encontrarse con visiones muy diversas, así que se puede hablar de ella como el resultado de la competencia entre productores y/o consumidores con el fin de localizarse en los sitios de mayor conveniencia de acuerdo a la combinación más favorable entre localización y cantidad de espacio; también se puede explicar como el escenario de la interacción social y autoexpresión de sus habitantes; o como la distribución de polos de atracción que generan flujos, que modifican la organización funcional y su configuración; o se ve como una red de puntos geográficos interconectados en un sistema por un número de rutas, o como una composición geométrica capaz de organizar las actividades, incluyendo la densidad de ocupación del suelo.

Pero lo importante de la ciudad no es sólo su forma o apariencia, o sólo los procesos sociales que se dan día a día, sino también el espacio donde se relacionan lo público y lo privado es decir, el espacio público. Éste es un sistema abierto y continuo que conforma el esqueleto de la ciudad y cuya morfología es la evidencia de cómo la sociedad ha adaptado y transformado el territorio con el fin de poder lograr una organización espacial de las actividades favorable para sus habitantes.

Casi cualquiera de estas explicaciones parten del hecho tácito pero observado (Jacobs, 1964) de que los lugares con una buena accesibilidad son más atractivos y tienen un valor en el mercado mayor, ya que responden a la lógica de que la gente se localizará en lugares que optimicen el acceso a los servicios necesarios para su vida (Makri, 2001: 8).

Sin embargo al momento de planificar las ciudades se sigue teniendo, generalmente, una visión sectorizada, es decir, para cada uno de los elementos que integran el espacio urbano, la vivienda, las oficinas y comercios, los equipamientos, la red vial, el transporte, etc., se planean de una manera independiente, como si sus acciones no tuvieran un impacto en los otros sectores.

Buscando una solución para el problema de la expansión territorial, por una parte, y de la movilidad en las ciudades por el otro, se han buscado alternativas al paradigma de planeación urbana: de una planeación basada en la predicción-provisión de infraestructura para las necesidades de desplazamientos de los habitantes, (enfoque desde la oferta), hacia una *planeación integral* (Banister, 2002), que incida en una menor demanda de viajes, la cual se debe

entender como: *el arreglo eficiente de las actividades en la ciudad empleando la proximidad entre éstas y una mayor conectividad provista por los diferentes modos de transporte, es decir, a partir de la accesibilidad.*

La principal diferencia observada en el cambio hacia una planificación integral basada en la accesibilidad, es que se integra la planeación de los usos de suelo y del transporte, considerando no solo los orígenes y los destinos distribuidos en el territorio (únicos elementos considerados por los análisis basados en la movilidad), sino la proximidad de las actividades y su grado de conexión por el sistema de transporte.

Las implicaciones de este cambio aún cuando parecen simples resultan muy significativas, no solamente para los planificadores sino también para los tomadores de decisiones y los habitantes, ya que:

- El concepto de accesibilidad en sí provee las bases para hacer balances entre las políticas de uso de suelo y del transporte.
- Permite a los planificadores evaluar los efectos por los cambios en el transporte y en el uso de suelo a partir del potencial de interacción entre lugares distribuidos en la estructura urbana.
- Evidencia la importancia del transporte y los usos de suelo para los hogares y empresas, porque para éstos lo importante es tener acceso a los lugares de su interés.
- Puede servir como un indicador económico si se emplea como un valor de insumo para el cálculo de los beneficios económicos generados por los cambios en el uso de suelo y transporte.
- Al presentar la disponibilidad de los diferentes destinos deseados para los individuos y para medir la equidad social (dependiendo de la posibilidad de diferenciación y desagregación espacial de cada medida, acotada por las condiciones socioeconómicas ya sea de los grupos sociales o de los individuos) puede funcionar como un indicador social.

Una mejora en la accesibilidad en las ciudades conlleva a beneficios tales como: la reducción de la necesidad de viajes, especialmente los hechos en automóvil; el mejoramiento de la calidad ambiental, la seguridad, y por lo tanto, la calidad de vida; la creación de nuevos desarrollos inmobiliarios determinados por su localización, escala, densidad y diseño.

Resulta entonces conveniente plantearse la pertinencia de realizar una investigación que considere la accesibilidad como el eje articulador de la planificación del transporte y de los usos de suelo de la ciudad.

El modelo empleado

En términos prácticos, la accesibilidad se entiende como un índice que asocia las oportunidades (sean servicios de salud, educación, mercado, recreación, las fuentes de empleo, las redes de transporte público ó algún otro equipamiento urbano) con los costos que implica alcanzarlas, y donde las variaciones del índice de accesibilidad generalmente dependen del “tamaño” de la oportunidad y/o de la “distancia” para alcanzarla.

Existen diferentes formas de medir la accesibilidad, dependiendo del tipo de análisis, propósito y variables por observar: por índices compuestos, con prismas espacio-temporales y a partir del análisis de redes (Batty, 2009). Si se utilizan las mediciones con índices compuestos, se señalará el comportamiento de los individuos en relación a las actividades económicas y sociales de su interés a partir del costo que les implique llegar de un lugar a otro. En cambio, si se hace un análisis con prismas espacio-temporales, cada uno de estos muestra el comportamiento de un individuo, donde sus limitaciones de tiempo y presupuesto son las que determinan su conducta de viaje y selección del destino. Por su parte, los análisis de redes se basan en las características geométricas y topológicas de la ciudad y emplean la red vial como la variable de análisis, por lo que es posible observar cómo influyen los cambios de la infraestructura de la ciudad a toda la estructura urbana.

En esta investigación para estudiar la accesibilidad se decidió emplear el análisis de redes debido a la importancia que tiene la estructura vial para el crecimiento y desarrollo interno de la ciudad, a la relativa facilidad que implica hacer el análisis (a diferentes escalas) a partir solamente de la red vial y las características de representación gráfica, interpretabilidad y facilidad para comunicar los resultados a los no expertos los resultados obtenidos.

De las tres formas de medir la accesibilidad a partir del análisis de redes: la accesibilidad relativa, la accesibilidad integral y *Space Syntax* se decidió emplear el tercero, ya que solamente utiliza la estructura vial para calcular los niveles de accesibilidad, midiendo la cercanía relativa de cada uno de los componentes con el resto, esto es a partir de las conexiones físicas de las líneas que definen las rutas más cortas de la red.

El modelo *Space Syntax* fue desarrollado para entender la ciudad a partir de su configuración espacial, empleándola como una variable independiente, pero determinante en la organización de los sistemas sociales, lo cual permite observar el grado de influencia de los factores sociales en la configuración de éstas y explorar las consecuencias de cambios que podrían haber ocurrido u ocurrir en un futuro. Los resultados obtenidos en los análisis empleando el modelo *Space Syntax* han ayudado a entender el funcionamiento de un sistema urbano, ya que la cantidad de movimiento peatonal o vehicular que registra cada una de las calles está fuertemente influenciado por sus valores de accesibilidad, al igual de su localización respecto a todo el sistema (Hillier et al., 1993).

De acuerdo a resultados obtenidos en análisis de muchas ciudades de todo el mundo empleando *Space Syntax*, se ha encontrado una fuerte correlación entre las mediciones obtenidas (accesibilidad –global y local- principalmente) y la dinámica u organización espacial de las ciudades, encontrando asociaciones directas entre algunos fenómenos urbanos como densidad poblacional, valores de suelo, usos de suelo, tráfico vehicular y peatonal, entre otros (Hillier y Vaughan, 2007).

El caso de estudio

En el año 2000, la ciudad de México era la zona metropolitana más extensa y poblada del país. Cubría un área aproximada de 7,815 km² y estaba conformada por 16 delegaciones y 61 municipios de tres entidades federativas: Distrito Federal, Estado de México e Hidalgo.

Su tamaño es producto de procesos demográficos, de concentración de actividades económicas y políticas de ocupación del suelo a lo largo del tiempo, principalmente en la segunda mitad del siglo XX. El crecimiento se dio a lo largo de las principales vialidades y carreteras que la comunicaban con otras ciudades, por lo que se construyó infraestructura vial y para el transporte que ayudaron a la consolidación de la ciudad (como el Metro, los Cetrans, las terminales de autobuses de pasajeros y el aeropuerto) (Garza Villarreal, 2003).

A lo largo de este tiempo, las autoridades han buscado controlar y regular el crecimiento de la ciudad, que parece mas bien producto de los procesos sociales, económicos, políticos y culturales que de una verdadera planificación y regulación de su parte. Es así, durante este gran lapso de tiempo, se pueden encontrar planes para el ordenamiento y desarrollo urbano tanto para

el Distrito Federal como para los municipios del Estado de México pero siempre diferenciando a los sectores de desarrollo urbano y transporte (Gobierno del Distrito Federal, 2000).

Sin embargo, en ningún programa de desarrollo urbano se analizaron “los impactos en el desarrollo urbano de los distintos lineamientos establecidos para la planeación, proyectos y programaciones de obras de infraestructura del transporte, de las diferentes dependencias involucradas en la ZMVM” (Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos, 1998: 111); tampoco había “algún indicador de la cantidad relativa de infraestructura y los servicios de transporte que facilitan los viajes (accesibilidad “ex ante”)” (Islas Rivera, 2000: 91).

Hacer una medición de los niveles de accesibilidad de la ciudad de México empleando *Space Syntax* permitirá ayudar a entender cómo se ha construido la ciudad. No se tiene conocimiento de algún análisis del área urbana de la ciudad de México empleando el modelo de *Space Syntax*, razón por lo cual esta investigación también puede resultar relevante.

Hipótesis de la investigación

Al igual que en muchas ciudades, la planeación y organización espacial de las actividades en la Ciudad de México se ha realizado de una manera desarticulada por parte de los sectores de desarrollo urbano y transporte y vialidad, lo cual puede ser resultado de una visión causal en la que se piensa que la implementación del transporte es el resultado de la organización espacial de las ciudades o por el contrario, que tiene la capacidad de transformar e incluso crear espacios urbanos.

Para poder lograr una mejor coordinación entre los sectores de desarrollo urbano y transporte es indispensable tener presente que existe una relación sistémica. La accesibilidad es una propiedad del territorio que involucra la interacción entre diferentes zonas y la infraestructura para el desplazamiento de los individuos y por lo tanto, permite entender cómo es que las ciudades se organizan espacialmente.

A partir de esto, la investigación parte de la hipótesis que:

La configuración de la estructura vial de la ciudad de México condiciona el grado de accesibilidad de sus calles, lo que modifica la relación sistémica que existe entre la localización de las actividades y de transporte que posibilita el desplazamiento de los habitantes.

Objetivo de la investigación

El objetivo de esta investigación es presentar el concepto de la accesibilidad como un instrumento capaz de articular la planeación de los usos de suelo y el transporte, utilizando la red vial como organizadora del territorio. Para esto se decidió calcular y analizar los niveles de accesibilidad de las calles de la ciudad de México con el fin de:

- Advertir el potencial de la ciudad, a escalas metropolitana y de barrio, para una localización más eficiente de las actividades, empleando la proximidad entre éstas y una mayor conectividad provista por el sistema de transporte
- Señalar la forma en que se relacionan físicamente diferentes zonas de la ciudad,
- Entender la importancia que tiene la estructura vial y los sistemas de transporte para lograr una mejor integración entre éstas,
- Comparar los planes generales de desarrollo urbano y los niveles potenciales de accesibilidad que tiene la ciudad.

Estructura del documento

La presente investigación se divide en seis capítulos. En el primer capítulo se plantea el tema de la organización espacial de las ciudades y cómo la accesibilidad ha estado presente siempre en la planeación de las ciudades, pero poco aprovechado por los planificadores. Se inicia el capítulo con una revisión de las diferentes formas de entender las ciudades, con el fin de comprender los enfoques y énfasis que se le ha dado en la literatura especializada. La segunda sección de este capítulo plantea la necesidad de un cambio de paradigma en la planeación: de la planeación sectorizada (transporte y usos de suelo) hacia la planeación integral que emplea la accesibilidad como herramienta que permite constituir el transporte y los usos de suelo en un mismo sistema, con dinámicas particulares que actúan y se reflejan en el territorio. Posteriormente, se plantea una definición del concepto de accesibilidad a partir de la revisión de la literatura especializada, de la cual se señalan sus componentes esenciales y se propone ésta como un instrumento analítico útil para la planeación territorial. Finalmente, al ubicar el concepto de accesibilidad dentro de las tres dimensiones urbanas: la espacial, la social y la temporal, se puede observar el impacto que podría tener en las ciudades la aplicación de este instrumento.

El segundo capítulo presenta una revisión exhaustiva de la literatura especializada respecto a las diferentes formas de medición de la accesibilidad, observándose fundamentos, su operacionalización, sus variaciones y las ventajas y limitaciones de cada medición para, posteriormente agruparlas por tipo de análisis según la propuesta hecha por Batty (2009). Posteriormente se hace un análisis comparativo de las técnicas con respecto a ciertas características de interés para esta investigación: las escalas posibles de análisis, las variables requeridas por los modelos, las características de los resultados arrojados por cada técnica y el potencial de uso de éstos. Finalmente, se seleccionó la técnica o modelo mas pertinente a la hipótesis y objetivos de esta investigación.

El tercer capítulo describe el conjunto de teorías y técnicas que conforman el modelo *Space Syntax*. El capítulo esta dividido en cinco secciones, la primera presenta los fundamentos teóricos o premisas que dan cuerpo a las técnicas de medición de la accesibilidad; la segunda sección presenta de una manera breve las herramientas de representación y análisis empleadas por *Space Syntax*. A partir de estas herramientas y fundamentado también en los análisis de redes, es posible medir algunas propiedades configuracionales de la red, las cuales se presentan en la tercera sección, de las cuales la de mayor interés para esta investigación es el potencial de accesibilidad. La cuarta sección describe los principales hallazgos de la aplicación de *Space Syntax* en referencia a los fenómenos urbanos, destacando los temas de centralidad y el patrón morfológico de las ciudades (independientemente de su tamaño y cultura que los habita). Para concluir este capítulo, se hace referencia a sus limitaciones, para poder definir los alcances reales de esta investigación.

El cuarto capítulo describe el área de estudio de la ciudad de México de dos maneras. Se inicia con una breve reseña de algunas de las condicionantes mas importantes que impulsaron el crecimiento de la ciudad hasta llegar al año 2000. La siguiente sección presenta dos programas de ordenación urbana que han servido de referencia para los planes de desarrollo posteriores, porque buscaban vincular las actividades (representados en los usos de suelo) con el transporte para impulsar el desarrollo de la ciudad, proporcionando de una mejor manera los servicios requeridos por la población. Luego, se mencionan algunas de sus condiciones territoriales mas importantes, tales como extensión del área urbana, unidades político-administrativas que incluye y extensión, en kilómetros lineales, de la red vial y la manera en que los habitantes de la ciudad se desplazan

para realizar sus actividades. Finalmente, se describe la ciudad a partir de su red vial, observando sus propiedades de longitud, conectividad y tamaño de frente de cuadra.

En el quinto capítulo se analizan los niveles de accesibilidad de la ciudad de México a con un mapa de líneas continuas, basado en el modelo *Space Syntax*. Esta forma de analizar la ciudad permite identificar el potencial de desarrollo urbano y movimiento que tiene cada calle y por lo tanto, constituye un instrumento para la planeación integral. Con este modelo se hizo un diagnóstico de la ciudad a dos escalas: la metropolitana y la local, haciendo evidentes algunos procesos urbanos y tipos de movimiento particulares de la escala de análisis, por ejemplo, en la escala metropolitana es importante saber el potencial del territorio para la localización de ciertas actividades económicas como la industria o los servicios (como oficinas o fuentes de empleo) empleando modos de transporte que faciliten a los habitantes alcanzar estas oportunidades. Además, los resultados se compararon con dos programas de desarrollo urbano para la ciudad, con el fin de ver si había las condiciones físicas necesarias para alcanzar los objetivos trazados por las autoridades para el desarrollo de la ciudad. Los resultados muestran la capacidad de la herramienta para analizar la ciudad a un nivel territorial, pero como muchos modelos, será necesario complementar este análisis con mas información (como usos de suelo, densidades de ocupación de suelo, aforos peatonales y vehiculares y características socio-económicas de la población) para poder hacer el diagnóstico mucho más completo y preciso de la ciudad de México.

Se concluye la investigación con la discusión respecto a la pertinencia del uso de *Space Syntax* de acuerdo al marco conceptual de la accesibilidad (Capítulo I) y a la hipótesis de investigación; las características de la estructura vial de la ciudad de México; las diferentes escalas de la ciudad y los efectos recíprocos con el transporte de alta capacidad, para finalizar, con algunos frentes de posibles investigaciones a futuro.

Finalmente los anexos describen la metodología seguida para elaborar los mapas analizados, las condiciones que determinaron el tipo de análisis (siguiendo el modelo *Space Syntax*) y un resumen de la forma en que la COMETAH (1998) delimitó los sectores metropolitanos propuestos en el Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México.

CAPÍTULO I. LA ACCESIBILIDAD

Una manera de acercarse al entendimiento de la organización espacial de las ciudades es a partir del análisis de la relación entre las actividades (realizadas por los individuos y manifestadas en los usos de suelo) y del transporte que permite la movilidad y facilita la interacción espacial entre las diferentes áreas de la ciudad, materializado en los modos, la infraestructura y el equipamiento necesario, y una manera de medir esta interacción es a partir de la accesibilidad.

El concepto de accesibilidad en la planeación ha estado presente desde el nacimiento del urbanismo como ciencia a mediados del siglo XIX, cuando las ciudades se transformaron por las nuevas condiciones socioeconómicas y las innovaciones tecnológicas, producto de la Revolución Industrial (Fernández Güell, 2006: 13). Sin embargo, fue Hansen (1959) quien al definir la accesibilidad identificó sus principales características. A partir de esto, la accesibilidad se ha convertido en un elemento clave para entender la relación entre las actividades y el transporte, por lo que, en la planeación urbana se han empezado a utilizar índices de accesibilidad como herramienta con el fin de integrar estos dos componentes de la ciudad.

El presente capítulo desarrolla el tema de la importancia de la accesibilidad en las ciudades en cuatro secciones. En la primera se presenta la importancia que tiene el concepto de accesibilidad en la organización de las ciudades que se ve reflejado en algunos modelos desarrollados por diferentes disciplinas: el desarrollo urbano, la economía urbana espacial, las ciencias sociales, la geografía social, la planificación del transporte y la planificación territorial. La segunda sección plantea el actual cambio de paradigma en la planeación: de la planeación sectorizada hacia la planeación integral, y cómo se puede adoptar la accesibilidad como herramienta para alcanzarla, señalando sus fortalezas, pero también los obstáculos a los que se enfrenta. En la tercera sección se analizan diferentes definiciones de este concepto para identificar sus características principales y se plantea una definición propia suficientemente amplia que permite englobar diversos enfoques o propósitos de estudio. La última sección expone cómo la accesibilidad atiende las tres dimensiones de la ciudad (la espacial, la social y la temporal) y sus correspondientes componentes (usos de suelo, los grupos sociales, los periodos de tiempo y el transporte).

La organización espacial de las ciudades

Para entender el crecimiento y la organización espacial de las ciudades primero se necesita tener presente que éstas son una acumulación de hechos y eventos que han transformado su estructura urbana¹ a lo largo de su historia.

En las ciudades los grupos sociales que la habitan necesitan de un espacio físico para desarrollar sus actividades, el cual generalmente es una edificación²; al agrupar los edificios se constituyen ciertos patrones de utilización del suelo, los cuales se pueden explicar como el resultado de la conveniencia de conseguir la combinación más favorable posible entre la localización y cierta cantidad de espacio (Herce Vallejo y Magrinyà Torner, 2002: 69). Asimismo, los individuos necesitan interactuar con otros individuos para complementar sus actividades, por lo que es necesario que éstos se muevan en el territorio empleando algún modo de transporte.

Una de las muchas maneras de analizar la ciudad es a partir de su morfología, la cual también se puede estudiar de dos maneras: a partir de la tipología de sus edificios, es decir, de ciertos elementos formales, su relación contextual con el medio ambiente y elementos constructivos que son evidencia de un momento histórico concreto; o a partir del espacio público (plazas, parques y jardines) y la red vial, que son los elementos clave para combinar y dar soporte a todas las actividades y a los grupos sociales (Herce Vallejo y Magrinyà Torner, 2002: 88; Hillier, 1996a: 41; Jacobs, 1964; Massey, 1995: 51; Salingaros, 2005).

Al parecer, la segunda forma de análisis plantea una visión más integral ya que considera la importancia que ha tenido la red vial en el crecimiento de la ciudad, estableciendo las relaciones de la ciudad con su entorno, conforma el esqueleto que organiza sus barrios y sectores y funciona como frontera entre tejidos de diferentes características o elementos de unión entre éstos (Herce Vallejo y Magrinyà Torner, 2002: 88).

Sin embargo, se debe considerar que ninguna ciudad tiene una distribución homogénea de las actividades ni una traza regular, ni una cobertura total por parte de los diferentes modos de

¹ Los elementos que definen la estructura urbana son: la localización de las actividades (residencia, trabajo, equipamiento y servicios); la distribución geográfica y la forma de la traza que contiene al conjunto de edificios; el sistema de transporte; los sistemas de infraestructura (agua, drenaje, provisión de energía y telecomunicaciones); las estructuras verdes y azules (cuerpos de agua), localizadas dentro o cerca de la ciudad (Næss, 2006: 2).

² Esta puede ser casa habitación, oficina, comercio, centro educativo, etc.

transporte que permita un igual acceso a éstas, por lo que no existirán condiciones espaciales iguales para todos sus habitantes.

El proceso de configuración de la ciudad física, es decir, de la localización de las actividades y la forma de la traza, puede explicarse de la siguiente manera: para minimizar la barrera que crea la distancia por costo o tiempo (también denominada fricción), los individuos buscan que las actividades (principalmente residencias y trabajo o servicios) estén cercanas ya sea por proximidad física o mediante el empleo de los sistema de transporte (Næss, 2006; H. W. Richardson, 1971).

El principio que permite entender y analizar la proximidad como la facilidad para superar la fricción de la distancia es la accesibilidad (Miralles-Guasch, 2002: 42). Dando como resultado que los lugares con altos niveles de accesibilidad suelen ser áreas con mayor variedad de actividades (usos mixtos) y con altos niveles de densidad por lo que, además, resultan más atractivos para satisfacer las necesidades de sus habitantes, lo cual también es aprovechado por aquellas actividades que necesitan de la interacción directa con otros individuos para incrementar sus utilidades. Por la otra parte, las actividades que no requieren de una interacción directa con otros individuos o cuyas actividades trascienden la escala intraurbana, prefieren localizarse en áreas con menores niveles de accesibilidad (Herce Vallejo y Magrinyà Torner, 2002: 12; Hillier et al., 1993). De esta manera, el valor del suelo en las áreas con altos niveles de accesibilidad tiende a ser mayor al de aquellas áreas de difícil acceso, por lo que los individuos deben decidir si emplean sus recursos (económicos y de tiempo) en invertir en un lugar accesible a un costo elevado pero reduciendo sus gastos de transporte o adquirir un lugar menos accesible (pero con la posibilidad de tener mayor extensión), a un costo menor, pero con un gasto mayor en el transporte.

Generalmente, el resultado de esta decisión es que las actividades como el comercio y los servicios, que obtienen una utilidad del uso del espacio, se ubican en áreas con mayor accesibilidad, mientras que actividades como residencias o la industria (que necesitan generalmente grandes extensiones de espacio) tienden a localizarse en áreas con menos accesibilidad (Estupiñan y Rodríguez, 2008; Herce Vallejo, 2004; Hurd en H. W. Richardson, 1971: 47; Transit Cooperative Research Program, 2003; Wachs y Kumagai, 1973)

Cinco diferentes formas de entender y planificar la ciudad

Por lo anterior, podemos afirmar que la accesibilidad es un concepto siempre presente en la dinámica de las ciudades debido la relación sistémica entre la localización de las actividades y el sistema de transporte, por lo que casi cualquier explicación de la estructura urbana (a partir de modelos económicos, sociológicos o geográficos) o planificación territorial o de transporte la incorpora, de una manera explícita o tácita.

Podemos ver la presencia del tema en propuestas utópicas como las “ciudades jardín” de Ebenezer Howard (de finales del siglo XIX) o la *Ville Contemporaine* para tres millones de habitantes del arquitecto suizo Le Corbusier, que proponían nuevas ciudades a partir de la racionalidad arquitectónica, con un riguroso orden geométrico y una zonificación determinada de las actividades humanas.

El diseño de la “ciudad jardín” permitiría a sus habitantes un fácil acceso a sus actividades cotidianas, como el trabajo, la recreación y la educación a partir de la proximidad que había dentro de “unidades equilibradas de ciudad, acotadas en extensión y tamaño” (Herce Vallejo y Magrinyà Torner, 2002: 95). Aún cuando esta idea solo se logró materializar en dos ciudades inglesas (Letchworth y Welwyn)³, tuvo una fuerte influencia tanto en la Inglaterra de la posguerra como en Suecia y en planificadores y arquitectos americanos (Jacobs, 1964: 28). Actualmente algunos de sus planteamientos se ven reflejados en propuestas de planeación y desarrollo urbano como el Nuevo Urbanismo, el Desarrollo Orientado al Transporte (TOD por sus siglas en inglés) y el *Smart Growth* (Banister, 2002).

En 1922 Le Corbusier presentó su propuesta urbanística: la *Ville Contemporaine* para tres millones de habitantes, cuyos principios fundamentales eran la movilidad, residencias saludables, fácil acceso a los lugares de trabajo y a los alrededores (naturales) a partir del uso intensivo del automóvil. A pesar de tampoco haberse materializado, esta propuesta dejó una gran huella en el urbanismo moderno: la concentración de funciones en diferentes zonas de la ciudad, la homogeneización de la traza (ortogonal en su mayoría), la separación tajante en la estructura vial de los peatones y los vehículos y la creación de gran infraestructura vial que permitiera un rápido desplazamiento del automóvil (Jacobs, 1964: 33; Makri, 2001: 10; Salingeros, 2005: 101). A

³ Porque no fue capaz de crear las oportunidades de empleo necesarios para evitar el *commuting* a Londres

partir de esto y hasta la actualidad, las ciudades contemporáneas se han transformado y adaptado de alguna manera a esta racionalidad lo que ha provocado por una parte la sectorización de las actividades y por otra la dispersión en el territorio (Ascher, 2004).

Por otra parte, la visión económica para explicar el crecimiento y organización de las ciudades parte del entendido de que la ciudad es el resultado de las decisiones tomadas por los productores y los consumidores con el propósito de mejorar su ubicación en los mercados de bienes, servicios, productos y factores de la producción. Si observamos en la mayoría de modelos económicos espaciales, los objetos de estudio son el suelo (incluyendo la vivienda) y el empleo, mientras que la forma de relacionar éstos es con las redes de comunicación (tanto el sistema de transporte como la tecnologías de la información), por lo que podemos afirmar que la presencia del concepto de accesibilidad se encuentra implícito en estos modelos.

Los modelos o teorías de la localización, de base económica o del lugar central (Christaller, Lösch y Weber) tratan de explicar la existencia y organización de las ciudades con respecto a las áreas de mercado a partir de la interacción entre las economías de escala y el costo del transporte. En la teoría de localización, por ejemplo, cuando se considera el costo de localización (reflejado en el costo del suelo) existe un ajuste en la ubicación de las empresas y los hogares⁴, considerando un equilibrio entre la proximidad o accesibilidad y espacio (superficie) (Wegener y Fürst, 1999: 11).

Algunos modelos económicos plantean que el desarrollo urbano es el resultado de las funciones de producción que incorporan además de la mano de obra y el capital, factores espaciales como la economía de aglomeración, los costos de transporte y el costo del suelo. Mientras que otros, lo explican a partir de la conducta individual de las empresas, los propietarios del suelo o los hogares dentro del mercado. Un modelo de esto es el de Alonso -1964-, cuyo supuesto básico es que tanto las empresas como los hogares eligen su ubicación de acuerdo a lo que estén dispuestos a ofertar por la renta de un lugar, considerando los costos del transporte. Wingo (en Graizbord, 2008: 42) explicó cómo las firmas y los hogares (como fuerza de trabajo y como consumidores finales) buscan maximizar su utilidad en función de la distancia.

⁴ Las empresas tienden a aprovechar por un lado las economías de escala, y por el otro las de aglomeración, de acuerdo a su producción, la tecnología y sus proveedores. Mientras que las residencias buscan ajustar las necesidades de espacios y las presencias de localización con las restricciones de presupuesto.

Otros modelos centraron su atención en la importancia de la innovación para el crecimiento de las ciudades y desarrollaron la teoría de los grandes ciclos (por Kondratieff y Schumpeter), apuntando que la historia económica es el resultado de una sucesión de fases de crecimiento impulsadas por la incursión de innovaciones tecnológicas como la máquina de vapor, el ferrocarril o el automóvil (Anas et al., 2000).

Desde la visión de las ciencias sociales, el desarrollo espacial de las ciudades se ha entendido como es el resultado de la apropiación del espacio, ya sea de manera colectiva o individual. Algunos autores han reconocido, en sus definiciones de ciudad, a ésta como una dimensión fundamental de la existencia humana⁵, sin embargo Wegener y Fürst (1999: 16) señalan que estas aproximaciones han sido esencialmente sociales y por lo tanto, no han desarrollado explícitamente la dimensión espacial y temporal del desarrollo urbano.

Una aportación clásica la realizó la Escuela de Chicago al adoptar una posición urbanista llamada ecología humana con una visión biológica⁶. Observaron que la conformación del orden urbano estaba constituido por “las relaciones espaciales y temporales de los seres humanos afectados por las fuerzas selectivas, distributivas y acomodativas en el medio ambiente” (Lezama, 1989: 43) y explicaron los patrones de uso de suelo como el producto de la competencia y la división económica del trabajo, ubicando los objetos y las actividades en el espacio de acuerdo al rol que juegan en la sociedad. Por lo tanto, si una firma requiere de una localización específica para poder funcionar apropiadamente, competirá con otras firmas para obtenerla. A partir de estas observaciones se crearon tres modelos que buscan explicar el crecimiento de las ciudades: el modelo de zonas concéntricas de Burgess, el modelo de sectores de Hoyt y el modelo de múltiples núcleos de Harris y Ullman, los cuales sostienen que las actividades afines se localizan en la misma área, formando aglomeraciones o pequeños centros y que se agrupan por: a) una accesibilidad diferenciada, es decir, algunas actividades requieren de infraestructura específica; b) compatibilidad o incompatibilidad de uso de suelo; y c) conveniencia de localización considerando los costos de renta (Goodall, 1972).

⁵ Bahrdr definió a la ciudad como la interfase entre lo público y lo privado de la sociedad; Goffman como el escenario de la interacción social y auto-expresión; Lefebvre la plantea como el medio del mundo donde se desarrolla la vida diaria; Harvey y Castells la entienden como el campo de acción para los movimientos sociales (Wegener y Fürst, 1999: 16).

⁶ La ecología humana estudia el proceso humano grupal para ajustarse a su entorno, y la visión biológica parte de la idea que las formas de organización son producidas por la competencia de los recursos ambientales escasos

Por otra parte, la geografía social ha ampliado estas explicaciones buscando patrones de actividades en grupos sociales más específicos (por edad, género o grupo social) para poder caracterizar la conducta socio-espacial. Un ejemplo de esto es el análisis acción-espacio de Chapin, el cual identifica la frecuencia de realización de actividades a partir de la reconstrucción de costumbres diarias en función de la distancia hacia otras actividades, concluyendo cuál es la mejor localización de los hogares, lugares de trabajo, comercio y lugares de esparcimiento o el nivel óptimo de la división espacial del trabajo en las ciudades (Wegener y Fürst, 1999: 17).

Tanto la planificación del territorio como del transporte han sido fuertemente influenciadas por la visión tecnológica respecto al crecimiento de las ciudades. Ésta se basa en el principio de que las ciudades surgieron cuando se dio la división del trabajo (entre la agricultura y otras habilidades más especializadas), a partir de las innovaciones tecnológicas y una localización cercana a las principales rutas comerciales, puertos o ríos. Dentro de esta visión son los cambios en la tecnología energética y de los modos de transporte –por ejemplo, el incremento en la velocidad–, los que determinan la localización de las ciudades en el territorio así como su organización interna e incluso su densidad (Herce Vallejo y Magrinyà Torner, 2002; Miralles-Guasch, 2002; Wegener y Fürst, 1999).

En lo que respecta específicamente a la planeación del transporte, la mayoría de los estudios empíricos han dedicado sus esfuerzos a entender la influencia que tienen los cambios realizados en el uso de suelo en los sistemas de transporte. Una posible explicación de esto es la influencia de las teorías económicas (la separación física entre lugares genera la necesidad de viajar y/o transportar bienes), que además se ha vuelto el principio básico de los análisis del transporte. Otra posible razón es que los efectos en los sistemas de transporte son más evidentes en el corto plazo y por lo tanto, más sencillos de estudiar (Boarnet y Crane, 2001: 33).

La influencia que tiene el transporte en el uso de suelo, por su parte, ha sido muy poco estudiada, ya que los cambios en los usos de suelo suceden de una manera más lenta⁷ y están sujetos a otros factores que son difíciles de aislar para ser analizados a fondo, como el crecimiento demográfico, el crecimiento económico, los patrones de consumo, entre otros. Lo que es cierto es que el transporte aumenta la accesibilidad en el territorio y por lo tanto,

⁷ Algunos estudios han llegado a estimar que cambios significativos se pueden evidenciar hasta veinticinco años después de su implementación.

transforma las condiciones socio-territoriales de la ciudad, incrementando el potencial de desarrollo y valor de los predios.

Hansen (1959) presentó uno de los primeros estudios sistemáticos donde se confirmó la influencia que tiene la accesibilidad en el desarrollo –crecimiento y transformación- de las ciudades, demostrando que los lugares con una buena accesibilidad y con mayor densidad tenían más probabilidad de un buen desarrollo. En este caso la accesibilidad es directamente proporcional al tamaño del área donde se localiza ésta e inversamente proporcional a la distancia que los separa, y la calcula a partir de un modelo gravitacional basado en la relación población sobre distancia.

Posteriormente, Ingram (1971) la relacionó con las posibilidades que tienen los modos de transporte de proveer un medio rápido y barato para poder superar la distancia entre los diferentes puntos. Sin embargo la mayor aportación al tema, y el propósito de su artículo, es la introducción de dos modos para operacionalizar la accesibilidad: la accesibilidad relativa, la cual se define como el grado en que dos lugares se conectan y la accesibilidad integral, que es el grado de interconexión de un punto con todos los puntos de la red.

En una aproximación diferente, Muraco (1972) propuso una forma de medir y evaluar la accesibilidad de la red intraurbana empleando la noción geográfica de la localización y su asociación con la accesibilidad, es decir la relación espacial, la interacción y la conectividad de los componentes, con el fin de poder construir una forma de medición multivariable de la accesibilidad a partir de los vínculos directos, el costo del viaje y el tiempo empleado en éste. Los resultados observados sugieren que los estudios basados en la accesibilidad proveen de resultados más reales de la variable transporte y los problemas de la localización de las actividades. Por lo tanto, los cambios de localización en los sectores comerciales e industriales deberían ser evaluados bajo esta perspectiva.

Wachs y Kumagai (1973) reconocieron que la accesibilidad es uno de los principales determinantes de la forma de la ciudad porque define su valor, los usos –económicos y sociales- y el nivel de desarrollo que tendrá y proponen que debería funcionar como un indicador social que coadyuve en la creación de políticas públicas (dirigidas hacia la igualdad de oportunidades) y la planeación con objetivos sociales.

Investigando otras aproximaciones y entendimientos de lo urbano, especialmente de cómo las relaciones que establece influyen en su capacidad organizativa del territorio, y con el

desarrollo e implementación de las tecnologías de la información y comunicación, se han retomado los estudios urbanos a partir del análisis de redes⁸, es decir entendiendo la ciudad como una gran red compuesta por diferentes redes: las de comunicación, las de infraestructura (agua, drenaje, electricidad, etc.) y la vial para así tener visiones a diferentes escalas a partir de las relaciones.

Esta visión parte del principio que la morfología de la ciudad es el resultado de la composición de dos elementos: el espacio público y los edificios (Herce Vallejo y Magrinyà Torner, 2002: 91). El objeto de estudio de estos análisis es la estructura espacial y el conjunto de puntos geográficos interconectados en un sistema por un número de rutas, con el fin de encontrar patrones de localización y movilidad y de observar la evolución de las redes de transporte (Kansky, 1963: 1), hacer propuestas que integren la movilidad con la distribución espacial de las actividades a varias escalas (Barthelemy, 2011: 2) y observar el grado de resiliencia que la ciudad puede tener (On Line TDM Encyclopedia VTPI, 2012a).

Al ser el espacio público (incluida la red vial) el que permite y distribuye las relaciones urbanas, y al observar su importancia como elemento indispensable de su crecimiento (especialmente las vialidades) y consolidación, los análisis de redes lo toman como base, reduciéndolo a su forma más básica y elemental: una estructura de puntos y líneas (Haggett y Chorley, 1969: 3). Éstos nodos o puntos geográficos se analizan de una manera topológica⁹, empleando conceptos de la teoría matemática de grafos¹⁰ para observar su grado de conectividad y la jerarquía (a diferentes escalas) obtenida a partir de las conexiones.

Aún cuando al simplificar la estructura urbana se descarta mucha información¹¹, con el fin de observar la estructura básica de la red, los modelos han ayudado a: entender las relaciones de complementariedad entre actividades y redes en la organización espacial; poner de relieve la importancia de los parámetros que categorizan las redes, como son su cobertura, capacidad

⁸ Estudios muy importantes realizados en la década de 1960, como el de Kansky (1963) y el de Hagget y Chorley (1969) plantearon los fundamentos de muchos estudios actuales, sin embargo se vieron limitados por la falta de grandes bases de datos de redes espaciales y por la carencia de equipos de cómputo suficientemente poderosos para procesar la información (Barthelemy, 2011: 2).

⁹ La topología es una “rama de las matemáticas que trata especialmente de la continuidad y de otros conceptos más generales originados de ella, como las propiedades de las figuras con independencia de su tamaño o forma” (Real Academia Española, 2001).

¹⁰ Kansky, K. J. (1963). *Structure of Transportation Networks: Relationships between Network Geometry and Regional Characteristics*: 1

¹¹ Información de qué sucede en los intersticios o regiones entre líneas o en las mismas líneas (como la longitud, la dirección, su capacidad, etc.), pero que luego se puede volver a incorporar.

estructurante, flexibilidad y limitaciones de crecimiento, accesibilidad y conectividad que otorgan al espacio, nivel de servicio, etc., así como sus correspondencias con los requerimientos de ordenación espacial de las actividades (Herce Vallejo y Magrinyà Torner, 2002: 81). Los análisis de redes se han convertido en una herramienta útil para estudiar cómo se crean y alteran las posibilidades de localización de actividades en el entorno de la ciudad y cómo se crean condiciones para el crecimiento de las ciudades.

Actualmente, algunos planificadores están reorganizando las ciudades o sectores de éstas a partir del entendimiento de la red urbana como instrumento de planeación, porque en ella se reflejan las posibilidades de las relaciones espaciales y la capacidad organizativa del territorio. Es así que se han comenzado a redefinir “las técnicas de planificación territorial (a menudo sobre la base de la concertación) y a recuperarse instrumentos de análisis propios de la geografía y de la economía urbana, adaptándolos a los requerimientos de medición de los efectos estructurantes de las infraestructuras (análisis de grafos y modelos de potencial, principalmente). Poniéndose el énfasis en las redes como oferta y no en las redes como predeterminadas por los requerimientos de la demanda; y en los territorios privilegiados por la topología de estas redes como oportunidades de articulación urbana” (ibid: 161)

Hacia una planificación integral

Al revisar la literatura referente a la planificación actual de las ciudades es posible observar que existe una tendencia de cambio de la ciudad dispersa, que promueve el crecimiento expansivo hacia la periferia de las ciudades donde los usos de suelo son principalmente de un solo tipo, con niveles de densidad bajos, y donde es necesario el empleo del automóvil para poder desplazarse de un lugar a otro (ya que resulta poco viable un sistema de transporte público que cubra toda la red vial) hacia un modelo de ciudad compacta, favoreciendo las ciudades con centros vívidos y buscando disminuir las desigualdades sociales a partir de usos de suelo mixtos, altos niveles de densidad, una red vial funcional, un sistema de transporte público eficiente y una escala adecuada para promover los desplazamientos peatonales y en bicicleta (RACC, 2004).

Por otra parte, en muchas ciudades del mundo la planeación se sigue realizando de manera sectorizada, es decir, cada uno de los sectores que abarca una ciudad (medio ambiente, usos de suelo, vialidades, etc.) planea su participación de una manera independiente, subestimando o

ignorando las relaciones sistémicas y su impacto en los otros sectores. Por ejemplo, los planificadores urbanos orientan sus esfuerzos principalmente en organizar los patrones de actividades, las densidades, entre otras, restándole importancia a la relación funcional de toda la ciudad, ignorando el valor del espacio público para la circulación (calles y banquetas), el cual es el vínculo espacial entre las diferentes actividades, y omitiendo, a veces, los efectos de tiempos y costos de los viajes en los individuos. Mientras que los planificadores del transporte han dedicado su esfuerzo a estimar la demanda de la infraestructura para los vehículos, cuya solución común es la provisión de más calles, además de proponer modos que permitan o mejoren la movilidad en la ciudad, favoreciendo el uso del transporte motorizado e ignorando que ésta es solamente un soporte de la movilidad (Handy y Niemeier, 1997; Litman, 2003; Zhang, 2004).

Muy poco se ha escrito referente a la integración entre el transporte y el uso de suelo a partir de la accesibilidad por parte de los diseñadores urbanos, probablemente porque se encuentra implícita en las “nuevas” estrategias urbanas basadas en el principio de las tres “D” (densidad, diversidad y diseño) como el *Nuevo Urbanismo* o el *Smart Growth* (Cervero y Kockelman, 1997).

El *Nuevo Urbanismo* promueve un replanteamiento de la política pública y las prácticas de desarrollo de acuerdo a principios como: “los vecindarios deben tener diversidad en uso y población; las comunidades deben estar diseñadas tanto para el tránsito del peatón y el transporte público, así como para el automóvil; las ciudades y pueblos deben estar formados por espacios públicos e instituciones comunitarias bien definidas y universalmente accesibles¹²; los lugares urbanos deben estar rodeados de arquitectura y diseño del paisaje que realcen la historia, el clima, la ecología y las prácticas de construcción locales” (Congress for the New Urbanism, 2009).

La otra propuesta de planeación urbana es el “*Smart Growth*”, el cual ve en el crecimiento de las ciudades un potencial para el progreso de sus comunidades, por lo que se busca optimizar los recursos (físicos, naturales y construidos, sociales, culturales y económicos) disponibles para tener un mayor y mejor desarrollo. La provisión de oportunidades (laborales, residenciales de consumo y de ocio) dentro de un área limitada y de los modos de transporte para el traslado son principios fundamentales de esta forma de planear la ciudad; por lo que las comunidades han volteado su mirada hacia las nuevas formas de planeación del transporte, entre las que se

¹² El acceso universal se refiere a que cualquier instalación deberá estar diseñada para cualquier usuario, incluyendo aquellos con discapacidades u otras necesidades especiales.

encuentra la accesibilidad, la conectividad y la multimodalidad del transporte (International City/County Management Association y Smart Growth Network, 2006).

Por otra parte, algunos planificadores del transporte han reconocido que estudiar y planear las ciudades a partir de la movilidad, características de los patrones de viajes de la ciudad (oferta y demanda), alternativas tecnológicas necesarias para enfrentar los volúmenes actuales y futuros, características que deben tener los sistemas de transporte (y las dependencias oficiales) para satisfacer las necesidades de los viajeros (Islas Rivera, 2000: 37) presenta algunas limitaciones de sus métodos y modelos actuales y por lo tanto, están estudiando las posibilidades de una integración de los dos aspectos. Además, han reconocido que esta forma de planeación ha sido ampliamente superada por la realidad, no habiendo infraestructura que sea capaz de satisfacer la demanda de circulación por ellas, lo cual crea incertidumbre respecto a la localización de nuevas actividades –hogares o firmas-, ya sea en áreas centrales o en la periferia, lo que hace que la predicción de la movilidad se vuelva muy compleja (Banister, 2002). Asimismo, los individuos se enfrentan a un conjunto de efectos que influyen en su desempeño y calidad de vida que también afecta el desarrollo económico de las urbes como son la congestión vial y la contaminación, también conocidas como deseconomías (Prud'homme y Lee, 1999).

El cambio consiste en la posibilidad de volver más eficiente el sistema de transporte a partir del fomento de la conectividad de la estructura vial y la diversidad de modos de transporte, siendo una de las estrategias de transporte más difundidas el Desarrollo Orientado al Transporte (TOD, *Transit-Oriented Development*).

El TOD se entiende como el desarrollo urbano planteado con usos de suelo mixtos -principalmente comerciales- con el fin de maximizar el acceso al transporte público. Su organización típica es la de una estación de transporte (tren, metro, tranvía o autobuses) rodeada por edificios con una gradiente de densidad de población de mayor a menor dentro de un radio aproximado de 400 a 800 metros, por ser esta la escala peatonal apropiada. Algunos de los beneficios obtenidos por este tipo de desarrollo han sido el incremento en los valores de las propiedades cercanas a estos desarrollos; el aumento del movimiento peatonal (y por lo tanto de posibles compradores) en las áreas comerciales; la reducción de congestión de automóviles en las vialidades; la reducción en los niveles de contaminación ambiental; el ahorro en la construcción de más infraestructura para los automóviles.

A partir de todo lo anterior, se puede pensar en un cambio de paradigma en la planificación de las ciudades: de la sectorización, regida principalmente por la planeación para la movilidad hacia una planificación integral, entendiendo ésta como:

el arreglo eficiente de las actividades en la ciudad empleando la proximidad entre éstas y una mayor conectividad provista por los diferentes modos de transporte, es decir, a partir de la accesibilidad.

Una ciudad con una planificación integral deberá enfocar sus esfuerzos en generar nuevo crecimiento en áreas rehabilitadas o nuevas donde se facilite el acceso a bienes y servicios que se consideren particularmente importantes para la población; además de promover la generación y cumplimiento de metas comunitarias y buscar la reducción de algunas desigualdades entre sectores de la población. También deberá considerar que los individuos y las organizaciones tienen necesidades particulares pero cambiantes, por lo que deberá ser flexible para la toma de decisiones, incluyendo la participación de todos los actores de la ciudad y buscando el equilibrio entre los aspectos económicos, el desarrollo social y el impacto ambiental.

Siendo así, se puede pensar que el campo de acción será el espacio público (las plazas, los parques y jardines y la red vial) y los actores el Estado y la ciudadanía. Para esto, el Estado deberá considerar invertir en el mejoramiento y ampliación de la infraestructura peatonal y vehicular y dando prioridad al transporte público, favoreciendo a la población con menos recursos que son los que mas caminan o usan modos de transporte baratos para llegar a sus destinos. Por su parte, la gran tarea pública y compartida de los ciudadanos será descubrir el interés común para así poder destacar o recomponer su identidad colectiva (Banister, 2005; On Line TDM Encyclopedia VTPI, 2012a; Vasconcellos, 2001; Vegara y de las Rivas, 2004).

Además, el sistema de transporte se deberá ver en términos de mejores ciudades y no solo en términos de movilidad, sino, entendiéndolo como un producto *ad hoc* a la comunidad y sus sistemas de soporte para su vida diaria: lugares de residencia, trabajo, la naturaleza del vecindarios y sus alrededores, los sistemas energéticos, agua, drenaje, métodos para la provisión de alimentos, servicios médicos, escuelas, recreación (Owen, 1972: 57).

Para lograrla, se proponen tres principios espaciales: 1) emplear la proximidad entre las actividades, como el mejor sustituto de los largos desplazamientos; 2) facilitar la conectividad

deseada entre las diferentes áreas, con modos de transporte eficientes y adecuados, todo con el fin de mejorar la calidad de vida de sus habitantes y 3) la provisión de fácil acceso a bienes y servicios.

Esta integración conduce a beneficios económicos, sociales y ambientales a las ciudades, tales como: la reducción de la necesidad de viajes, especialmente los hechos en automóvil; el mejoramiento de la calidad ambiental; mayor seguridad; la creación de nuevos desarrollos inmobiliarios evaluados previamente con respecto a su localización, escala, densidad y diseño; promoción del transporte no motorizado; beneficios en la salud de los habitantes, etc.

Los análisis de redes y sus modelos para calcular la accesibilidad, cercanía y conectividad han demostrado ser una herramienta útil para diagnosticar el estado de la ciudad o parte de esta (tanto *ex ante* como *ex post*), porque con ellos se puede observar la relación entre los usos de suelo y el transporte, además de evaluar la disponibilidad y calidad de los servicios básicos.

El empleo de índices de accesibilidad para la planeación integral supone resultados favorables para la ciudad y sus habitantes, tales como: visualizar las diferentes formas y dimensiones de la ciudad dependiendo del modo de transporte y la hora del día, por lo que sería posible hacer ciudades mas accesibles en varios momentos del día, siempre y cuando haya políticas públicas fundamentadas (Casiroli, 2007); las políticas de uso de suelo y transporte podrán consolidarse aún más si se comparte objetivos con otros sectores, como salud y educación; los cambios en la red de transporte son observables y cuantificables respecto al acceso a las oportunidades de los individuos; es posible precisar cómo el impacto del transporte y el desarrollo se distribuye en el territorio, grupos sociales, propósitos y modos de viaje (coincidiendo con los objetivos de la ciudad equitativa); es posible analizar las oportunidades que una ciudad o área ofrece a escalas locales o globales, dependiendo del modo de transporte que se observe y de los intereses de la planeación; se puede cuantificar el valor agregado de las opciones de los viajes para cada grupo social, lo cual permite evaluar el impacto que un cambio en cualquiera de los dos sectores tiene, y por lo tanto, tomar las decisiones más apropiadas para el caso. (Halden, 2002).

A pesar de los beneficios que el empleo de los índices de accesibilidad pueden aportar a la planeación, su uso ha sido muy limitado y su implementación no ha sido muy efectiva, probablemente por los diferentes enfoques y variantes para su medición, tales como los atributos asociados con los determinantes de los viajes, como la distancia y el costo, entre otros (Batty,

2009). Sin embargo, casos como el caso de Curitiba en Brasil y Bogotá en Colombia son ejemplos donde la integración del transporte y los usos de suelo se ha dado de manera exitosa y que han servido de referencia para muchas otras ciudades, incluyendo la ciudad de México (Salazar, 2008).

En 1966, el gobierno de la ciudad de Curitiba (Brasil) desarrolló un plan director que consideraba de una manera integral un sistema de transporte colectivo (BRT –*Bus Rapid Transit*), sobre ejes estructurantes, y alimentado por líneas secundarias, un sistema de parques urbanos a lo largo de río y en fondos de valle, áreas de usos mixtos (actividad comercial y de servicios en las plantas bajas y residencias de elevada calidad en las plantas superiores) y áreas de actividad económica (parques industriales con una orientación hacia el desarrollo tecnológico). Cada una de las acciones se orientaron hacia la sostenibilidad, permitiendo que los gobiernos y la ciudadanía sean capaces de plantearse y gestionar soluciones integrales respecto a factores muy diversos como la mejora de la calidad ambiental, la generación de empleo, el equilibrio social, el ahorro energético, etc. (Vegara y de las Rivas, 2004: 238).

Con el Plan “Formar ciudad”, la ciudad de Bogotá impulsó el desarrollo humano y la convivencia a partir de la recuperación del espacio público y el mejoramiento de la infraestructura urbana (Pizano en Salazar, 2008: 94). Una manera de alcanzar los objetivos fue la implementación de un sistema de transporte masivo integrado (llamado comúnmente TransMilenio), basado en el de Curitiba, con líneas alimentadoras que conectan y por lo tanto dan acceso a más oportunidades a los grupos con menores ingresos localizados en la periferia urbana. Su implementación ha tenido efectos positivos a lo largo de los corredores sobre los que se mueve y sus áreas de influencia, por ejemplo, el mejoramiento de la imagen urbana de la avenida Caracas, la recuperación de espacios públicos y edificios en mal estado, la ocupación de antiguos edificios por oficinas privadas y de gobierno y un incremento en los valores de suelo (Estupiñan y Rodríguez, 2008; Salazar, 2008).

La accesibilidad como instrumento analítico

Para explicar el crecimiento de las ciudades y su organización espacial es necesario tener presente que éstas son producto de transformaciones en la estructura urbana hechas por sus habitantes a lo largo de su historia. Estas transformaciones se pueden explicar por la relación

sistémica entre las actividades realizadas por sus habitantes en lugares específicos y que se manifiestan en los diferentes usos de suelo y el transporte (la infraestructura y los diferentes modos) que permite el desplazamiento de los habitantes a lo largo y ancho del territorio. Una manera sencilla de comprender esta relación es a partir del “Ciclo de interacción entre el uso del suelo y el transporte” (Figura 1.1). Éste se describe de la siguiente manera:

- Los usos de suelo (residencial, industrial o comercial) establecen la ubicación de las actividades humanas (trabajar, habitar, comprar, educación).
- La distribución de las actividades requiere de una red y modos de transporte¹³ (a los que se les denominan Sistema de transporte) para superar la distancia entre éstas.
- Los sistemas de transporte posibilitan la interacción entre grupos sociales localizados en diferentes puntos del territorio, la cual puede medirse como accesibilidad.
- La distribución de la accesibilidad determina las nuevas decisiones de ubicación, lo que trae como consecuencia cambios en el uso de suelo.

Figura 1.1. Ciclo de interacción entre el uso del suelo y el transporte



Fuente: Wegener y Fürst (1999), traducción propia

¹³ La red de transporte es la infraestructura construida para la circulación de las personas: calles, puentes, etc. Los modos de transporte son las formas en que los habitantes deciden desplazarse: no motorizados (a pie o en bicicleta) o motorizados (automóvil o transporte público).

La accesibilidad, como se puede ver, es un concepto fundamental para la planeación de las ciudades, sin embargo es “uno de esos términos que todo el mundo usa hasta que se encuentra con el problema de su definición y medida” (Gould, 1969: 64).

Hansen (1959) fue el primero en presentar una definición aplicada a la planeación: “Accesibilidad es el potencial que tienen las oportunidades de interactuar” (p. 73). En esta definición, la accesibilidad se plantea como el nivel de intensidad de la posible interacción entre un punto geográfico (donde se encuentra uno o un grupo de individuos) y el o los puntos donde se encuentre localizada la actividad específica de su interés u oportunidad¹⁴. La intensidad estará determinada por la capacidad y el deseo o necesidad que tengan los individuos para superar la distancia.

Posterior a esta definición, se han desarrollado diferentes definiciones dependiendo del propósito de cada estudio, de las cuales se presentan algunas en orden cronológico, con el fin de observar sus principales características y nuevos aportes para su comprensión.

“La capacidad de ser alcanzado, por lo que implica una medición de proximidad entre dos puntos. Aunque también se puede referir a la capacidad de los modos de transporte para proveer a un bajo costo un medio rápido para superar la distancia entre diferentes lugares” (Ingram, 1971: 101).

“Cercanía ya sea en el sentido de conectividad o del menor costo de viaje o tiempo de recorrido” (Muraco, 1972: 388).

“La relación sistemática entre la distribución espacial, la intensidad de desarrollo y la cantidad y cualidad de viajes realizados en una región” (Wachs y Kumagai, 1973: 438).

“La facilidad con la que se puede alcanzar cierto sitio (destino) desde otros puntos en el territorio (orígenes), por lo que sintetiza las oportunidades de contacto e interacción entre determinados orígenes y destinos” (Goodall en Garrocho y Campos A., 2006: 353).

¹⁴ Por oportunidad se entiende cualquier destino demandado por los individuos para satisfacer sus necesidades; generalmente se consideran como oportunidades los servicios (de salud, educación, (super)mercados, recreación, etc.), las fuentes de empleo, las redes de transporte público y algún otro equipamiento urbano.

“La facilidad para llegar a las actividades (necesarias o deseadas), por lo que refleja características tanto de usos de suelo (localización de actividades) como de los sistemas de transporte (forma en que los lugares se vinculan)” (Handy y Niemeier, 1997: 1175).

“La medida en que la relación uso de suelo – transporte permite a individuos o bienes alcanzar las actividades o destinos deseadas empleando uno o la combinación de varios modos de transporte” (Geurs y van Eck, 2001: 36).

“La capacidad de desplazamiento de las personas y el conjunto de los dispositivos que promueven, permiten, estimulan y alientan al uso social del espacio urbano, de las infraestructuras y de los equipamientos” (Schelotto, 2004).

“La posibilidad y calidad de comunicación entre puntos del territorio” (Ajenjo, 2005: 2).

“La proximidad relativa de un lugar *i* a otros lugares *j*” (Ståhle et al., 2005: 2).

“La proximidad física y/o social de un bien o servicio localizado respecto de la población que lo demanda” (Eibenschutz Hartman et al., 2006: 96).

“La facilidad con la que se puede alcanzar cualquier sitio, dependiendo de su proximidad, la infraestructura de transporte que conduce a este, y los recursos con los que cuenta el individuo para movilizarse” (Næss, 2006: 28).

“La facilidad para llegar a bienes, servicios, actividades y destinos (juntos llamados oportunidades)” (Litman, 2008: 3).

En todas estas definiciones el elemento territorial está presente, ya sea al hacer referencia a la relación entre puntos, lugares u oportunidades (orígenes y destinos), por lo que podemos sostener que la accesibilidad es un atributo del espacio, propio de los lugares, de las ciudades y los territorios (Santos y Ganges y de las Rivas, 2008: 20).

Existen dos posibilidades de relación espacial entre las actividades: cuando se hace referencia al acceso a destinos concretos (como es el caso de la mayoría de las definiciones enunciadas), entonces se le llama accesibilidad relativa; en cambio, si se busca la relación entre un origen y todos los posibles destinos, se le denomina accesibilidad integral (Ingram, 1971:

101). Esta segunda distinción es de suma importancia para determinar la aproximación de medición de la accesibilidad.

Otra característica que se puede observar explícitamente en siete de las definiciones e implícita en el resto, es que para poder alcanzar los sitios deseados es necesario superar la distancia entre ellas, empleando algún modo de transporte. Es entonces, la proximidad o distancia entre un lugar y otro (o el resto de los lugares) el otro factor que definirá el grado de accesibilidad de estos. Y al parecer, es la forma en que se conceptualiza la distancia lo que hace la diferencia entre todas estas definiciones: mientras que para algunos la distancia tiene que ver con la infraestructura y los modos de transporte (que inciden en el costo y tiempo de recorrido)¹⁵, para otros la distancia se determina por el grado de conectividad de cada punto (u oportunidad) de una red¹⁶.

Por otra parte, al analizar con mayor detenimiento las definiciones, uno puede darse cuenta que las variaciones solamente están en la manera en que se definen las oportunidades, por ejemplo: lugares, actividades, destinos, bienes, servicios, infraestructura y/o equipamiento. Sin embargo, lo esencial de la definición de Hansen se mantiene.

A partir lo anterior, esta investigación considera fundamental contar con una definición propia que incluya diversas posibilidades o propósitos:

“la accesibilidad es la facilidad que tiene la población para alcanzar las oportunidades (destinos) distribuidas en el territorio desde cualquier otro punto (orígenes) empleando la red de infraestructura para el transporte”.

La accesibilidad en las dimensiones urbanas

Para entender mejor la relación sistémica entre los usos de suelo y el transporte es necesario primero tener siempre presente que la ciudad es un sistema dinámico, sujeto a influencias tecnológicas, políticas, económicas, demográficas, etc. cuyo campo de actuación es espacial y

¹⁵ Los avances tecnológicos han hecho que la distancia se vuelve relativa, ya que los modos de transporte cada vez son mas veloces y por lo tanto, es posible viajar mayores distancias en tiempos cortos (Miralles-Guasch, 2002: 42).

¹⁶ Este entendimiento parte del supuesto que la ciudad se puede representar como una red y la distancia se determina topológicamente, es decir, por el número de vértices, nodos o aristas necesarios para llegar de un punto a otro. Por otra parte, en la actualidad, no solo las redes de transporte sino también las de telecomunicaciones están transformando el concepto de distancia porque, si se cuenta con la conectividad necesaria, es posible establecer relaciones a grandes distancias desde cualquier lugar sin necesidad de emplear “nodos intermedios” (Herce Vallejo y Magrinyà Torner, 2002: 11).

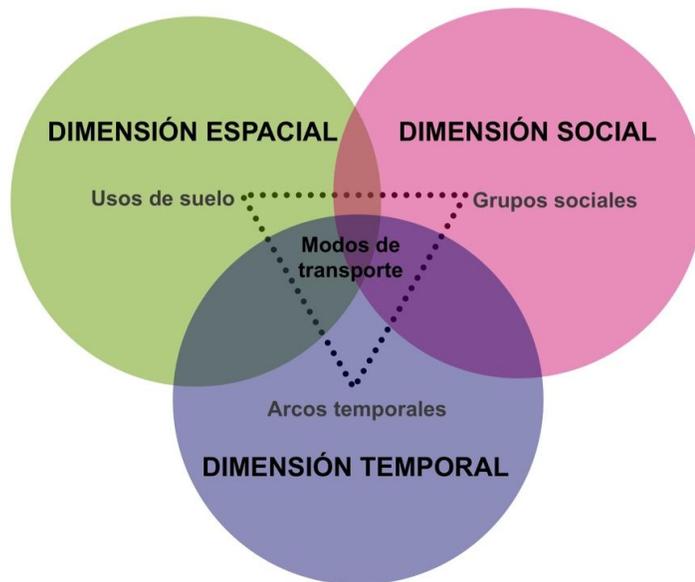
temporal, en el cual se generan relaciones con efectos que no pueden ser determinados de manera unívoca y que además son específicos para cada caso. Por esto se decidió adoptar el concepto de *congruencia* propuesto por Offner (en Miralles-Guasch, 2002: 19) que reconoce esta co-determinación y se ajusta a las dinámicas generadas tanto por los usos del suelo como por el transporte a las dimensiones temporal, espacial y social de las ciudades.

Cada una de estas dimensiones tiene un componente que permite identificarlas con algún elemento que da forma a las ciudades: a la dimensión espacial es posible referirla con los usos de suelo es decir, la distribución de actividades en el territorio que se va modificando a través del tiempo de acuerdo a las condiciones sociales, económicas y tecnológicas; los grupos sociales, con sus características culturales y económicas, son el componente de la dimensión social; los periodos o arcos temporales son los componentes de la dimensión temporal y permiten entender las transformaciones en el territorio, constituidas por relaciones recíprocas que interactúan, se ajustan y modifican (Giddens, 1984).

Estas dimensiones se sobrepone en algún momento, a pesar de tener cualidades muy definidas, por lo que no es posible analizar ni entender la relación transporte-territorio solamente desde una dimensión sino debe entenderse como un concepto multidimensional. Además, la relación de los tres componentes es promovida por los medios de transporte, como el elemento tecnológico que provee de la posibilidad de desplazamiento y por la tanto de la interacción espacial. (Figura 1.2).

Al observar la definición y características de la accesibilidad, se podría pensar que ésta pertenece casi exclusivamente a la dimensión espacial; sin embargo, son los grupos sociales los que desarrollan las actividades y utilizan el sistema de transporte, creando nuevas formas y reasignando funciones al territorio, es decir redefiniendo la estructura urbana. Por esto, es posible afirmar que la accesibilidad, aún cuando es un atributo espacial, se puede insertar en cada una de las tres dimensiones.

Figura 1.2. Dimensiones y componentes de la ciudad



Fuente: Elaboración propia

La accesibilidad y la dimensión espacial

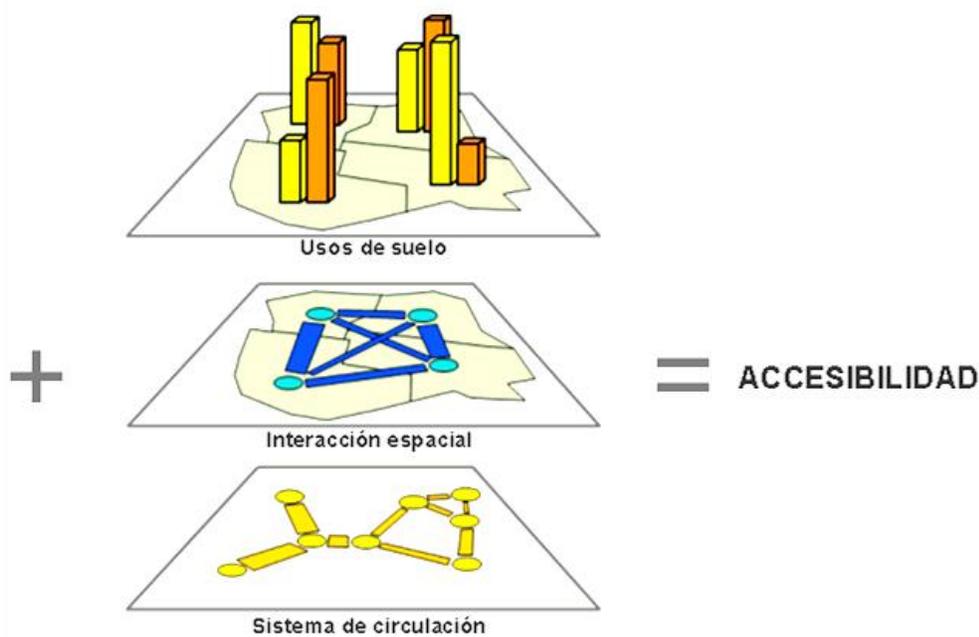
La accesibilidad está vinculada directamente a la organización y transformación morfológica de las ciudades, ya que es por el empleo de los sistemas de circulación que se da la interacción entre las actividades urbanas localizadas en diferentes partes del territorio (Figura 1.3). También está ligada al crecimiento de la ciudad debido a la relación tan directa que tiene con la ampliación de la red vial: a mayor extensión de la red vial, mayor accesibilidad en el territorio (Herce Vallejo, 2004). Estos procesos de transformación del territorio están influidos por múltiples factores interrelacionados, que actúan en el espacio y el tiempo con efectos que no pueden ser explicados unívocamente y que hacen de cada territorio algo muy específico¹⁷.

Aún cuando un alto valor en los niveles de accesibilidad no garantiza una distribución equitativa de oportunidades en el territorio, se puede afirmar que un lugar accesible es un lugar donde sus actividades tienen una organización eficiente (de acuerdo a la comunidad) y que tiene una buena cobertura por los medios de transporte, por lo que mejora la calidad de vida.

¹⁷ La especificidad de un territorio es el resultado, en un marco temporal, de: el crecimiento demográfico, el crecimiento económico, los patrones de consumo, políticas públicas concretas, las relaciones de los diversos agentes.

Los índices de calidad de vida están basados en factores como ingresos, tipo de empleo, escolaridad, entre otros, y son un indicador de ciertos niveles de satisfacción y disponibilidad de las oportunidades para un grupo de individuos. El problema es que no consideran la facilidad de acceso y la habilidad para hacer uso de estas oportunidades (Craglia et al. en Doi et al., 2008: 1099), olvidándose también que las relaciones sociales suceden en el territorio, y que por lo tanto tendrán comportamientos distintos dependiendo de la forma en que estén organizados dentro de éste (Massey, 1995; Ribeiro y Holanda, 2007).

Figura 1.3. Componentes espaciales de la accesibilidad

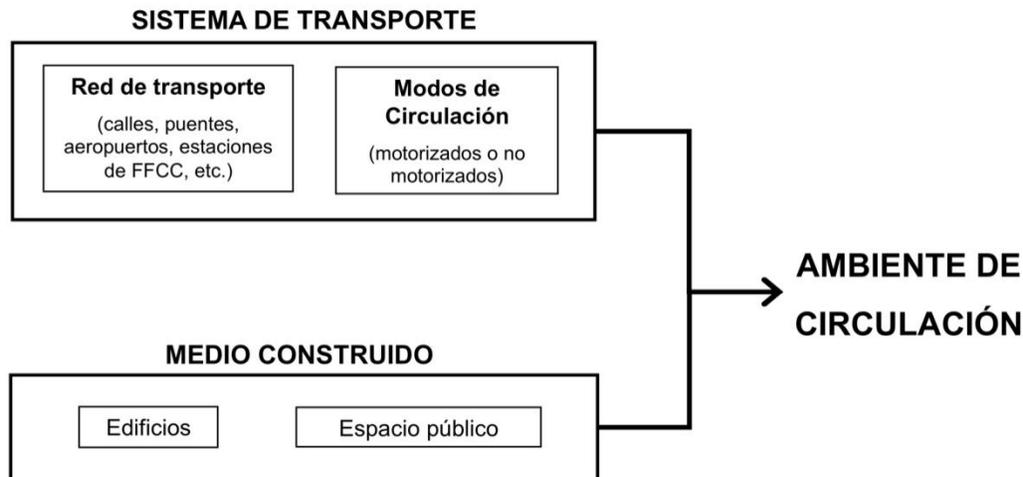


Fuente: Elaboración propia a partir de Rodrigue et al. (2009: 256)

Una buena accesibilidad no solo depende de la forma en que están organizados los usos de suelo sino del *sistema de transporte* (Figura 1.4), el cual está compuesto por la *red de transporte* (estructura vial, puentes, terminales aeroportuarias, de ferrocarriles, etc.) que relaciona todos los componentes espaciales del medio construido (edificios y espacios públicos) y permite la circulación de los individuos por cualquier *modo de circulación* (puede ser motorizado o no motorizado). La combinación del sistema de transporte y el medio construido es el llamado *ambiente de circulación*. Es en este último donde la gente vive y realiza sus actividades, mientras

que es en el sistema de circulación donde se dan los desplazamientos de los individuos (Vasconcellos, 2001).

Figura 1.4. Ambiente de la circulación



Fuente: Elaboración propia

Negrón (2003) afirma que el incremento de la red de transporte y la provisión de un mayor acceso a los equipamientos y servicios provistos por la ciudad y a las zonas de concentración de trabajo son algunos de los factores que contribuyen a la consolidación de un área de la ciudad. El sistema de transporte desempeña un papel muy importante en este proceso, porque el desarrollo interno de cada área depende directamente de la accesibilidad con el resto de la ciudad, y por esto es necesario que esté bien conectada. Las áreas que no cuenten con buenas conexiones o simplemente no tengan, estarán de alguna manera aisladas del resto de la ciudad y por lo tanto, en desventaja con otras que sí lo están. Por esto es posible hablar de un rol discriminatorio que la accesibilidad tiene sobre el territorio, ya que al incrementarse los niveles de accesibilidad de un área se producen cambios en el valor del uso del suelo, el cual generalmente se incrementa, y en el tipo de actividades a desarrollarse e incluso en su densificación, predominando aquellas que requieren de la interacción directa con los individuos (comercios y oficinas), mientras que actividades con menor interacción (residencias e industrias) tienden a localizarse en el suelo con menores niveles de accesibilidad y valor de suelo (Estupiñan y Rodríguez, 2008; Herce Vallejo,

2004; Hillier, 1996a; Miralles-Guasch, 2002; Transit Cooperative Research Program, 2003; Wachs y Kumagai, 1973).

La accesibilidad y la dimensión social

Como las actividades (incluido el equipamiento) no están uniformemente distribuidas en el territorio es posible decir que las ciudades tienen grandes diferencias socio-territoriales y por lo tanto, están habitadas por sociedades desiguales, ya que la disponibilidad de oportunidades para los individuos depende, en gran parte de su localización en la ciudad y de su grado de movilidad.

Hay que entender que además de ser la facilidad para alcanzar un destino, la capacidad de los grupos sociales para superar la distancia (empleando algún modo de transporte) condiciona el grado de accesibilidad por lo que es posible asignarle el componente social.

Si se observan el número de opciones que tienen los grupos sociales y su capacidad para desplazarse (o movilidad), acotado al mismo tiempo, por su condición social (edad, género, educación, salud, etc.) y económica (nivel de ingreso), para acceder tanto a los lugares como a las actividades, es posible entender el potencial que tiene la accesibilidad para ser un indicador social que permita medir “la eficacia de la organización territorial respecto a los diversos proyectos de vida y a las posibilidades que tienen cada uno de los ciudadanos” (Miralles-Guasch, 2002: 43).

Cuando la accesibilidad se relaciona con los grupos sociales es común confundirse con el término de movilidad por ser complementarios, porque son los grupos sociales los que tienen que desplazarse (movilidad) de un lugar a otro en la ciudad considerando sus posibilidades de desplazamiento, los sistemas de circulación disponibles y la distribución espacial de las actividades (accesibilidad).

La accesibilidad y la movilidad se diferencian por ser atributos de diferentes sujetos, mientras que el primero (como ya se mencionó) se relaciona con el territorio, el segundo es una característica de los individuos.

La movilidad es “el conjunto de desplazamientos que tienen que realizar las personas de un ámbito territorial determinado por motivos laborales, formativos, culturales, de ocio o por cualquier otra causa” (RACC, 2004: 43). Esta definición permite observar algunos aspectos muy importantes que se vuelven clave para su correcta aplicación en la planeación de las ciudades: el sujeto de la movilidad es el individuo y el objeto que la permite es el transporte; por lo que, es un

atributo del individuo, ya que es a partir de su capacidad de desplazarse, que tiene acceso a los bienes y servicios necesarios para satisfacer sus necesidades, sin embargo desde una perspectiva territorial ésta no tiene connotaciones negativas o positivas (Ceccarelli en Miralles-Guasch, 2002: 31).

A pesar de la claridad de la definición, también suele confundirse de dos maneras comunes: empleándose como sinónimo de transporte, enfatizando el medio que permite el desplazamiento en lugar de caracterizarlo y olvidándose que el término se refiere a la capacidad del individuo para desplazarse; o considerándose como un sinónimo de infraestructura o equipamiento, siendo estos en realidad solamente “un soporte que sostiene y orienta los medios de transporte en los que se desarrolla la movilidad de los agentes” (Ramírez Velázquez, 2009: 5).

Altos niveles de accesibilidad y un mayor número de oportunidades en el territorio no significa que los grupos sociales tengan que realizar un menor número de viajes, pero sí más cortos (y serán realizados principalmente en modos no motorizados) (On Line TDM Encyclopedia VTPI, 2012b), por lo tanto podrán tener una mejor calidad de vida, ya que tienen la facilidad de seleccionar la oportunidad donde satisfacer su necesidad de acuerdo a sus características, intereses y disposición. El transporte motorizado funcionaría como el elemento facilitador de las oportunidades, teniendo como objetivo “asegurar a todos los habitantes de la ciudad las mismas oportunidades de acceder a las diferentes zonas de la ciudad” (Negrón Poblete, 2003: 101).

Las características de los grupos sociales (el componente de esta esfera) que se han identificado para determinar el potencial de accesibilidad son tres: sus necesidades, sus capacidades o habilidades y las oportunidades. La necesidad de viajar y de tener acceso a ciertas oportunidades dependerán de las características de cada individuo: edad, ingreso, nivel de educación, etapa de vida, entre otros. Por ejemplo, el acceso de un joven a una universidad está condicionado a factores como: a) la escuela a la que asistirá, privada o pública, dependerá por una parte de la selección de los estudios a realizar, a las preferencias personales y a las condiciones socio-económicas de su familia; b) el modo y tiempo de traslado desde su casa a ésta dependerá de si cuenta con un automóvil o no, por lo que tendría que desplazarse en transporte público. Las capacidades o habilidades individuales están relacionadas directamente con las capacidades físicas de los individuos para acceder a los modos de transporte. Finalmente las

oportunidades disponibles que tiene el individuo son aquellas que se ajustan tanto a su ingreso, tiempo, capacidades físicas y características culturales (incluso religiosas).

La accesibilidad y la dimensión temporal.

Las sociedades crean, a través del tiempo y de acuerdo a las condiciones sociales, económicas y tecnológicas lo que Massey (1995: 54) llama periodos de inversión. En cada uno de éstos se desarrolla una nueva forma de estructura territorial, la cual se sobrepone a las estructuras anteriores, generando cambios con diferentes ritmos y por lo tanto, se reflejarán en tiempos distintos: los funcionales son más rápidos que los formales. Al ocurrir la superposición, se generan nuevas formas y distribución del espacio a su manera, haciendo que el territorio se vuelva más complejo en dos sentidos: las estructuras existentes se profundizan pero al mismo tiempo se transforman y se amplían los espacios funcionalmente integrados tanto a escala local como regional; además esta transformación en el territorios servirá como fundamento para el siguiente turno. Las ciudades son entonces, objetos sumamente complejos tanto en lo morfológico y funcional como en lo social, económico y político donde el transporte deberá ser una “estrategia para relativizar una distancia cada vez más amplia, producto de la profundización, transformación y ampliación que sufre el territorio” (Miralles-Guasch, 2002: 23).

Entender las transformaciones territoriales implica comprender que los procesos se dan en ritmos desiguales y desfases considerables que trascienden las generaciones y que responde a formas estandarizadas de comportamiento. Por esto, las transformaciones no pueden verse como un proceso lineal sino como procesos dinámicos, constituidos por relaciones recíprocas, interactuando, ajustándose y modificándose a través del tiempo. Es por esto que para entender el territorio urbano resulta indispensable considerar periodos cortos y largos (arcos temporales), con el fin de ver cómo se superponen, desarrollan e interconectan todos estos procesos, incluido el sistema de transporte (Giddens, 1984).

Es esta dimensión la que nos obliga entonces, a pensar en el territorio y en sus cambios como algo dinámico pero gradual, producto de iniciativas y decisiones tomadas probablemente con mucha anterioridad y que probablemente en otro momento sean obsoletas.

Además, los avances tecnológicos en el transporte han transformado las ciudades respecto a su extensión en el territorio, su organización interna e incluso su densidad, específicamente el incremento de la velocidad ya que la fricción de la distancia se reduce considerablemente y por lo

tanto se genera la distancia relativa, es decir, los individuos están dispuestos a recorrer una mayor distancia en un tiempo determinado¹⁸. Otra consideración negativa relacionada al transporte que afecta el componente temporal de la accesibilidad, es que a pesar de la reducción en los tiempos de traslado (por el incremento de la velocidad) actualmente las ciudades sufren el problema de la congestión vehicular por tener una planeación basada en los modelos de predicción y provisión de tránsito, por lo que los tiempos de recorrido se han incrementado e incluso en algunos casos, es imposible pronosticarlos.

La temporalidad de la accesibilidad no sólo depende del transporte, sino también de la disponibilidad de las oportunidades en diferentes tiempos (horarios y días de apertura de los establecimientos –comerciales, laborales, recreacionales, etc.-) y del tiempo disponible de cada individuo para participar en actividades que sean de su interés (Geurs y van Eck, 2001: 43). Una manera de estudiar este componente de la accesibilidad es a partir de los prismas de espacio-temporales de Hägerstrand (1970) porque permiten visualizar el potencial de algunas áreas para ciertos individuos con la restricción del tiempo.

Conclusiones

Las ciudades son producto de muchos procesos dinámicos en el tiempo de los grupos sociales que la habitan, pero también de una planificación sistemática por parte de las autoridades. Dependiendo de la disciplina desde la que se estudia, se puede hacer énfasis en alguna de sus partes. Algunas transformaciones se pueden entender, de manera espacial, a partir de la relación sistémica entre las actividades realizadas por habitantes (que se refleja en los usos del suelo) y el empleo del sistema de transporte (que posibilita el desplazamiento y la interacción directa entre los grupos sociales). El concepto que ayuda a entender esta relación es la accesibilidad, por lo que es conveniente estudiar tanto el concepto mismo, como su correspondencia con las tres dimensiones urbanas: la espacial, la social y la temporal.

En las últimas décadas se ha reconocido que los modelos de planeación utilizados en la actualidad han sido superados, por lo que en este capítulo se plantea una definición de planificación que permita pensar de una manera integral en los diferentes procesos que se dan en

¹⁸ Algunos estudios sugieren que el tiempo de traslado no ha variado significativamente en las últimas décadas (Frank, 2000, Rodrigue et al., 2009).

la ciudad, particularmente los de la ocupación del suelo y el transporte: el arreglo eficiente de las actividades en la ciudad empleando la proximidad entre éstas y una mayor conectividad provista por los diferentes modos de transporte, es decir, a partir de la accesibilidad.

Esta definición emplea la proximidad y la conectividad como los factores que permitirán tener mejores ciudades y la accesibilidad como el concepto que los engloba y articula.

Con el fin de incluir diversas posibilidades de estudio, se definió accesibilidad como la facilidad que tiene la población para alcanzar las oportunidades (destinos) distribuidas en el territorio desde cualquier otro punto (orígenes) empleando la red de infraestructura para el transporte. Esta definición retoma los elementos principales de otras definiciones encontradas en la literatura y las condensa en tres características:

- La referencia a la distancia o proximidad entre puntos u oportunidades distribuidas en el espacio, por lo que es un atributo del territorio.
- La segunda característica importante de esta definición es que la ciudad se entiende a partir de una red (la viaria), por lo que la distancia está determinada por el grado de conectividad de cada punto.
- La tercera característica, fuertemente ligada a las dos primeras, es que la relación espacial sea entre un punto (u origen) y todos los destinos, es decir, se propone como una accesibilidad integral.

Aún cuando parece que la accesibilidad estaría comprendida exclusivamente en la dimensión espacial de la ciudad (porque depende de la distribución geográfica de las actividades y de la red viaria), es necesario considerar que las otras dimensiones también están incluidas con sus componentes correspondientes. El grado o nivel de accesibilidad de un punto también está sujeto a: las características socio-económicas, necesidades, capacidades, habilidades y oportunidades de los grupos sociales que la habitan; y los cambios de las condiciones sociales, económicas y tecnológicas a través del tiempo, ya sea en un corto o largo plazo. Esto explica porqué, en cualquier aproximación (económica, tecnológica, social, transporte, etc.) para entender la organización espacial de la ciudad, el concepto de trasfondo de sus modelos es la accesibilidad.

Estudios realizados han demostrado que los lugares con altos niveles de accesibilidad son más atractivos para las actividades como el comercio y los servicios, que necesitan de la

interacción directa con los individuos, por lo que tienden a localizarse en estas áreas; además tienen mayor variedad de actividades y un uso intensivo del suelo; asimismo, adquieren un mayor valor del suelo.

Al buscar una mejor articulación entre los usos del suelo y el transporte, a partir de la accesibilidad, algunos de los principales beneficios deseados son: la posibilidad de evaluar objetivamente la disponibilidad de los servicios básicos para diferentes grupos sociales; la incorporación de otros sectores (por ejemplo, el de salud o educación) para que los objetivos de ciertas políticas públicas sean apropiados y tengan un mayor impacto; los cambios en el transporte se puedan cuantificar y observar su impacto en el acceso a las oportunidades; precisar el impacto del transporte y el desarrollo urbano en el territorio (a diferentes escalas) y los grupos sociales que lo habitan.

CAPÍTULO II. MEDICIÓN DE LA ACCESIBILIDAD

En el tema de la planificación de las ciudades, el empleo de la accesibilidad como una herramienta útil ha estado presente desde el nacimiento del urbanismo como ciencia, sin embargo, recientemente ha retomado fuerza a partir de la búsqueda del desarrollo urbano sustentable. Operativamente, la accesibilidad es generalmente entendida como un índice que asocia los destinos deseados u oportunidades con los costos que implica alcanzarlos por lo que las variaciones (incrementos o decrementos) que se presentan en los índices pueden ser directamente proporcionales al tamaño (en superficie) o importancia que tiene para el individuo la oportunidad a alcanzar e inversamente proporcional a la distancia o tiempo para llegar a ésta.

Existe un gran número de variantes o técnicas para medirla sin embargo, pueden ser agrupadas en tres grandes categorías, dependiendo principalmente del tipo de análisis en el que se sitúa el estudio (Batty, 2009):

1. La accesibilidad medida a partir de índices compuestos. Ésta forma de medición estudia el comportamiento de los individuos en relación a las actividades económicas y sociales, por lo que la definición de accesibilidad se transforma, siendo ésta “el costo que implica llegar de un lugar a otro, habiendo considerado los beneficios recibidos una vez alcanzado el destino” (op. cit.: 191).
2. La accesibilidad espacio-temporal. Este análisis se hace a nivel de individuo, donde sus limitaciones de tiempo y presupuesto son las que determinan su conducta de viaje y selección de oportunidades. Su representación más común es un prisma espacio-temporal donde el transporte establece tanto la longitud como el área de la trayectoria y por lo tanto el acceso a las oportunidades.
3. La accesibilidad a partir del análisis de redes. Esta forma de análisis se basa en las características geométricas y topológicas de la ciudad y emplea la red transporte de la ciudad como la variable de análisis, por lo que permite observar y analizar las reacciones de los individuos a los cambios en la infraestructura de la ciudad.

Con el fin de poder seleccionar la técnica más adecuada para cumplir con los objetivos de esta investigación, se hizo una revisión de la literatura para reconocer las técnicas más utilizadas

para calcular la accesibilidad. En la primera parte de este capítulo se hace una revisión de las técnicas, observando su fundamento, fórmula general, variaciones, ventajas y limitaciones y algunas aplicaciones relevantes para esta investigación. La segunda parte del capítulo es una recapitulación de las técnicas, no con un fin comparativo sino para señalar la manera en que diferentes aspectos (las escalas de análisis, las variables empleadas para el análisis, las características de los resultados obtenidos y su potencial de uso) de la accesibilidad son abordados por las técnicas. En la tercera sección se establece la selección de la técnica en correspondencia a la hipótesis y objetivos de esta investigación.

Técnicas para la medición de la accesibilidad

1. Accesibilidad por índices compuestos

Las mediciones de accesibilidad empleando índices compuestos son las mayormente empleadas porque incorporan de una manera muy evidente los dos componentes que intervienen en la interacción: la distribución espacial de los destinos potenciales al igual que el tipo de actividades (también entendidas como atracción u oportunidad) localizadas ahí; el transporte, considerando la distancia, el tiempo y/o el costo como el elemento de resistencia o impedancia. Su operacionalización, y por lo tanto las técnicas de medición, varía dependiendo del enfoque, objetivo, área y limitaciones del estudio, además de los datos disponibles. Las técnicas comúnmente usadas son tres: por acumulación de oportunidades, los basados en la utilidad y con modelos gravitacionales.

Las principales variables que son consideradas dentro de este nivel de análisis son: la distancia métrica entre el origen y las oportunidades, el tiempo de viaje, el costo del mismo, el nivel socioeconómico de los individuos y el número de oportunidades disponibles (lo cual determina el grado de atracción de éstas).

1.1. Oportunidades acumuladas

La medición de la accesibilidad a partir de la acumulación de oportunidades es la más sencilla de las mediciones que considera tanto la distancia como el objetivo del viaje. A partir de ésta, es

posible conocer o contabilizar el número o proporción de oportunidades disponibles para un punto o área geográfica dentro un contorno establecido por distancia o tiempo.

Este índice permite observar los cambios en los niveles de accesibilidad de un área, punto o individuo debido a cambios en los usos de suelo, los modos o sistemas de transporte o al crecimiento de la ciudad. Breheny (1978: 468) identificó tres variables involucradas en esta medición:

1. Los beneficios u oportunidades alcanzados al final del viaje,
2. El tiempo o la distancia necesarios para poder alcanzar dicho beneficio,
3. Una actividad o un grupo social que obtendrán el beneficio a partir del acceso a las oportunidades.

Esta técnica se emplea comúnmente para calcular la accesibilidad a las fuentes de empleo, aunque también se ha hecho para los comercios, servicios públicos, servicios de salud, educación y de recreación (Bhat et al., 2000; Geurs y van Eck, 2001), los cuales son considerados como el factor de atracción.

La accesibilidad por acumulación de oportunidades se calcula, de una manera general, a partir de la definición del origen y un contorno o umbral (en tiempo o distancia), contabilizando el número de actividades potenciales (como la unidad espacial) para determinar la accesibilidad, por lo que un incremento en los niveles de accesibilidad dependerá de si el número de oportunidades se incrementa dentro del umbral establecido¹⁹ (ya que todas las oportunidades tienen el mismo peso). Este incremento puede ser el resultado de cambios en los usos de suelo (incrementos en las oportunidades alcanzables) o por la creación o mejoramiento de infraestructura (calles, puentes, etc.) que permita una reducción en el tiempo o distancia para alcanzar ciertos destinos.

La única información necesaria para hacer esta medición es la localización de los destinos deseados y la amplitud del contorno o umbral, expresándose de la siguiente manera:

$$A_j = \sum_{j=1}^t O_t \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

¹⁹ Este umbral es conocido como curva isócrona, la cual se define como “aquella que contiene puntos geográficos que implican el mismo tiempo total de viaje a partir de o hacia un punto específico” (Islas Rivera, 2000: 92).

donde t es el umbral (en distancia o tiempo) y O_t es la oportunidad que puede ser alcanzada dentro del umbral establecido.

Las mediciones de la accesibilidad a partir de las oportunidades acumuladas permiten tener una descripción de dos de los componentes: transporte y usos de suelo, incorporando el tiempo y/o costo de viaje y la distancia. A pesar de esto, en ningún momento es posible hacer una evaluación de los efectos combinados de los dos componentes o de la valoración que los individuos dan a cada uno de éstos y que afectan la toma de decisiones. Por otra parte, la mayor ventaja que tiene este indicador en términos de planeación, es que requiere de datos fácilmente disponibles (localización de actividades, costos o tiempos de viajes, etc.) que son independientes de las percepciones y valoraciones individuales de cada componente y su interacción, por lo que es posible realizar estudios más específicos posteriormente, adecuándolos a las características específicas de los individuos o actividades afectadas (Jones en Geurs y van Eck, 2001: 51). Además este método es capaz de presentar resultados fácilmente interpretables y comunicables.

Las críticas más fuertes de esta medición son que: no considera la conducta del individuo (Garrocho y Campos A., 2006); supone que todas las oportunidades disponibles tienen el mismo grado de atracción, sin importar el tiempo de viaje o el tipo de oportunidad (Vickerman, 1974); la arbitrariedad para la determinación del umbral, ya sea en tiempo o distancia (Makri y Folkesson, 1999); la no-diferenciación de las oportunidades de acuerdo a la distancia que guardan respecto al origen, es decir todas son valoradas iguales aún cuando algunas estén contiguas a éste y otras estén en el límite del contorno delimitado (Voges y Naudé en Bhat et al., 2000: 22).

Wachs y Kumagai (1973) estudiaron la accesibilidad a fuentes de empleo en Los Ángeles (California), generando un índice a partir de la suma ponderada del número de oportunidades de empleo existentes dentro de un área delimitada por el tiempo de viaje, donde los valores y trabajos disponibles fueron establecidos por categorías de ingresos y tipos de empleo del interés de la investigación. El propósito de su estudio fue demostrar la importancia que tiene la accesibilidad en la planeación del transporte y de la localización de las actividades (económicas y servicios públicos) en una ciudad, y proponen que debería ser considerada como un componente de los índices de calidad de vida.

A partir del estudio de anterior, Weibull (1976) creó un índice para medir el grado de accesibilidad-atracción a lugares de trabajo en Estocolmo (Suecia) y establecer criterios para evaluar planes de desarrollo urbano (tanto residencial como zonas de trabajo) e infraestructura

para el transporte público. Las variables empleadas fueron empleo, el tiempo de viaje y la tenencia de automóvil.

Black y Conroy (1977) crearon un índice de accesibilidad a las fuentes de empleo en Australia, a partir de la proporción de oportunidades dentro del área de estudio y un índice de tiempo de viaje²⁰, lo que les permitió hacer un análisis de acuerdo a la localización, modo de transporte o grupo particular de la comunidad.

A partir de la interacción de las tres variables de esta medición (mencionadas al inicio de esta sección), Breheny (1978), creó tres métodos para calcular la accesibilidad, donde una de las constantes es fija y las otras dos varían. En el primero, el origen permanece constante, por lo que el cálculo se basa en el promedio de oportunidades disponibles en cualquier zona empleando como umbral el costo de viaje. El segundo método toma como constante las oportunidades disponibles, por lo que la medición indica el número de orígenes posibles determinados a partir de los costos de viaje. Finalmente, el tercero es el más parecido a la forma general de la medición, ya que mide el número de oportunidades que pueden ser alcanzadas desde el o los orígenes a partir de un costo de viaje fijo.

Para la ciudad de México se encontraron cuatro estudios aplicando esta técnica. El primero es el *Diagnóstico preliminar del transporte en la ciudad de México*, realizado por el Programa de Ciencia y Tecnología de El Colegio de México entre 1989 y 1993 (en Islas Rivera, 2000: 92), cuyo objetivo parcial era analizar la forma en que se distribuye la accesibilidad en las zonas en la ciudad de México. Para esto se seleccionaron ocho puntos de la ciudad de manera arbitraria para realizar recorridos de forma radial tanto en transporte público como en automóvil y se hicieron las curvas isócronas de cada uno. Los resultados evidenciaron, en términos de accesibilidad, las zonas cuyo acceso es difícil por la falta de infraestructura vial o transporte público.

La Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos –COMETAH- (1998: 106) realizó un estudio similar al anterior, pero esta vez se usó el centro como origen y el tiempo de recorrido en transporte público como la variable. El resultado presentado en un mapa con cuatro curvas isócronas (de 30 minutos cada una) ayudó a visualizar que las zonas aptas para los nuevos desarrollos de centros de población se localizaban en áreas con bajos niveles de accesibilidad por lo que se sugería “remontar los umbrales existentes para facilitar los desplazamientos de los

²⁰ El índice fue calculado a partir del tiempo de viaje específico menos el promedio del tiempo de viaje a las actividades.

habitantes en los sistemas viales y en transporte colectivo, ya sea que se apoyen en la estructura vial o en vías férreas” (ibid).

López y Aguilar (2004) analizaron la provisión de los servicios de salud de las instituciones públicas en municipios periféricos de la Ciudad de México con el fin de demostrar la inexistencia de una relación entre una política pública y la distribución territorial de éstos. A partir de la cobertura establecida²¹, es decir la localización geográfica de las unidades de servicio y el tiempo estimado de viaje (a partir de la unidad de servicio) evaluaron el grado de cobertura que tienen las instituciones para la población a la que atiende en tres escalas (regional, municipal y local).

El *Atlas de Accesibilidad y Conectividad de la Zona Metropolitana del Valle de México* (CTS México, 2010) analiza los niveles de accesibilidad desde diferentes tipos de equipamiento básico (escuelas primarias, centros de salud, oficinas gubernamentales, estaciones de metro y Metrobús), empleando éstos como puntos de origen de la medición y estableciendo un área de cobertura de 20 minutos (a pie y en bicicleta). Los resultados fueron sobrepuestos en mapas con información de densidad de población y el número de actividades económicas (locales y centros comerciales, oficinas, etc.) y residenciales para poder evaluar el nivel de cobertura que tienen estos y poder visualizar las zonas donde existe una gran oferta o un déficit de los servicios²².

1.2. Basada en la utilidad

Esta medición de la accesibilidad tiene su fundamento en la teoría económica de la utilidad marginal, donde los individuos maximizan la utilidad seleccionando una opción (modo de transporte y destino) a partir de su utilidad relativa respecto a todas las otras opciones (Handy y Niemeier, 1997: 1177). La función de la utilidad incluye variables que representan los atributos de cada opción (que satisfacen la misma necesidad), por lo que es posible ver en ella el grado de atracción del destino, la impedancia de viaje y las características socio-económicas de los individuos u hogares (Makri y Folkesson, 1999: 6) y a la vez puede ser empleada como un modelo que mide la conducta de viaje a partir de los beneficios de los distintos usuarios de un modo de transporte.

Koenig (1980: 148) planteó dos supuestos básicos para esta medición:

²¹ El criterio es establecido por las instituciones proveedoras del servicio (IMSS, ISSSTE e ISEMYM en este caso) respecto al número de derechohabientes y no a la población total.

²² Las fuentes empleadas fueron el II Conteo de Población y Vivienda 2005 y el Censo Económico 2004.

1. La gente asocia una utilidad a cada alternativa que se les presenta y seleccionan la que tiene un valor máximo para ellos como individuos
2. Como no es posible para el individuo evaluar todos los factores que afectan el valor utilitario de cada alternativa, entonces la utilidad deberá entenderse como la sumatoria de los componentes no-aleatorios (o deterministas) y un componente aleatorio (o estocástico).

Partiendo de su fundamento (la percepción utilitaria de los individuos), la accesibilidad se puede definir como el denominador del modelo *logit* multinomial, también conocido como *logsum*, el cual funciona como un indicador del grado de atracción o deseo que tiene todo el conjunto de opciones (Small en Handy y Niemeier, 1997: 1178).

La forma más general de expresar esta medición es:

$$A_n = \ln \sum_{i \in C} \exp(V_{in})$$

Ecuación 2.2)

donde la accesibilidad para un individuo n se define como el valor esperado a partir de la maximización de la utilidad de un destino i respecto al conjunto de opciones C .

Las principales ventajas que tiene la medición de la accesibilidad basada en la utilidad son: su fundamento teórico directamente ligado con las teorías microeconómicas de bienestar, lo que permite observar las decisiones de selección de los destinos de los individuos de acuerdo con los beneficios económicos que puedan obtener (Cerdá, 2009: 20); permite evaluar alternativas a la función de utilidad con el fin de encontrar la que mejor refleje la conducta de viaje real (Makri y Folkesson, 1999: 7); los resultados arrojados por esta medición pueden considerarse reales al hacerse de manera individual (Geurs y van Eck, 2001: 65); los resultados pueden ser convertidos en valores monetarios para un mejor entendimiento de la accesibilidad. Para este último Miller señala que existe la incertidumbre de que el excedente del consumidor medido deba ser interpretado como el deseo de pagar y por lo tanto, no representa necesariamente la disposición del consumidor de pagar por esta accesibilidad (en Cerdá, 2009: 21).

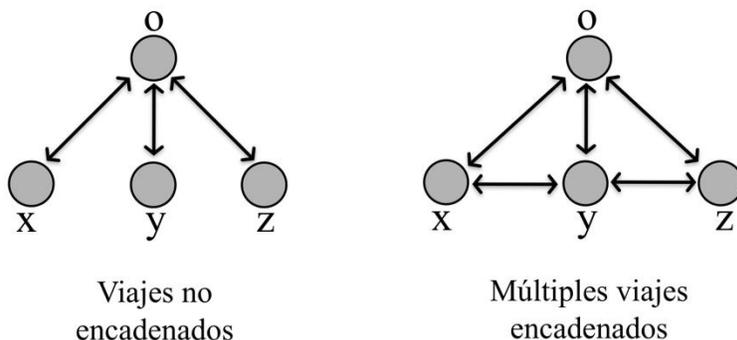
Una de las principales desventajas que tiene esta medición es su dificultad de interpretación por cualquier persona, debido a su fuerte dependencia de teorías económicas relativamente complejas (como los modelos conductuales para la selección de destinos o los excedentes del consumidor) (Koenig en Geurs y van Eck, 2001: 66). A esto, Sweet (1997) añade que esta

medición (*logsum*) representa la utilidad total asociada al destino, sin embargo no incluye ni la desutilidad del viaje ni la utilidad asociada con el destino mismo. Por otra parte, resulta difícil comparar diferentes funciones de utilidad, por lo que se vuelve complejo comparar diferentes áreas (colonias o regiones) (Handy y Niemeier, 1997). Ben-Akiva y Lerman (en Bhat et al., 2000: 33) señalan que al medir la accesibilidad a partir de la utilidad se pueden incluir alternativas irrelevantes para los individuos y por lo tanto, disminuir la probabilidad de las opciones viables.

Ben-Akiva y Lerman (ibid: 32) emplearon esta medición en modelos de movilidad partiendo del supuesto que ésta es el principal atributo que los individuos consideran para tomar una decisión respecto a la localización de su lugar de trabajo, hogar, modo de transporte empleado e incluso la tenencia de un automóvil. La selección de los viajes son decisiones de corto plazo que son influidas por el destino, la disponibilidad de modos de transporte, la ruta y la hora del día.

Richardson y Young (1982), a partir del modelo *agrupado logit* calcularon la accesibilidad a destinos en viajes multipropósito, cuyo criterio de selección depende tanto de la proximidad del destino precedente al nuevo destino como de la cercanía del segundo a los siguientes destinos es decir, una cadena de viajes (Figura 2.1).

Figura 2.1. Tipos de viajes



Fuente: *Elaboración propia.*

Martínez (1995) propuso una medición de la accesibilidad a partir de una interpretación totalmente económica, observando el beneficio obtenido por los usuarios del transporte, empleando el mercado y los costos de transporte tanto para productores como para consumidores. El cálculo de las funciones de accesibilidad y grado de atracción se hizo tanto para los hogares

como para las firmas con el fin de observar los beneficios obtenidos cuando los usuarios del transporte viajan hacia la actividad o por el contrario, cuando la actividad se desplaza hacia el usuario.

Niemeier (1997) investigó el valor que los usuarios otorgan a la accesibilidad de sus lugares de trabajo, a partir de un modo de transporte en el desplazamiento matutino. El estudio empleó la medición basada en la utilidad para estimar la accesibilidad a partir del modo y el destino. Posteriormente aplicó una variación compensatoria y convirtió las unidades de accesibilidad (modo-destino) a unidades monetarias por viaje al trabajo con el fin de poder interpretar más fácilmente los resultados.

En su estudio, Zegras (2005) midió el impacto que tiene el medio construido en la movilidad sustentable²³. Para esto, combinó algunos modelos que evalúan la influencia del medio construido en la conducta de viaje (en particular la tenencia y uso de un automóvil) con la medición de accesibilidad basada en la utilidad. A partir de su medición calculó los niveles de movilidad de cada uno de los individuos y por lo tanto, el índice obtenido fue capaz de reflejar las preferencias individuales y se pudo relacionar directamente con las mediciones tradicionales para calcular el excedente del consumidor.

1.3. Modelos gravitacionales

Esta medición de accesibilidad es la más antigua, ya en el siglo XIX se había introducido el concepto de potencialidad a la escuela de física social (Geurs y van Eck, 2001: 52), sin embargo una de las primeras aplicaciones a la interacción humana fue hecha por Stewart, quien hizo una analogía de la teoría de Newton sustituyendo el concepto de masa por el de población²⁴ (Rich, 1980: 6). Llevado a nivel de lo urbano, Carrothers (1956) exploró la posibilidad que esta relación física pudiera ser aplicada a las relaciones intraurbanas, por lo que buscó definir tanto la fuerza de atracción como la fricción de la distancia; además que incluyó en su trabajo la frase “posibilidad de interacción”, la cual se encuentra en la mayoría de la literatura referente a la accesibilidad.

²³ Zegras la define operacionalmente como la capacidad de proveer accesibilidad que no decline con el paso del tiempo. El índice para calcular ésta es: movilidad sustentable = accesibilidad – distancia viajada en vehículo (p. 42).

²⁴ A partir de la observación que la mayor proporción de estudiantes provenían de lugares cercanos o región a la Universidad de Princeton y que esta proporción disminuía proporcionalmente a la distancia entre la universidad y el lugar de origen.

Esta forma de medir la accesibilidad se obtiene otorgando un peso específico a las oportunidades de un área²⁵ incluyendo tanto el nivel de atracción como el factor de separación (considerado la impedancia). Mientras que la medición por oportunidad acumulada usa una medición discreta (de tiempo o distancia) para determinar el número de oportunidades disponibles²⁶, los modelos gravitacionales emplean una medición continua para descartar las oportunidades utilizando los incrementos en tiempo o distancia a partir del origen. Además, esta medición considera el factor de la distancia, por lo que mientras más cerca se encuentre la oportunidad del origen o haya mayor número de éstas, mayor será su valor de accesibilidad.

La fórmula general para calcular el potencial de la accesibilidad, A_j , para una zona j , empleando los modelos gravitacionales es:

$$A_j = \sum_{i=1}^n O_i d_{ij}^{-\alpha} \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

donde O_i representa la oportunidad en la zona i y $d_{ij}^{-\alpha}$ es el factor de fricción o impedancia, que incluye el tiempo, la distancia o el costo de viaje de la zona i a la j .

Usualmente en este tipo de medición se emplean datos agregados (como el número de empleos disponibles, la superficie comercial disponible, etc.) sin embargo, se pueden efectuar mediciones diferenciadas para distintas oportunidades e incluso sectores de la población (Makri y Folkesson, 1999: 6).

Debido a que los modelos gravitacionales han tenido muy diversas aplicaciones, se han identificado numerosas variaciones de esta medición (Bhat et al., 2000; Cerdá, 2009; Geurs y van Eck, 2001). Sin embargo, éstas se derivan de la forma en que se han modelado los tres variables de esta medición: 1) el grado de atracción que tiene un área o zona, 2) la impedancia entre zonas, en tiempo, distancia o costo y 3) la determinación de la función de impedancia (Bhat et al., 2000: 24).

Para determinar el grado de atracción de una zona se han empleado variables como el número de empleos disponibles en una zona o el número de locales comerciales, incluso la

²⁵ Generalmente el peso es definido por la actividad (y la cantidad de ésta) a observar, tal como el empleo, comercios, servicios de salud, educación, etc.

²⁶ Koenig (1980: 150) señala que la medición por oportunidad acumulada es una variante de la medición basada en los modelos gravitacionales, donde la función de impedancia es igual a uno si la oportunidad se encuentra dentro del límite de tiempo de viaje, o a cero si esta fuera de éste.

superficie que éstos ocupan. Respecto a la forma de determinar la impedancia entre zonas se ha calculado la distancia euclidiana, empleando las distancias reales a partir de la red, los tiempos de viaje, la distancia o costo percibido por el usuario o alguna combinación de éstas.

Cerdá (2009) distingue dos variaciones de los modelos gravitacionales de acuerdo a factores que se han introducido como variables relevantes para medir los niveles de accesibilidad:

1. Factores de competencia. Esta variación considera dentro de su medición al factor de la demanda²⁷ y se emplea cuando se cumplen al menos una de las siguientes condiciones: la demanda de oportunidades disponibles esta uniformemente distribuida en el espacio y además éstas no tienen limitaciones de capacidad. Debido a que estas condiciones resultan muy difíciles de cumplir es necesario considerar ajustes tales como la unificación del tipo de empleo y la inclusión de características socio-demográficas tales como la educación o el ingreso y aplicados por Shen (1998) para medir la accesibilidad a centros de trabajo²⁸. Una desventaja que presenta esta medición es que solamente se concentra en los resultados de la accesibilidad para una zona, por lo que ignora el impacto que pueden tener el mismo tipo de oportunidades en otras zonas.
2. El inverso de los factores de competencia o doblemente restrictivo. Esta medición, desarrollada por Wilson (en Geurs y van Eck, 2001: 57) considera como limitantes dentro de su modelo de interacción espacial tanto a la oferta como la demanda. A partir de esto, el modelo procura que la magnitud de los flujos hacia y desde el destino de cada zona sean iguales al número real de actividades en la zona. Con esta medición es posible calcular iterativamente el potencial de accesibilidad para la oferta y la demanda de todas las zonas y observar el balance entre los viajes realizados y el número de oportunidades de cada zona. El modelo se puede expresar como:

$$T_{ij} = a_i b_j O_i D_j F(d_{ij}) \quad (\text{Ecuación 2.4})$$

²⁷ Generalmente los modelos gravitacionales se enfocan a la oferta provista por el binomio uso de suelo – transporte.

²⁸ El estudio consideró la cantidad de individuos buscando una oportunidad específica (la demanda potencial) calculando la proporción de la oferta de empleos en una zona *j* dividido entre el número de empleadores (la demanda) localizados en la misma zona *j*.

donde T_{ij} es el flujo entre las zonas i y j ; $a_i b_j$ son los ponderadores que transforman las unidades de actividad por unidades de flujo²⁹; $O_i D_j$ representan el número de actividades (pueden ser habitantes, empleos, etc.) en las zonas i y j ; $F(d_{ij})$ es la función de fricción creada por la infraestructura que conecta a ambas zonas (op. cit.). Esta medición se puede emplear en el caso en donde los orígenes y los destinos están determinados y además se considera que en ambos existe el factor de competencia. A pesar de que este modelo permite considerar los efectos de la competencia, y por lo tanto ofrece una estimación de la accesibilidad más real, la medición resulta difícil de explicar debido a que es el resultado de un proceso iterativo que incorpora la localización tanto de la oferta como de la demanda.

Las principales ventajas de la medición de la accesibilidad basada en modelos gravitacionales son: su capacidad de presentar el número potencial de opciones disponibles para el individuo o la zona de estudio; los datos requeridos para elaborar los cálculos son relativamente fáciles de obtener - usos de suelo y modo de transporte, costo y tiempo de viaje.

La medición presenta algunas limitaciones que hacen que su aplicación no sea tan sencilla o directa. Las principales son:

1. El índice generado solo se asigna a una zona de manera agregada respecto a todos los destinos posibles, por lo que no considera las características particulares de los individuos, i.e. todos los individuos en la zona tienen el mismo nivel de accesibilidad a pesar de que cada destino sea percibido como distinto (por la impedancia, tiempo o costo de viaje, otorgada por cada individuo).
2. La necesidad de crear un factor de impedancia para cada caso, a partir de coeficientes otorgados a los posibles destinos o de los modelos de distribución de viajes (Cerdá, 2009: 9).

²⁹ Para calcular los valores de cada uno se emplean las siguientes fórmulas:

$$a_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^n b_j D_j F(d_{ij})} \quad (\text{Ecuación 2.5})$$

$$b_j = \frac{1}{\sum_{i=1}^m a_i O_i F(d_{ij})} \quad (\text{Ecuación 2.6})$$

El valor de a_i permite asegurar que la magnitud del flujo (viajes) cuyo origen es la zona i sea igual a las actividades (residenciales) en esta zona. Por su parte, el valor de b_j asegura que el volumen del flujo (viajes) destinados a la zona j sean los mismos que el número de actividades en ésta, empleos por ejemplo ((Geurs y van Eck, 2001: 57).

3. La distribución espacial de los destinos (la oferta) esta incluida en la medición, pero no considera la distribución espacial de los individuos (la demanda), asumiendo implícitamente que no hay efectos de competencia, es decir, la demanda no afecta los niveles de accesibilidad para los destinos (Geurs y van Eck, 2001: 55).
4. Los resultados presentan cierto grado de dificultad para ser comunicados debido a que el cálculo esta basado principalmente en una ponderación de la distancia entre las oportunidades y el origen.

Por ser una de las mediciones más conocidas, ésta se ha empleado para calcular la accesibilidad a oportunidades como servicios de salud, transporte público, supermercados, centros educativos y centros de trabajo. Hansen (1959) empleó el modelo gravitacional para investigar la relación entre el potencial de desarrollo residencial que tiene un área³⁰ y la accesibilidad respecto a empleo, hogares y centros comerciales de la zona metropolitana de Washington D.C., concluyendo que las diferencias entre el desarrollo actual y el potencial pueden ser atribuidas a los valores de accesibilidad.

Vickerman (1974), interesado en poder planear el transporte a partir de la distribución de los viajes y de los modos de transporte, realizó un análisis multivariado (con las características socioeconómicas de los habitantes de una ciudad) y lo relacionó con índices de accesibilidad calculados en base al modelo gravitacional, niveles de servicio de las vialidades y estatus económico. Los resultados mostraron que el grado de atracción y la accesibilidad de una oportunidad son factores sustanciales en la determinación de los viajes y por lo tanto, en la movilidad de los individuos.

Handy (1992) midió los niveles de accesibilidad locales y regionales en el área de la Bahía de San Francisco (empleando los modelos gravitacionales) y seleccionó cuatro localidades suburbanas para un análisis más detallado. A partir de los análisis se encontró que los niveles de accesibilidad están relacionados con ciertos patrones de viaje: elevados niveles de accesibilidad pueden asociarse con mayor número de viajes a pie, además la reducción del número de viajes a los centros regionales..

En los estudios realizados para el área de la Bahía de San Francisco y San Diego, Cervero (1996) analizó los niveles de accesibilidad de los lugares de empleo a partir de los hogares

³⁰ Para Hansen el potencial de desarrollo residencial está determinado por la proporción de tierra disponible en un área respecto a su superficie total (Hansen, 1959: 75)

utilizando el modelo gravitacional. En el estudio para San Francisco, el modelo permitió predecir los flujos laborales entre las diferentes zonas, a partir de tres variables: el número de unidades residenciales en la ciudad, el costo promedio de una casa en la ciudad y la distancia (en línea recta) entre las zonas de estudio. En el estudio para San Diego, se compararon los índices de accesibilidad de dos modos de transporte distintos (automóvil y transporte público) respecto a la localización de fuentes de empleo. Los resultados mostraron la existencia de desigualdades para los usuarios de los diferentes modos de transporte³¹, lo que permitió a las autoridades tomar medidas correctivas para mejorar la provisión del servicio de transporte público.

Negrón Poblete (2003) midió el índice de accesibilidad física a zonas de trabajo desde cuatro barrios periféricos del Distrito Federal (México) a partir del crecimiento de la red de Metro en un periodo de diez años (1990 – 2000) con el fin de observar si estos cambios tenían algún efecto en la consolidación de zonas de la ciudad. Para esto empleó el mismo índice que Cervero (en su estudio para San Francisco) calculándolo en función de dos variables: el tiempo de recorrido y costo del mismo. Los resultados obtenidos le permitieron concluir que las variaciones en los índices de accesibilidad (calculados en función del costo del viaje) pueden relacionarse con los procesos de consolidación de una zona de la ciudad.

Suárez Lastra (2007) midió la relación entre la localización de las zonas residenciales y los empleos en la Ciudad de México entre los años 1990 y 2000 por medio de dos índices de accesibilidad. El primero es un índice gravitacional básico³², el cual mostró que los empleos en el área central de la ciudad son los más accesibles; sin embargo, con el fin de tener una visión más precisa del tipo de empleo que la población requiere se creó un segundo índice de accesibilidad gravitacional-isocrónico que permitió estimar los empleos por sector en áreas donde la población económicamente activa se dedica a un sector distinto (p. 80). Los resultados obtenidos por ambos índices mostraron altos niveles de accesibilidad para el centro de la ciudad, mientras que las áreas de mayor crecimiento poblacional carecen de empleos adecuados para sus habitantes, lo cual le permitió confirmar la existencia de un “desequilibrio espacial” entre la población de nivel socio-económico bajo y los empleos que pueden obtener.

³¹ Los índices de accesibilidad tenían una proporción de 4:1 (automóvil/transporte público). Esta diferencia se debía a la carencia de rutas de transporte público, especialmente en la periferia de San Diego, y a la facilidad que tienen los autos de llegar a cualquier lugar.

³² Este índice “cuenta el número de empleos por municipio y los pondera por la distancia entre municipios, elevada a un coeficiente de fricción de acuerdo con el municipio de referencia” (Suárez Lastra, 2007: 78).

2. Accesibilidad espacio-temporal

La accesibilidad espacio-temporal, también conocida como geografía del tiempo, permite observar el nivel o grado de accesibilidad que cada individuo tiene a partir de sus limitaciones (necesidades particulares, movilidad, recursos económicos, tiempo disponible, etc.).

Preocupado por la identidad de los individuos Hägerstrand (1970) propuso incorporar la dimensión temporal a las mediciones espaciales de la accesibilidad, con el fin de considerar las limitaciones de tiempo de las personas y que influyen en la selección de sus oportunidades en el transcurso del día.

Este método tiene dos herramientas básicas para modelar las actividades de los individuos tomando en cuenta dos factores: el tiempo que implica cada actividad a desarrollar en cada lugar; las restricciones de tiempo de cada individuo³³. La primera herramienta es la representación del recorrido lineal que tiene cada individuo en el espacio físico durante un tiempo determinado representando de una manera continua la historia de localizaciones del individuo en un espacio determinado en un sistema tridimensional, llamada trayectoria espacio-temporal (Figura 2.2a). La segunda herramienta es el prisma espacio-temporal (Figura 2.2b), el cual representa el territorio (área de trayectoria potencial) al que tiene acceso cada individuo de acuerdo a restricciones espacio-temporales específicas y que se representa como un espacio continuo en el sistema de coordenadas espacio – tiempo (Miller, 2007; Yu y Shaw, 2007). En cualquiera que sea el caso, el modo de transporte es el componente que establece la longitud de la trayectoria o el tamaño del área de trayectoria potencial, y por lo tanto de la accesibilidad a oportunidades.

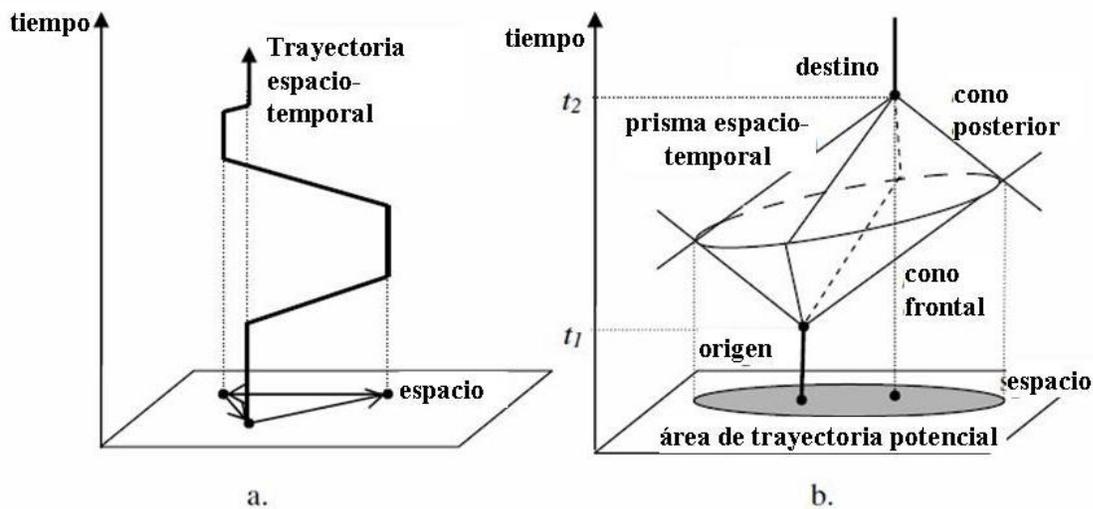
Esta medición muestra diferencias entre individuos de acuerdo a sus limitaciones espacio-temporales (además de las físicas o económicas) que otras mediciones no son capaces de evidenciar porque el individuo está incluido dentro del área geográfica o grupo socio-económico de estudio. Además es posible hacer distinciones entre los diferentes miembros de un mismo

³³ Hägerstrand (1970: 11) identifica tres tipos de limitaciones:

- a) Por capacidad individual, es decir, la persona está condicionada a realizar sus actividades de acuerdo a sus capacidades biológicas (comer o dormir) y habilidades para manejar ciertas herramientas que le permitan alcanzar sus objetivos (p.e. manejar).
- b) *Coupling*, es decir, el individuo define donde, cuándo y por cuánto tiempo necesita realizar una actividad, lo que no le permite realizar otra.
- c) Por autoridad, es decir, personas de un rango o jerarquía más alta no permiten que el individuo se desplace o tenga alguna actividad.

hogar que experimentan diferentes niveles de accesibilidad, de acuerdo a las limitaciones antes mencionadas. Al mismo tiempo, al ser una medición individualizada, es posible observar y modelar los viajes multipropósitos o ligados y no solamente los viajes sencillos.

Figura 2.2. Trayectorias y prismas espacio-temporales



Fuente: Yu y Shaw (2007). Traducción propia

La mayor limitación de esta medición es la dependencia en gran cantidad de información respecto a los viajes y las actividades realizados por cada individuo, lo cual refleja el gran número de factores³⁴ que influyen las decisiones de un individuo para realizar una actividad (por necesidad o gusto). Al ser una medida de tipo individual, ésta se limita a un área geográfica relativamente pequeña y a un número pequeño de individuos, por lo que resulta muy complejo evaluar la accesibilidad a una escala mayor.

Otras desventajas son: la medición muestra una accesibilidad retrospectiva que no puede ser empleada como un método para evaluar planes de desarrollo urbano ni de transporte, ya que es imposible precisar quien va habitar los nuevos desarrollos o usar el sistema de transporte además de cuáles serán sus hábitos, limitaciones o estrategias de adaptación; no puede ser creada ni recreada por los individuos ya que la creación de la accesibilidad a ciertas actividades en particular implica la creación de un programa, lo cual hace que el individuo excluya otras

³⁴ Estos factores pueden ser: el modo de transporte, el destino seleccionado, la disponibilidad de tiempo, el presupuesto, etc.

actividades, organice de una cierta manera la rutina diaria, reduzca los periodos de participación en alguna actividad o incluya actividades en otros lugares –nuevos o cercanos- para ahorrar tiempo (Pirie, 1979).

A partir de los estudios de Hägerstrand, en la Escuela de Geografía de Lund (Suecia) se desarrollaron métodos para evaluar alternativas de trayectorias entre dos puntos predeterminados, considerando las restricciones espaciales que representa llegar a ellas³⁵. De esta manera estudiaron el transporte público en áreas urbanas, las condiciones generales de vida en diferentes regiones, la reubicación de ciertos servicios o la accesibilidad de ciertos sectores de la población a empleos.

En un estudio comparativo (con las técnicas de oportunidad acumulada y por modelos gravitacionales), Kwan (1998) calculó los niveles de accesibilidad de doce puntos empleando prismas espacio-temporales, tomando en cuenta tres factores: el número factible de prismas; el número de oportunidades disponibles dentro del prisma; la longitud de los arcos de la red. Los resultados obtenidos mostraron algunas diferencias entre los diferentes modos de medir la accesibilidad, mientras que la accesibilidad por oportunidad acumulada y/o por modelos gravitacionales muestra las diferencias interpersonales a partir de la función de impedancia (como el costo o tiempo de viaje), la medición espacio-temporal es capaz de revelar el nivel de accesibilidad que cada individuo (aún perteneciendo al mismo hogar) tiene considerando sus limitaciones (físicas, económicas, de género, étnicas entre otras).

Burns (en Bhat et al., 2000: 37) evaluó los efectos que tienen los cambios en los sistemas de transporte en los niveles de accesibilidad para los individuos y midió el efecto que tiene aglomerar actividades y reducir las distancias recorridas. La principal aportación de este trabajo fue el énfasis que hace en el empleo de estrategias de tipo temporal por encima de las de incrementos de velocidad para elevar los niveles de accesibilidad.

3. Accesibilidad a partir del análisis de redes

Esta medición parte del entendimiento de la ciudad como una red, compuesta por nodos (o intersecciones) y arcos (o líneas) en los que se realizan los desplazamientos (lo que en nuestro

³⁵ Lenntorp (en Geurs y van Eck, 2001) desarrolló un programa llamado PESASP (*Program Evaluating the Set of Alternative Sample Paths*) que le permitió analizar la accesibilidad individual en áreas urbanas.

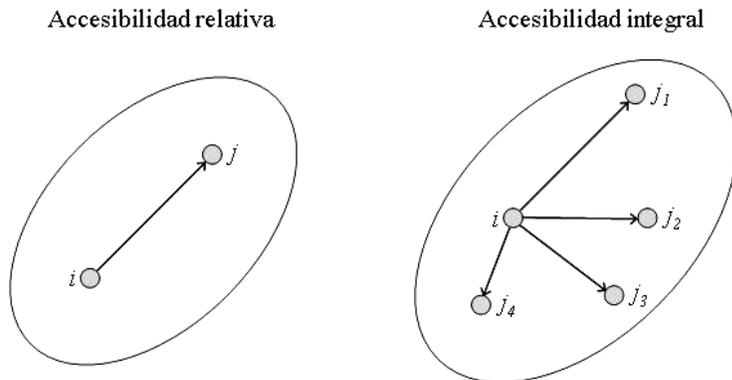
caso corresponde a la red de transporte), donde cada elemento tiene el mismo valor o peso. Los análisis de esta medición están fundamentados en la teoría de grafos y los análisis de redes, por lo que es posible describir las características de conectividad, centralidad y proximidad de una ciudad (Kansky, 1963).

Existen al menos tres formas de medir la accesibilidad a partir del análisis de redes: la accesibilidad relativa, la accesibilidad integral y *Space Syntax*. En algunos casos, la única variable considerada es la distancia entre los puntos de interés, sin considerar algún nivel de atracción de los diferentes usos de suelo. Algunas variantes de estas mediciones han añadido o remplazado la distancia por otros factores, tales como el tiempo de viaje entre los puntos i y j (Allen et al., 1993), el presupuesto/gasto de los hogares para un bien específico (Guy en Bhat et al., 2000: 17; Makri y Folkesson, 1999: 5), el número de rutas de un transporte público y su horario y frecuencia de operación (Leake y Huzayin en Bhat et al., 2000: 16).

3.1. Accesibilidad relativa

La más simple de las mediciones a partir de los análisis de redes es la accesibilidad relativa, la cual considera la proximidad o cercanía de un individuo con respecto a oportunidades específicas (Figura 2.3). Sin embargo, el grado de accesibilidad entre el punto i al j puede ser diferente que del punto j al i , debido a la asimetría existente en la red (por ejemplo, los sentidos de las calles) (Ingram, 1971).

Figura 2.3. Accesibilidad relativa e integral



Fuente: Elaboración propia

Ingram (ibid) calculó la accesibilidad relativa para 466 áreas de Hamilton (Ontario, Canadá) a partir de sus centros empleando tres criterios distintos: en línea recta, empleando la retícula de la ciudad y con una curva de Gauss, teniendo un mejor resultado ésta última³⁶. El estudio concluye que al realizar estudios de accesibilidad se puede evidenciar, y por lo tanto considerar al momento de la planeación, la presencia de grandes barreras naturales y que por lo tanto hay implicaciones respecto a la morfología urbana.

La principal crítica que se le hace es que solamente se enfoca al desempeño del transporte y no es un indicador de la interacción entre éste y los usos de suelo, por lo que se le ha llegado a considerar como un indicador de movilidad más que de accesibilidad (Bhat et al., 2000: 15).

3.2. Accesibilidad integral

La accesibilidad integral determina la localización de cada nodo de la red, a partir de la sumatoria de las rutas más cortas que conecte este con el resto de la red (Figura 2.3), por lo que, en cierta manera permite asociar la medición con algunas formas de relación entre los individuos (Batty, 2009: 192). Al calcular el grado de interconexión de un punto con todos los otros puntos del área de estudio es posible verlo como una derivación del conjunto de accesibilidades relativas calculadas para cada punto. Sin embargo la definición de ésta excluye la introducción de variables distribuidas de manera desigual en el espacio.

La forma general para calcularla es a partir de la media de la distancia de viaje a todas las otras zonas y se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$A_j = \frac{\sum_{i=1}^n d_{ij}}{n} \quad (\text{Ecuación 2.7})$$

donde d_{ij} es la distancia entre las zonas i (origen) y j (destinos), mientras que n es el número de oportunidades a las que se puede tener acceso.

³⁶ En su estudio sugiere que el área cercana al origen se consideró como plana, por lo que las oportunidades resultan más atractivas. Empleando este método, la función disminuye gradualmente hasta aproximarse a cero.

Otra forma de medirla es de una manera topológica³⁷, la cual presenta tres variantes: 1) a partir del número total de conexiones desde un nodo, donde a mayor valor la accesibilidad será mejor; 2) a partir del número de conexiones de un nodo en particular al más lejano, donde los niveles de accesibilidad son inversamente proporcionales al número de conexiones; 3) empleando un índice determinado por la sumatoria de las conexiones entre un nodo en particular y todos los otros nodos (Bhat et al., 2000: 15).

Su principal característica, en términos de su medición, es la incorporación de la localización de cada nodo (como un punto de la red) sobre la infraestructura, por lo que de cierta manera permite asociar la medición con algunas formas de relación entre los individuos. También es posible asociar los flujos de tráfico y movimiento con la infraestructura vial.

Muraco (1972) evaluó dos zonas metropolitanas en Ohio que sufrieron cambios en su sistema carretero interestatal. Para esto, empleó dos métodos para la evaluación antes y después de los cambios: el primero a partir del número de conexiones de un nodo en particular al más lejano y el segundo empleando los límites de velocidad establecidos en las vialidades. Una de las conclusiones de esta investigación es la posibilidad que existe de evaluar los cambios en la industria y el comercio a partir de los cambios en la accesibilidad de una ciudad.

Allen, Liu y Singer (1993) emplearon una derivación de la accesibilidad integral para comparar 60 zonas metropolitanas en Estados Unidos y encontraron que esta forma de medición tenía una gran capacidad para representar la calidad del transporte y que a partir de la normalización respecto al número de zonas dentro del área de estudio era posible comparar diferentes áreas.

Castelán Sánchez (1994) construyó un índice de accesibilidad espacial para el área urbana de la Ciudad de México a partir de dos modelos basados en áreas básicas de acceso –ABA-³⁸: el primero consideró la distancia desde el centro de la ciudad (concretamente la Plaza de la Constitución o Zócalo) al centro de cada ABA, mientras que el segundo modelo se construyó a partir la distancia del centro de cada ABA a subcentros urbanos identificados por investigaciones

³⁷ La topología es la “rama de las matemáticas que trata especialmente de la continuidad y de otros conceptos más generales originados de ella, como las propiedades de las figuras con independencia de su tamaño o forma” (Real Academia Española, 2001).

³⁸ Un área básica de acceso es una agrupación de colonias que considera semejantes las condiciones de acceso, la homogeneidad en el nivel socio-económico de los habitantes y las avenidas y el límite estatal (como factores decisivos secundarios).

previas. En ambos modelos también se consideraron otras variables relacionadas con la provisión de accesibilidad a la población, entre las que destacan las distancias a infraestructura (avenidas principales por donde circula el transporte público) y a equipamiento (estaciones de metro). Posteriormente se hizo una ponderación a partir de indicadores socio-económicos, con el fin de valorar las diversas formas de transporte. En ambos modelos se evidenció una organización espacial centro-periferia donde: a) el Centro resultó el área con mayor nivel de accesibilidad; b) las ABAs del norte y sureste tuvieron los menores niveles de accesibilidad tanto al centro como a los subcentros correspondientes; c) la población con ingresos altos tiende a localizarse alrededor de las vialidades más importantes (que son las que proveen de mayor accesibilidad).

Dupuy y Stransky (1996) emplearon esta medición para caracterizar 190 ciudades europeas. Para esto emplearon la red de carreteras europea, asignándoles a los segmentos valores de acuerdo a su longitud, capacidad y velocidad promedio; además se calculó la accesibilidad local y global de acuerdo a lo propuesto por Kansky (en Dupuy y Stransky, 1996: 109) lo cual les permitió agruparlas en dos categorías: las ciudades más accesibles y las menos accesibles respecto a la red completa o a la delimitación política, es decir por nación.

Palomar Anguas y Bosque Sendra (2004) evaluaron la localización de los centros de enseñanza de primaria en la Zona Metropolitana de Guadalajara, compararon los parámetros establecidos por la normatividad oficial para la provisión de servicios educativos con la población potencial demandante. Emplearon, entre otras, “la distancia más corta que separa cada punto de demanda del centro de oferta más próximo” (p. 489), y encontraron que la población demandante puede recorrer las distancias sugeridas por las autoridades para satisfacer su necesidad (aún cuando esto no sucede del todo en las áreas periféricas y exclusivamente residenciales).

3.3. Space Syntax

Esta forma de medir la accesibilidad es a partir de la cercanía topológica relativa de cada uno de los componentes con el resto, esto es a partir de las conexiones físicas de las líneas que definen las rutas más cortas de la red; pero a diferencia de otras mediciones de accesibilidad, son las líneas (o arcos) y no los nodos (o intersecciones) los que se consideran para la medición.

El modelo *Space Syntax* parte del principio que la traza urbana es un sistema continuo de espacios abiertos, de acceso público, alrededor del cual se organizan los edificios. Este sistema continuo de espacios por el que uno se mueve se simplifica en un conjunto de líneas llamado *mapa axial*, cuya condición es que éstas sean las más largas que atraviesen el espacio³⁹ y sean el menor número posible. (Figura 2.4).

Figura 2.4. Mapa axial. Área central de la Ciudad de México



Elaboró: Guillermo Sánchez Rueda

Una vez construido este gráfico se analizan los patrones de conectividad de las líneas. El resultado es una comparación del número de conexiones (o profundidad como se le denomina en *Space Syntax*⁴⁰) del sistema con respecto a un punto con la profundidad total del sistema, obteniendo como resultando la medida de la asimetría relativa (*RA*), la cual se calcula de la siguiente manera:

³⁹ La gente en las ciudades se mueve a lo largo de este sistema continuo y por lo tanto, necesita entenderlo con el fin de saber hacia dónde dirigirse

⁴⁰ La profundidad en *Space Syntax* representa el número de cambios de dirección que significa ir de una línea (o nodo) a otra dentro del sistema.

$$RA = \frac{2(MD - 1)}{k - 2} \quad (\text{Ecuación 2.8})$$

donde MD es la profundidad promedio, es decir el cociente de la profundidad total entre el número de líneas, y k es el número total de líneas del sistema. Sin embargo, es necesario hacer una normalización a esta medición que permita hacer esta medida comparable con otros sistemas, a la cual se le denomina asimetría relativa real $-RRA-$ o accesibilidad (*integration* en inglés):

$$RRA = \frac{RA}{D_k} \quad (\text{Ecuación 2.9})$$

$$D_k = \frac{2 \left\{ \lceil \log_2 \left(\frac{k+2}{3} \right) \rceil + 1 \right\}}{(k-1)(k-2)} \quad (\text{Ecuación 2.10})$$

donde

El valor de accesibilidad ayuda a entender el funcionamiento de un sistema urbano, porque la cantidad de movimiento que se registra en cada una de las líneas está fuertemente influenciado por sus valores de accesibilidad (Hillier, 1996a: 160). Dependiendo del propósito de estudio se puede calcular la accesibilidad para el sistema a diferentes escalas, lo cual muestra las posibles relaciones o posibilidades de interacción que tiene la ciudad.

Limitando el cálculo de la profundidad de 3 (radio 3 -R3-) se pueden observar las relaciones y movimientos a escala local, y por lo tanto, la conformación de zonas más concentradas con actividades a pequeña escala y su organización espacial. Mientras que para los movimientos a una mayor escala (global o radio R -RR-) se emplea la profundidad promedio total del sistema (ibid), la cual permite tener una visión del potencial de accesibilidad que tiene la ciudad para la concentración espacial de sus actividades en todo el territorio y entender cómo los individuos se mueven e interactúan en las diferentes áreas. Es así que se puede observar “las relaciones entre vivienda y empleo, distribución de productos y abasto de las comunidades locales y el papel de la administración pública en el funcionamiento de la ciudad y el desarrollo local relacionado con el bienestar general de sus habitantes” (Graizbord, 2008: 37).

Los análisis realizados con *Space Syntax* se han basado en los mapas axiales (descritos anteriormente). Sin embargo, actualmente existen cinco variaciones analíticas que permiten

analizar la ciudad de una manera distinta. Las variaciones presentadas son herramientas desarrolladas por investigadores para resolver problemas específicos, por lo que es posible que haya mas, pero las presentadas en los siguientes párrafos son las más comunes y de mayor interés para la presente investigación.

El *análisis gráfico de visibilidad* (VGA por sus siglas en inglés: *Visibility graph analysis*) desarrollado por Turner, Doxa, O'Sullivan y Penn (2001) parte de los análisis de los campos visuales o isovistas⁴¹, y consiste en la sobreposición de una red de puntos sobre el sistema a analizar para posteriormente realizar el análisis de conexiones entre los puntos (proceso similar al del mapa axial), con el fin de observar la posibilidad que tiene un punto de ser visible en un sistema espacial desde cualquier otro. Los análisis realizados con esta herramienta son dos principalmente: el camino promedio mas corto del sistema (*shortest path lenght*), medición análoga a la de accesibilidad en los mapas axiales y el coeficiente de agrupación (*clustering coefficient*), que indica los puntos con alto potencial de toma de decisiones de acuerdo a la visibilidad de las intersecciones que ahí confluyen. Desyllas y Duxbury (2001) compararon la relación entre el mapa axial y el VGA en un sistema espacial urbano y los patrones de movimiento peatonal observados, obteniendo como resultado una correlación significativamente mayor entre los VGA y el movimiento peatonal que la presentada con el mapa axial.

Figueiredo y Amorim (2004) crearon los *mapas de líneas continuas* partiendo del cuestionamiento del principio básico de la representación axial como una herramienta eficaz para medir el impacto de la configuración espacial en los patrones de movimiento. El mapa axial de líneas continuas representa la manera en que los individuos navegan por el espacio urbano empleando rutas complejas, por lo que su método propone ignorar, hasta un límite, los cambios de dirección de las líneas de los mapas axiales convencionales, para crear una línea continua con cierto grado de sinuosidad, a partir de la agregación angular⁴², que es entendida y analizada como una sola línea de movimiento. Este tipo de mapas permiten hacer mejores predicciones de los patrones de viajes largos (generalmente realizados en vehículo) y por lo tanto, es posible tener un mejor entendimiento de las ciudades a escala global.

⁴¹ Isovista es el conjunto de puntos visibles desde un punto específico en el espacio y con respecto al sistema es el área directamente visible desde un punto específico de un espacio. Su forma y tamaño cambian de acuerdo a la posición del punto donde se genera (Benedikt, 1979: 47).

⁴² El procedimiento de agregación se encuentra descrito en Figueiredo y Amorim (2004: 5).

Hillier e Iida (2005) también buscaron representar de una mejor manera la forma en que los individuos seleccionan rutas para navegar el espacio urbano por lo que crearon una herramienta de análisis más precisa que los mapas axiales convencionales: los *segmentos*. Esta herramienta parte del mapa axial convencional, pero cada línea es dividida en segmentos limitados por las intersecciones de ésta con otras líneas. El análisis de los segmentos añade tres mediciones (derivadas de las diferentes definiciones de distancia) a las medidas convencionales de un mapa axial: la distancia métrica (o distancia más corta), los cambios direccionales (o distancia topológica) y los grados en los cambios angulares (o distancia geométrica). Estas mediciones también es posible analizarlas a diferentes escalas (local o global), lo que permite explorar con más detalle la forma de moverse de los individuos. Estudios empíricos han demostrado que el análisis empleando la distancia geométrica es la herramienta más útil para predecir el movimiento, lo que apoya el argumento que la gente se mueve por la ciudad empleando modelos mentales basados en los cambios angulares y direccionales de la estructura urbana y no la distancia métrica (Hillier y Vaughan, 2007: 212).

A partir de una diferenciación entre la definición de accesibilidad comúnmente utilizada y la empleada con *Space Syntax*⁴³, Ståhle, Marcus y Karlström (2005) crearon *Place Syntax*. Esta herramienta incorpora al análisis básico de *Space Syntax* datos que permitiría hacer análisis similares a las otras técnicas de medición de la accesibilidad, como los basados en la oportunidad acumulada (de todos los lugares posibles a todas las oportunidades posibles o a una oportunidad específica) o hacer cálculos de atracción de población (residente o trabajadora) dentro de un radio específico (R_x) desde una o cualquier oportunidad.

Ortiz Chao (2008), como parte de su investigación de la ciudad de México⁴⁴, creó (junto con L. Figueiredo) *Plot Accessibility*, herramienta capaz de medir la accesibilidad de los predios empleando los mismos principios de *Space Syntax*. La creación de ésta parte de la necesidad de entender la relación existente entre la configuración de las ciudades con los usos de suelo a nivel de predio. Calcula el potencial de accesibilidad de un predio relacionando los mapas axiales con

⁴³ La primera, llamada accesibilidad geográfica por los autores, se entiende como la proximidad relativa de un lugar a otros lugares (considerando cierto grado de atracción y un factor de impedancia), por lo que su materia prima son los puntos geográficos específicos, un sitio o un lugar con un contenido específico, mientras que la accesibilidad calculada por *Space Syntax* (accesibilidad geométrica) solamente se encarga del espacio sin un contenido específico, por lo que no es posible incluir algún grado de atracción (Ståhle et al., 2005: 2).

⁴⁴ La investigación busca explorar la relación entre la accesibilidad (empleando *Space Syntax*) y los usos de suelo (a nivel de predio) en la ciudad de México.

los predios, porque éstos son considerados como nodos de la red que se conectan con el espacio público a través de sus entradas⁴⁵. El análisis tradicional compara los valores de accesibilidad obtenidos para cada línea con la proporción de uno o varios usos de suelo específicos (p.e. comercio o vivienda) que están adyacentes a éstas. Sin embargo, existe el problema que la probabilidad de que el uso de suelo estudiado tenga un valor significativo en el análisis depende de la longitud de la línea o al número de predios con ese uso particular adyacentes a la línea o área de estudio, por lo que los resultados pueden proporcionar una visión falsa respecto a la posibilidad que una actividad o uso de predio se realice en ese espacio, mientras que los análisis realizados con *Plot Accessibility* permiten entender de una manera precisa la relación existente entre la configuración espacial y los usos de cada predio.

La principal ventaja de emplear el modelo *Space Syntax* es que a partir de la representación de la traza urbana en un mapa axial es posible:

1. Identificar el potencial de accesibilidad de cada predio, línea, segmento o zona.
2. Entender y predecir el impacto que tiene la configuración espacial en el movimiento, peatonal o vehicular de las ciudades, y por lo tanto
3. Entender la organización espacial de las actividades.

Algunos académicos se han preguntado (Ratti, 2004) cómo es posible decir tantas cosas acerca de un ciudad (incluyendo sus fenómenos sociales) con tan sólo la traza urbana bidimensional. Recordemos que *Space Syntax* no fue concebido como una herramienta explícita para la medición de la accesibilidad y algunas de las críticas presentadas se basan en la definición de ésta y los factores o variables que intervienen en su medición, sin embargo Hillier y sus colegas han buscado explicar en diferentes foros y artículos cómo es que estas “deficiencias” han sido superadas (Hillier y Penn, 2004), además esto ha permitido que se desarrollen nuevas formas de modelación para el mejor entendimiento de las ciudades.

Al igual que otras mediciones de accesibilidad, las principales limitaciones son que no considera la conducta del individuo ni sus características (socio-económicas, movilidad); asume que no hay efectos de competencia, porque no considera la distribución espacial de los

⁴⁵ Ortiz Chao señala que se considera como potencial de accesibilidad por desconocer la localización de la entrada a los predios, especialmente en los casos de las esquinas o edificios con múltiples entradas .

individuos; supone que todas las oportunidades disponibles tienen el mismo grado de atracción, sin importar el tiempo de viaje o el tipo de oportunidad.

Las críticas más recurrentes con respecto a los modelos de transporte son que los análisis ignoran: cualquier tipo de regulación o restricción de las vialidades; la presencia de generadores de movimiento como los usos de suelo, las densidades de los edificios; la presencia de estaciones de transporte público (como el metro o de autobuses); algún factor de impedancia de viaje (Makri y Folkesson, 1999; Ratti, 2004).

Además, en términos de la generación de los mapas axiales, no existe un algoritmo que permita crear los mapas automáticamente⁴⁶, sino que depende de la interpretación de cada investigador, por lo que los resultados pueden variar de un análisis a otro (Figueiredo y Amorim, 2004; Jiang y Claramunt, 2002; Ratti, 2004).

Sin embargo, *Space Syntax* ha demostrado ser herramienta muy versátil que ha permitido entender la relación que la configuración espacial (urbana o dentro de un edificio) tiene con: a) los patrones de movimiento y proporción de flujos en el espacio público; b) la evolución de los centros y subcentros de las ciudades; c) la segregación espacial y ciertas desigualdades sociales; d) la posibilidad de crear espacios con mayor interacción que permitan optimizar la cultura organizacional de una empresa; e) la localización de espacios con potencial para que suceda algún tipo de crimen (Space Syntax Ltd., 2009). Además, en el sector del transporte se ha probado como una herramienta para la definición de corredores de transporte (de autobuses y trenes), como un modelo de simulación de tráfico (Barros et al., 2007; Chiaradia, 2007; Kishimoto et al., 2007; Maha, 1997) y se han estimado la proporción de niveles de contaminación emitidos al aire por los vehículos (Croxford et al., 1996).

Se han realizado un sinnúmero de estudios empleando *Space Syntax* como herramienta para el análisis de la accesibilidad en las ciudades, sin embargo, y en relación con el objetivo de la presente investigación, existen pocos estudios donde se incluya una red de transporte masivo como parte del modelo, uno de ellos es el estudio de la Zona Metropolitana de Tokio, realizado por Iida y Nishibori (en Major et al., 1997: 42.03). El modelo incorporó al mapa axial la red metropolitana de trenes (localizando las estaciones y realizando las conexiones correspondientes entre éstas) lo que permitió observar dos efectos importantes en los niveles de accesibilidad. El primero es que los altos niveles de accesibilidad del CBD de Tokio se consolidaron, lo que refleja

⁴⁶ Existen algunos intentos para generarlos, sin embargo están en fase de prueba.

su importancia para la ciudad, y segundo, algunas áreas periféricas al CBD que se caracterizan por edificios muy altos de usos mixtos (oficinas y comercios) presentaron niveles de accesibilidad significativos, lo que permitió entender que Tokio está organizado a partir de sistemas de múltiple movimiento (locales y globales).

Otros estudios relevantes para esta investigación son los realizados por Ortiz Chao (Ortiz Chao y Hillier, 2007; Ortiz Chao, 2008) como parte de su investigación doctoral (actualmente en proceso). En ellos se busca encontrar patrones de usos de suelo con la lógica espacial planteada por *Space Syntax* para el área contenida dentro del Circuito Interior (de aproximadamente 12x9 km. y 160,000 predios con su uso de predio catastral) de la Ciudad de México. El estudio se realizó con dos técnicas distintas, de acuerdo a la complejidad que iban presentando los resultados. El primer análisis fue comparar los mapas axial y de líneas continuas con los usos de suelo empleando la regresión logística⁴⁷, lo que le permitió observar que a pesar de no haber una relación evidente entre la accesibilidad y los usos de suelo comerciales y residenciales debido a su morfología “de parches” (o diferentes geometrías de la traza urbana). Además se evidencia cómo los subcentros responden a necesidades diferentes, de acuerdo a la escala en la que se relacionan con el resto de la ciudad. En el segundo análisis, la atención se centra en el cálculo de los niveles de accesibilidad de cada uno de los aproximadamente 160,000 predios empleando *Plot Accessibility* y la función de frecuencia acumulada. Los resultados obtenidos probaron la importancia de la accesibilidad como un factor determinante para la distribución espacial de las actividades en la Ciudad de México; además se evidenció el potencial que tienen las grandes manzanas para incrementar el movimiento e incluso volverse nodos de centralidad cuando son considerados parte de la red del espacio público (Ortiz Chao, 2008: 16).

Criterios para la selección de una técnica de medición

Después de haber hecho un análisis de las variantes o técnicas para medir la accesibilidad, es necesario observar las características de cada una de estas a partir de cuatro particularidades relevantes para cualquier tipo de análisis: la escala de análisis, urbana y social; las variables empleadas para realizar el análisis; las características de los resultados y su potencial de uso. La

⁴⁷ La variable binaria era: comercio o no; las variables empleadas, resultado del análisis *Space Syntax*, fueron: accesibilidad local, global y selección de ruta; y las variables geométricas fueron: longitud de la línea, conectividad y superficie de manzana (Ortiz Chao, 2008: 8).

intención de esta sección no es hacer un comparativo de las técnicas porque resulta evidente que no es posible hacerlo, debido a las características particulares de cada grupo y que cada uno de éstos responde a un propósito e interés de estudio.

Escalas analizadas por las diferentes técnicas de medición

Para poder estudiar la organización espacial de las actividades y la interacción humana dentro de las ciudades o entre ciudades, la escala resulta un elemento fundamental en cualquier análisis de accesibilidad. En este caso, se especificará de acuerdo al elemento de análisis: la escala urbana se refiere al campo de acción, en términos físicos y territoriales, de una ciudad y la escala social, que hace referencia al nivel de agregación de los grupos sociales de estudio.

Para la escala urbana se hicieron tres clasificaciones para evidenciar la capacidad de análisis que cada técnica tiene respecto al nivel de agregación espacial: 1) la escala interurbana permite entender las relaciones entre diferentes ciudades, regiones e inclusive países; 2) la escala intraurbana global permite observar la organización espacial de las actividades y su interacción en forma agregada; 3) la escala intraurbana local, donde la información puede ser muy detallada, permite encontrar patrones de comportamiento en relación a la localización de actividades muy específicas en el territorio.

Respecto a la escala social, las clasificaciones fueron dos: 1) la escala individual permite estudiar la facilidad que tiene un individuo en particular para alcanzar un destino considerando sus limitantes sociales (género, edad, etc.), de tiempo, económicas, entre otras; 2) a partir de los grupos sociales de acuerdo a los intereses del estudio, p.e. por nivel de ingresos, por género, por edad, por unidad geográfica (como colonia, unidad administrativa o AGEB), lo cual permite hacer caracterizaciones de ese grupo y entender ciertos fenómenos que se dan lugar en las ciudades.

Con el fin de entender cómo estas escalas, la urbana y la social, son incorporadas en las técnicas descritas anteriormente se elaboró el Cuadro 2.1.

Las mediciones a partir de índices compuestos son empleadas principalmente para estudios intraurbanos locales a una escala social agregada, es decir, para estudiar y entender la capacidad de grupos de individuos para alcanzar los destinos deseados. Por su parte, en las mediciones a partir de los análisis de redes existe la posibilidad de estudiar la accesibilidad a cualquier escala urbana, lo que permite observar diferentes ángulos del mismo fenómeno: la accesibilidad. En

ambas formas de medición, los niveles de accesibilidad obtenidos están limitados a la escala social de grupos de individuos, lo que puede llevar a conclusiones generalizadas respecto a éste, porque consideran a todos los individuos con las mismas capacidades para acceder a las oportunidad, omitiendo ciertas características individuales (dentro del mismo grupo de estudio) que los limitan.

Cuadro 2.1. Escalas analizadas por las técnicas de medición de la accesibilidad

ESCALAS DE ANÁLISIS	TÉCNICAS DE MEDICIÓN			Espacio Temporal	Análisis de redes		
	Índice compuesto				Accesibilidad Relativa	Accesibilidad Integral	Space Syntax
	Oportunidad Acumulada	Basada en utilidad	Modelos gravitacionales				
Urbana							
Interurbana	X	-	X	-	X	X	X
Intraurbana (global)	-	-	X	-	X	X	X
Intraurbana (área específica)	X	X	X	X ¹	-	X	X
Social							
Grupo de individuos	X	X	X	-	X	X	X
Individual	-	X	-	X	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

NOTAS

¹ El área geográfica que puede abarcar esta técnica depende de la movilidad de cada individuo

Variables requeridas por los modelos para la medición de la accesibilidad

En esta sección se presentan las variables necesarias para construir el modelo correspondiente de cada técnica y por lo tanto, muestra el grado de complejidad que estos tienen, al igual que algunas de las oportunidades y limitaciones. Es común pensar que para que el modelo puede representar de una manera más fidedigna la realidad es necesario tener la mayor cantidad de datos posibles, pero hay que considerar que su operacionalización se complica. Por esto es necesario tener claro el propósito de la investigación, ya que los modelos representan la realidad en los aspectos más significativos del problema a analizar e ignora aquellos que no son esenciales (Barra, 1989).

Las variables consideradas por las seis técnicas son: la traza urbana, el nivel de agregación tanto del origen como del destino, la localización de oportunidades, el propósito del viaje, los elementos de impedancia (tiempo, distancia o costo) y el grado de atracción de las oportunidades.

La traza urbana es el elemento físico que cohesiona a las actividades y organizaciones donde se desarrollan las actividades. Ésta tiene propiedades geométricas y topológicas que pueden ser entendidas como el reflejo de las características socio-económicas de la sociedad que la habita (Dollfus, 1982; Hillier y Hanson, 1984; Massey, 1995).

Aun cuando es indudable que todos los viajes tienen un origen y un destino, cada técnica define de una manera distinta el nivel de agregación dependiendo del propósito del estudio y de la posibilidad de contar con datos precisos. Los niveles de agregación considerados por este estudio son tres: a) individual, es decir considerando solamente a un individuo o predio; b) generalizado por área de estudio, p.e. colonia, AGEB, delegación o municipio, o por grupo con características específicas, p.e. género, edad, tipo de empleo, nivel de ingreso, etc.; c) ambos.

Las siguientes dos variables están fuertemente ligadas entre sí y también al nivel de agregación de las oportunidades: el propósito de viaje del individuo o grupo de individuos y la localización de oportunidades en la traza urbana. Para lo primero, es necesario conocer las necesidades de los individuos en cierta temporalidad para determinar el conjunto de oportunidades a las que pueden tener acceso, y para el segundo es necesario saber sus preferencias o condiciones socio-económicas o hacer generalizaciones de los individuos que pueden necesitar dichas oportunidades.

La impedancia de viaje es estimada a partir de una de las tres variables posibles: la distancia entre el origen y las posibles oportunidades o destinos (ya sea en línea recta o empleando la red vial), el tiempo de viaje o el costo que este implica para un individuo. En el

caso de querer hacer una comparación entre el tiempo y el costo de viaje, Handy y Niemeier (1997: 1179) sugieren hacer los cálculos por separado y posteriormente contrastarlos.

Finalmente, al considerar el grado de atracción de las oportunidades se está observando el potencial de atracción de cada oportunidad para los individuos en cuestión, dentro de un área específica de la ciudad, p.e. si se estudia alguna actividad como los supermercados, éstos se puede medir por el número de establecimientos, su tamaño físico o económico, número de clientes, productos ofrecidos, número de empleados o número de empleos disponibles entre otros.

Los resultados observados de la incorporación de las cinco variables en los modelos (Cuadro 2.2) son que las mediciones a partir de índices compuestos y la espacio temporal necesitan de una gran cantidad de información geográfica y socio-económica para poder crear un índice de accesibilidad, mientras que las mediciones a partir de los análisis de redes requieren solamente de la localización de los orígenes y los destinos para poder generarlo. Sin embargo esta diferencia no puede ser considerada como una ventaja o desventaja para las técnicas, ya que como se mencionó al inicio de esta sección del capítulo, cada técnica responde a un propósito e interés de estudio.

Cuadro 2.2. Variables requeridas por los modelos para la medición de la accesibilidad

TÉCNICAS DE MEDICIÓN							
VARIABLES REQUERIDAS	Índice compuesto			Espacio Temporal	Análisis de redes		
	Oportunidad Acumulada	Basada en utilidad	Modelos gravitacionales		Accesibilidad Relativa	Accesibilidad Integral	Space Syntax
Traza Urbana	X	-	-	X	X	X	X
Origen							
Nivel de agregación ¹	C	B	B	A	C	C	- ²
Destino							
Localización de oportunidades	X	X	X	-	X	X	- ³
Propósito de viaje	X	X	X	X	-	-	- ³
Nivel de agregación ¹	C	B	B	C	C	C	- ²
Impedancia							
Distancia	Métrica	Métrica	Métrica	Métrica ⁴	Métrica	Métrica	Topológica
Tiempo de viaje	X	-	X ⁴	Tiempo disponible	-	-	-
Costo de viaje	-	X	X ⁴	X	-	-	-
Grado de atracción de oportunidades	X ⁵	X	X ⁶	X	-	-	- ⁷

Fuente: Elaboración propia

NOTAS

1. Los niveles de agregación que se consideran son: (A) individual, p.e. individuo o predio; (B) generalizado por área de estudio, p.e. colonia, AGEB, delegación o municipio, o grupo con características específicas, p.e. género, edad, tipo de empleo, nivel de ingreso, etc.; (C) ambos.
2. Para Space Syntax cada línea del mapa axial es considerada como origen y destino, sin embargo el nivel de agregación dependerá del tipo de mapa axial que se emplee (el convencional o el de segmentos o el de líneas continuas).
3. En el modelo empleado por Space Syntax el propósito de viaje y la localización de las oportunidades están considerados de una manera general es decir, cada línea tiene el potencial de ser atraer individuos y por lo tanto, ser un destino.
4. Los factores de impedancia utilizados son los incrementos en tiempo o distancia a partir del origen.
5. El grado de atracción considerado por esta técnica es el mismo para todas las oportunidades localizadas dentro del umbral determinado.
6. El grado de atracción dependerá del sector a estudiar, siendo generalmente el número de empleos, locales (oficinas, comercios).
7. El grado de atracción depende principalmente del número de conexiones de cada línea y la escala a la que se quiere realizar el análisis, conocida como Radio (R3 para el análisis local y RR para el global).

Características de los resultados obtenidos de la medición de la accesibilidad

Las mediciones de accesibilidad y los índices resultantes son una herramienta útil por: a) su capacidad de vincular los cambios en los usos de suelo y en el transporte y b) proveer de una forma de evaluación del servicio provisto por los diferentes modos de transporte y la disponibilidad de las diferentes actividades para los individuos, grupos o áreas específicas de las ciudades. Sin embargo, cualquier forma en que se efectúe la medición de la accesibilidad, los resultados deberán tener ciertas características que permitan a los tomadores de decisiones, y a los individuos, comprenderlos e interpretarlos, con el fin que éstos sean incorporados en los procesos de elaboración de políticas públicas para el desarrollo urbano (Geurs y van Wee, 2004; Handy y Niemeier, 1997; Handy y Clifton, 2001).

Las principales características que los resultados obtenidos deben tener son: a) la facilidad para realizar comparaciones directas entre diferentes áreas sin necesidad de realizar una segunda calibración; b) la posibilidad de que los resultados sean expresados de una manera gráfica y no solamente numérica, permitiendo que todos los individuos involucrados en el estudio puedan entender los resultados de una manera directa; c) el grado de interpretabilidad y la facilidad que tienen para ser comunicados.

Al agrupar las técnicas resulta evidente lo mencionado en las descripciones de las técnicas respecto a sus limitaciones y ventajas (Cuadro 2.3). Las mediciones a partir de índices compuestos proporcionan información muy detallada de los niveles de accesibilidad, su capacidad para interpretarse y comunicarse resulta muy compleja por lo que se corre el riesgo de no ser tomadas en cuenta para la planeación o ignoradas por los individuos involucrados en el estudio. Por su parte, las mediciones basadas en los análisis de redes, a pesar de no presentar un resultado tan detallado o preciso respecto a aspectos socio-económicos de los grupos sociales, son fáciles de interpretar y comunicar, además de ser más versátiles en el momento de su representación y tienen la capacidad de mostrar resultados comparables rápidamente y sin necesidad de volverlos a calibrar, cuestión que implica tiempo y costos para su operación y con los cuales no se cuenta generalmente.

Cuadro 2.3. Características de los resultados obtenidos por las técnicas de medición de la accesibilidad

	TÉCNICAS DE MEDICIÓN						
	Índice compuesto			Espacio Temporal	Análisis de redes		
	Oportunidad Acumulada	Basada en utilidad	Modelos gravitacionales		Accesibilidad Relativa	Accesibilidad Integral	<i>Space Syntax</i>
Comparación directa en áreas distintas (sin necesidad de nueva calibración)	X	-	-	-	X	X	X
Posibilidad de representación gráfica	X	-	-	X	X	X	X
Interpretabilidad	Fácil	Complejo	Complejo	Complejo	Fácil	Fácil	Fácil
Facilidad de comunicación	Fácil	Complejo	Complejo	Complejo	Fácil	Fácil	Fácil

Fuente: Elaboración propia

Potencial de uso de los resultados obtenidos de la medición de la accesibilidad

Además de la importancia que tiene poder comunicar fácilmente los resultados de las mediciones de accesibilidad para que sean considerados como un factor relevante para el desarrollo de las ciudades, la accesibilidad puede ser empleada como complemento para otros estudios y/o para la creación de índices socio-económicos. Los tres potenciales usos que este estudio considera importantes son: indicador económico, indicador social y la vinculación de los valores de accesibilidad arrojados por el modelo con más información.

La accesibilidad se puede emplear como un indicador económico si se emplea como un valor de insumo para el cálculo de los beneficios económicos generados por los cambios en el uso de suelo y el transporte. Según Geurs y van Wee (2004), los impactos económicos se pueden agrupar en dos: los beneficios directamente relacionados con el proyecto, los cuales tienden a medirse mediante el ahorro en el costo de viaje para los individuos con métodos micro-económicos basados en su beneficio, y que son calculados ya sea observando el excedente del consumidor (según Marshall) o por el método de variación compensatoria (propuesto por Hicks)⁴⁸; los beneficios económicos indirectos generados a partir de los primeros, como el incremento en la productividad de las empresas o las ganancias (o pérdidas) generadas por la distribución y disponibilidad de las oportunidades⁴⁹.

Asimismo, los índices de accesibilidad pueden emplearse como un indicador social si son capaces de: presentar la disponibilidad de las diferentes oportunidades sociales y económicas para los individuos, por ejemplo, el acceso a las fuentes de trabajo, a centro de provisión de alimentos (mercados, supermercados, etc.), servicios de salud y otros a partir de los diferentes modos de transporte disponibles; medir la equidad social dependiendo de la posibilidad de diferenciación y desagregación espacial de cada medida de accesibilidad, acotada por las

⁴⁸ El primero parte de la disponibilidad de los consumidores a pagar por un bien suponiendo que el precio de éste es mayor al observado realmente en el mercado. Mientras que en el segundo se asume en principio que el individuo desea mantener su nivel de utilidad, de manera tal que si hay un cambio en precios que afecte sus posibilidades de compra para alcanzar el nivel de utilidad dado, entonces es necesario transferirle el ingreso requerido para comprar la misma cantidad de bienes que adquiriría antes del cambio en precios o bien una nueva combinación de los mismos que le ofrezca la misma utilidad que la combinación antes de dicho cambio.

⁴⁹ Prud'homme y Lee (1999) observaron que al mejorarse la infraestructura de transporte en París y otras ciudades francesas, se incrementaban la velocidad de viaje y la productividad (cuando hubo un incremento del 10% en la primera, la segunda se incrementó en un 3%). Carlino (1987) por su parte, señala que los incrementos en la productividad de las empresas están directamente relacionados con las inversiones en infraestructura, tales como las vialidades o los sistemas de transporte público.

condiciones sociales (edad, género, educación, salud, etc.) y económicas (nivel de ingreso) (Black y Conroy, 1977; Farrington, 2007; Wachs y Kumagai, 1973).

La posibilidad de vincular los valores de accesibilidad con otras propiedades, características o cualidades de la ciudad o de los grupos sociales, permitiría plantear nuevos estudios o complementar los ya existentes, y así tener un mejor entendimiento de la interacción entre las diferentes zonas de la ciudad empleando el transporte como el elemento vinculante. Algunas de estas propiedades, características o cualidades son: las propiedades morfológicas de la ciudad, p.e. la geometría de la traza o los tamaños de manzana; los niveles de movimiento peatonal y vehicular, para mejorarlos e incluso predecir la demanda y por lo tanto planear; la valoración cualitativa del espacio de parte de los individuos; los mapas mentales que los individuos se crean para alcanzar sus oportunidades y por lo tanto para desplazarse.

La única medición capaz de presentar sus resultados directamente como un indicador económico es la Basada en la Utilidad, no obstante los resultados arrojados por otras mediciones se pueden transformar de tal manera que se puedan observar los beneficios económicos directos relacionados con el proyecto⁵⁰, pero eso implica tiempo y la disponibilidad de los datos necesarios, además de un costo adicional.

Respecto al uso de las mediciones de accesibilidad como un indicador social, el factor determinante para que unas técnicas tengan mayor o menor potencial es el nivel de agregación, así las técnicas que emplean índices compuestos y la espacio-temporal presentan un alto potencial mientras que las mediciones que emplean el análisis de redes tienen un potencial muy limitado.

⁵⁰ Por ejemplo, para la medición de Oportunidad Acumulada, un criterio para la delimitación de los contornos podría ser el costo de transportarse del origen a las oportunidades.

Cuadro 2.4. Potencial de uso de los resultados obtenidos de la medición de la accesibilidad

TÉCNICAS DE MEDICIÓN							
	Índice compuesto			Espacio Temporal	Análisis de redes		
	Oportunidad Acumulada	Basada en utilidad	Modelos gravitacionales		Accesibilidad Relativa	Accesibilidad Integral	Space Syntax
Indicador Económico	Nulo	Alto	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
Indicador Social							
Disponibilidad de oportunidades	Alto	Medio	Alto	Alto ²	Nulo	Medio	Medio
Agregación espacial ¹	Nulo	Alto	Alto	Alto ²	Nulo	Nulo	Nulo
Capacidad de vinculación con otra información	Medio	Bajo	Medio	Nulo	Nulo	Medio	Alto

Fuente: Elaboración propia

NOTAS

1. La agregación espacial puede ser por ingresos, actividad económica, etc. de acuerdo al propósito del estudio otra
2. Esta medición presenta, de una manera retrospectiva, la conducta de cada individuo de acuerdo a las oportunidades que se le presentan sin embargo, no es posible modelar en prospectiva porque las decisiones de los individuos están afectadas por un gran número de factores imposibles de determinar.

En relación con la posibilidad que tienen los seis índices de accesibilidad de relacionarse con otras propiedades, características o cualidades del área de estudio, su potencial depende también del tipo de variables que requiere el modelo. Por esta razón, el potencial que tienen las mediciones con índices compuestos es mayor, ya que es posible que para lograr la vinculación no sea necesario agregar mucho más información que con la que ya se cuenta sin embargo. Es de llamar la atención que *Space Syntax* es la técnica con mayor potencial y que requiera de solo una variable (la traza urbana) para que sus resultados puedan asociarse con las propiedades, características o cualidades ajenas al modelo y ya mencionadas en las líneas anteriores. No obstante, poder relacionar estudios cualitativos con evaluaciones cuantitativas resulta un reto que habrá que superar para poder ofrecer resultados *ad hoc*. a los individuos involucrados o al área de estudio en cuestión.

Selección de la técnica para el estudio de caso

Como se ha mencionado en los párrafos anteriores, no existe una técnica de accesibilidad mejor que otra, sino que la elección de ésta depende del propósito de cada estudio y análisis, por lo que antes de hacer la selección, es pertinente tener presente la hipótesis y objetivo de esta investigación.

Esta investigación parte de la siguiente hipótesis:

La configuración de la estructura vial de la ciudad de México condiciona el grado de accesibilidad de sus calles, lo que modifica la relación sistémica que existe entre la localización de las actividades y el transporte que posibilita el desplazamiento de los habitantes.

A partir de esto, la investigación tiene como objetivo calcular el potencial de accesibilidad que tiene la estructura vial de la Ciudad de México con el fin de: advertir el potencial de la ciudad, a escalas metropolitana y de barrio, para una localización más eficiente de las actividades, empleando la proximidad topológica y la conectividad de la estructura vial; señalar la forma en que se relacionan físicamente diferentes zonas de la ciudad; entender la importancia que tiene la estructura vial y los sistemas de transporte para lograr una mejor integración entre éstas;

comparar los planes generales de desarrollo urbano y los niveles potenciales de accesibilidad que tiene la ciudad.

***Space Syntax* como herramienta de análisis**

Con el fin de poder seleccionar la herramienta más conveniente para el análisis propuesto es necesario desglosar el objetivo de la investigación en sus partes, ya que al hacerlo así, es posible elegir la técnica más apropiada para el estudio, tal y como lo sugieren Handy y Niemeier (1997).

Primero, hay que situar el tipo de resultado (por índices compuestos, espacio-temporal o por análisis de redes) que requiere la investigación a partir de las definiciones de accesibilidad de cada categoría y el propósito del estudio, para después hacer la selección más apropiada. Uno de los propósitos del estudio es “advertir el potencial de la ciudad, a escalas metropolitana y de barrio, para una localización más eficiente de las actividades, empleando la proximidad topológica y la conectividad de la estructura vial”, por lo que la definición de accesibilidad de esta investigación y acuñada a las mediciones hechas a partir del análisis de redes parece ser la que mejor se ajusta, ya que el objetivo no considera ningún tipo de cálculo de costo o beneficio para el individuo (incluidos en la definición de los índices compuestos), sino más bien se busca observar cómo la infraestructura para el transporte (red vial y sistemas de transporte público) afecta la relación entre las diferentes zonas. Con esta primera delimitación, solamente tres de las siete técnicas podrán ser consideradas para este fin: la accesibilidad relativa, la accesibilidad integral y *Space Syntax*.

Otro elemento del objetivo de investigación que permite reafirmar el hecho de que este análisis deberá emplear el análisis de redes es que el índice de accesibilidad a calcular deberá estar determinado por la estructura vial y por lo tanto, por sus propiedades topológicas, y no por algún tipo de costo o beneficio para el individuo o grupo de éstos. Esta variable es fundamental en los análisis de redes, mientras que las mediciones por índices compuestos y la espacio-temporal solamente la incorporan como una variable más dentro del conjunto de variables empleadas para sus cálculos.

Además, la accesibilidad relativa tiene que ser descartada porque se busca hacer el análisis desde cualquier punto de la ciudad y hacia cualquier otro punto de ésta y no solo desde un punto en específico, por lo que ahora las opciones se reducen a la selección entre la accesibilidad integral y *Space Syntax*.

Otro propósito del estudio es analizar la manera en que la Ciudad de México organiza espacialmente sus actividades en dos escalas: la escala metropolitana (o global) como en la micro escala (o escala local). El análisis global busca entender las características, a escala metropolitana, de la estructura urbana de la ciudad de México y caracterizar la distribución del potencial de accesibilidad que su estructura urbana. Mientras que el análisis local mostrará la organización espacial de la ciudad a una escala micro, y al mismo tiempo permitirá entender la manera en que éstas se concentran en zonas específicas de la ciudad y cómo estas concentraciones de actividades se relacionan o no espacialmente entre ellas.

Hasta este punto ambas técnicas de medición: la accesibilidad integral y *Space Syntax* tienen la capacidad de analizar la ciudad de acuerdo a los objetivos, por lo que parece necesario revisar por un lado, las variables requeridas por cada uno de los modelos y la información disponible para realizar el análisis y por el otro, las características y potencial de uso de los resultados.

El Cuadro 2.5 muestra las diferencias entre las dos técnicas respecto al número de variables requeridas y las disponibles. Existen dos diferencias fundamentales entre la accesibilidad integral y *Space Syntax*. La primera es el nivel de agregación tanto del origen como del destino, mientras que para la accesibilidad integral es necesario tener la localización geográfica de ambos, para *Space Syntax* el nivel de agregación dependerá del tipo de mapa axial que se emplee (el convencional, por segmentos o de líneas continuas), ya que el mapa axial considera cada línea como un posible origen y/o destino, por lo que el mapa representa todas las posibilidades de movimiento dentro del área de estudio. La segunda diferencia es la forma de considerar la distancia, la accesibilidad integral la calcula a partir de la distancia métrica, mientras que *Space Syntax* calcula topológicamente la distancia.

Cuadro 2.5. Variables requeridas y disponibles para la medición de la accesibilidad empleando accesibilidad integral y *Space Syntax*

VARIABLE	Accesibilidad Integral		<i>Space Syntax</i>	
	Variable Requerida	Variable Disponible	Variable Requerida	Variable Disponible
Traza Urbana	X	Manzanas y Líneas de centro de calle ²	X	Manzanas y Líneas de centro de calle ²
Origen				
Nivel de agregación ¹	X	X	-	X ³
Destino				
Localización de oportunidades	X	Subcentros	-	Subcentros ⁴
Propósito de viaje	-	-	-	- ⁴
Nivel de agregación ¹	X	X	-	X ³
Impedancia				
Distancia	Métrica	X	Topológica	X
Tiempo de viaje	-	-	-	-
Costo de viaje	-	-	-	-
Grado de atracción de oportunidades	-	-	-	Local o global

Fuente: Elaboración propia

NOTAS

1. El menor nivel de agregación considerado es el frente de manzana debido a que el segmento más pequeño de las líneas de centro de calle es el comprendido entre la intersección de las calles. Otros niveles de mayor agregación posibles son: las AGEBS y la división política de las dos entidades federativas con conforman la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

2. Para las manzanas, la fuente es la información cartográfica digital del XII Censo General de Población y Vivienda 2000 del INEGI. Mientras que las líneas de centro de calle son del II Conteo de Población y Vivienda 2005 del INEGI.

3. Para *Space Syntax* cada línea del mapa axial es considerada como origen y destino, sin embargo el nivel de agregación dependerá del tipo de mapa axial que se emplee (el convencional o el de segmentos o el de líneas continuas).

4. En el modelo empleado por *Space Syntax* el propósito de viaje y la localización de las oportunidades están considerados de una manera general es decir, cada línea tiene el potencial de atraer individuos y por lo tanto, ser un destino.

Por otra parte, al revisar las características y potencial de uso de los resultados (Cuadros 2.3 y 2.4 respectivamente), el aspecto que diferencia la accesibilidad integral de *Space Syntax* es la capacidad de vinculación con otra información, mientras que los resultados de la accesibilidad integral parecen solamente asociarse con cuestiones morfológicas y de movimiento de la ciudad, los resultados obtenidos empleando *Space Syntax* tienen la capacidad de relacionarse con las

propiedades morfológicas, el movimiento y algunos fenómenos sociales observados en las ciudades.

Por lo tanto, en correspondencia con el objetivo de la investigación y a partir de las conclusiones planteadas en los párrafos anteriores, la técnica de medición de la accesibilidad que se empleará para estudiar la organización espacial de la Ciudad de México será *Space Syntax*. En el capítulo siguiente se hará una descripción extensa de esta técnica, incluyendo los antecedentes que dieron origen a esta forma de analizar y entender el espacio, sus fundamentos, las mediciones y sus implicaciones y las ventajas y limitaciones del modelo.

CAPÍTULO III. *SPACE SYNTAX*

La ciudad como una entidad

Partiendo del entendimiento de que la estructura urbana se refiere a la dimensión física de la ciudad, entonces se puede definir como un conjunto de edificios unidos por espacios abiertos y continuos (calles y plazas) en el que sus habitantes interactúan y desarrollan sus actividades económicas, sociales, culturales a lo largo del tiempo (Hillier, 1996b: 111).

Al estudiar las ciudades, tanto los planificadores como los diseñadores urbanos hacen sus análisis de una manera diferente: los primeros hacen énfasis en el funcionamiento de la ciudad, es decir, los procesos sociales y económicos; mientras que los segundos ponen mayor atención en las cuestiones formales de la ciudad, como el acomodo de los edificios, su apariencia y funcionalidad). Esta disociación de las partes del sistema ha ocasionado un vacío en la relación entre la forma y la función, ya que para aquellos que analizan los procesos sociales de la ciudad es difícil conceptualizarla como un objeto diseñado, mientras que los diseñadores urbanos generalmente sólo especulan respecto los procesos sociales y económicos; otra diferencia es respecto al manejo de la escala, los planificadores trabajan con superficies o áreas, en las que se puede agregar la información de su interés (datos sociales, económicos u otros, dependiendo del estudio) pero sin llegar a una escala muy pequeña como son los edificios, mientras que los diseñadores urbanos trabajan casi exclusivamente en la definición de los edificios (escala micro), o un conjunto de ellos, para formar áreas urbanas (pequeña escala) pero sin “atreverse” a intervenir toda la ciudad.

Es por esta separación de enfoques o puntos de vista que resulta muy complicado tener un entendimiento de las ciudades como un todo espacial-funcional. Hillier (1996b) observa que esta disociación se puede solucionar a partir del elemento común que los une y que en ambos casos se emplea como base: el espacio y particularmente su configuración u organización, ya que según el autor es fundamental para entender la ciudad integralmente (ibid: 113); además que los principales rasgos culturales de la sociedad que la habita estén registrados ahí y que sean éstos los que permitan poder hacer algunas diferenciaciones entre las diferentes ciudades (Hillier, 2001: 02.3).

El Profesor Bill Hillier y otros colegas desarrollaron en la década de 1970s en la *University College London*, un conjunto de teorías y técnicas que buscan entender y explicar la ciudad a partir de su configuración espacial, empleándola como una variable independiente de los sistemas sociales, pero determinante en su organización, a los que denominaron *Space Syntax*. De acuerdo con este enfoque, algunas de las problemáticas que trata de explicar son: cómo medir las propiedades configuracionales de un sistema espacial; el papel que desempeña la configuración espacial en el movimiento, la copresencia⁵¹ y otros fenómenos de orden social relevantes; cuál es la naturaleza de la relación entre la organización social y la configuración espacial en las ciudades.

De acuerdo a resultados obtenidos en análisis de muchas ciudades de todo el mundo empleando *Space Syntax*, se ha encontrado una fuerte correlación entre las mediciones obtenidas (accesibilidad –global y local- principalmente) y la dinámica y la organización espacial de las ciudades, siendo capaz de explicar de manera cuantitativa algunos fenómenos urbanos como densidad poblacional, valores de suelo, usos de suelo, tráfico vehicular y peatonal, entre otros.

Este capítulo describe a mayor profundidad los fundamentos del modelo *Space Syntax* (ya que en el capítulo anterior se hizo de manera breve), además de la metodología para los análisis realizados, por lo que se divide en cinco secciones, la primera presenta las premisas fundamentales; la segunda describe las principales herramientas para el análisis y sus variantes; la tercer sección explica cuales son las principales mediciones que se hacen para el análisis espacial; la cuarta sección describe cinco postulados hechos a partir del empleo de *Space Syntax* respecto a la ciudad y que son relevantes para esta investigación; finalmente, el capítulo concluye con una reflexión respecto a las limitaciones y ventajas que ofrece esta herramienta de análisis para alcanzar los objetivos de esta investigación.

Premisas de *Space Syntax*

El modelo *Space Syntax* fue desarrollado con el fin de poder estudiar la configuración espacial de las ciudades y observar el grado de influencia de los factores sociales en la configuración de éstas y para explorar las consecuencias de cambios que podrían haber ocurrido u ocurrir en un futuro.

⁵¹ Copresencia es una traducción libre de *copresence*, la cual se entiende como la presencia en un mismo espacio y al mismo tiempo de diferentes personas, realizando diferentes actividades (Gehl, 2006, Jacobs, 1964).

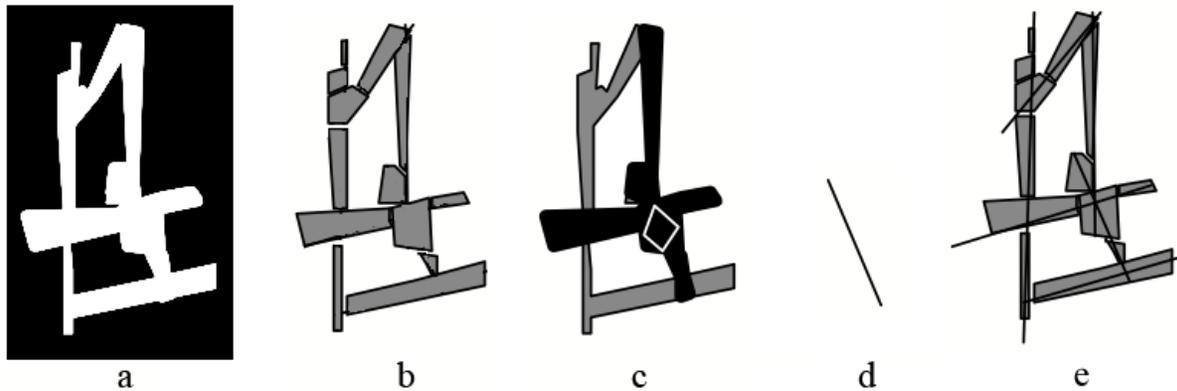
Por configuración espacial se entiende como la relación de contigüidad y conectividad entre espacios que toman en consideración otras relaciones, y por lo tanto los efectos que éstas tienen en otros espacios del sistema (Hillier y Vaughan, 2007: 206).

La investigación realizada con *Space Syntax* se fundamenta en dos premisas referentes al espacio construido, las cuales consideran tanto la objetividad del espacio como la manera intuitiva en que los individuos lo entienden (o cognición) y emplean para desplazarse. A partir de este modelo se busca analizar las propiedades configuracionales del espacio para crear un “lenguaje del espacio”, porque tal y como sucede con el lenguaje, éste tiene una naturaleza intuitiva cuando lo utilizamos, es decir es algo con lo que pensamos y no algo de lo que pensamos al respecto (Hillier, 2005).

En la Figura 3.1a se muestra un pequeño fragmento de un asentamiento hipotético, donde el espacio en blanco es el espacio público (calles y plazas). A pesar de verse y entenderse como un espacio continuo, es posible descomponerlo en subespacios denominados espacios convexos (Fig. 3.1b), en los espacios convexos mas amplios suele darse mayor interacción, mientras que los espacios mas largos suelen ser para moverse de un lugar a otro. Desde cada espacio convexo, los individuos tienen acceso visual total o parcialmente a otros espacios convexos (Fig. 3.1c), sin embargo la forma de este campo visual (o isovista) variará de acuerdo a la posición del individuo en el espacio (Benedikt, 1979: 47) y a la geometría de éste. Es así que, al entender el movimiento como una actividad lineal (Fig. 3.1d), se puede decir que los individuos se moverán de manera intuitiva cruzando los espacios convexos linealmente, a partir de lo que pueden ver de la ciudad (Fig. 3.1e).

Es así que se plantea la primera premisa: el espacio es un elemento intrínseco de cada una de las actividades que el ser humano realiza, es decir moverse, interactuar o simplemente contemplar suceden necesariamente en el espacio y éste tiene una geometría específica, afectando la manera de entender la ciudad y moverse en ella y no solamente como un escenario neutral donde los individuos se desenvuelven.

Figura 3.1 El espacio como elemento intrínseco de las actividades humanas

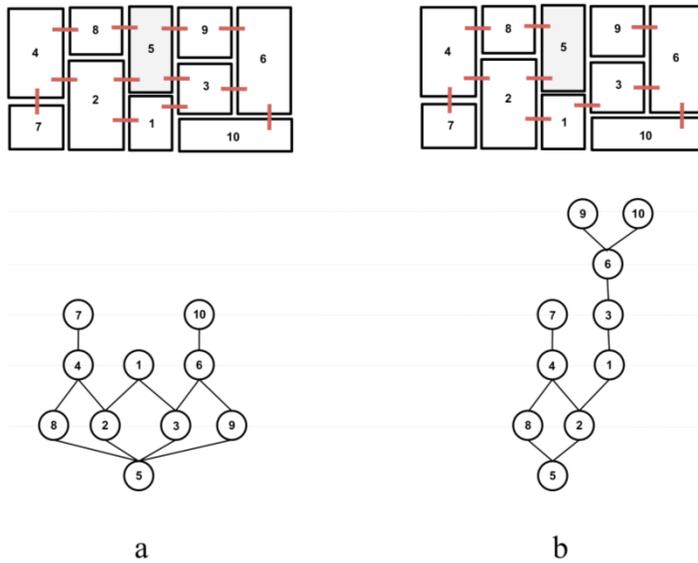


La figura presenta la manera en que la configuración de la ciudad puede determinar la manera en que sus habitantes se mueven de manera intuitiva. Para esto fue necesario distinguir a) el espacio público –calles y plazas– (en blanco) y las cuadras (en negro); a pesar de que el espacio público se entiende como un espacio continuo, es posible descomponerlo en subespacios, llamados convexos (b), de los cuales, en los mas “gordos” suele darse la interacción entre individuos mientras que los mas largos la mayor actividad es el movimiento; desde cada uno de los espacios convexos, los individuos tienen un campo visual, total o parcial, a los otros espacios (c), lo cual les facilitará entender cómo moverse en la ciudad de una manera lineal (d y e).

Fuente: Elaboración propia a partir de Hillier (1996b: 114).

La segunda premisa es la importancia de la configuración espacial de la ciudad. Para entender la organización espacial y los flujos de una ciudad resulta indispensable entender cómo es la interrelación de espacios, ya que éstos no solo se ven diferentes, sino que se entienden diferente desde cada punto dispuesto en el sistema, como se ilustra en la Figura 3.2 (Hillier, 2005; Hillier y Vaughan, 2007).

Figura 3.2. Comparación del patrón espacial de dos sistemas similares



Las graficas de “árbol” muestran cómo se entiende la distribución espacial de todo el sistema desde el espacio 5, evidenciando la importancia de la disposición y conectividad de cada parte para el entendimiento de todo el sistema, es decir de su configuración. El sistema “a” tiene una estructura poco profunda con tres anillos de circulación, mientras que el sistema “b” es profunda y solamente tiene un anillo. Fuente: Elaboración propia

Herramientas de representación y análisis

Hillier y sus colegas sostienen que es posible analizar tanto la función como la forma a partir de cómo el individuo aprovecha el potencial del espacio (Hillier, 1996b; Hillier, 2005; Hillier y Vaughan, 2007). Para esto, se estudian las propiedades configuracionales de un sistema espacial a cualquier escala, a partir de un método basado en el análisis de redes y la teoría de grafos, permitiendo entender cómo es que se da la organización espacial de las actividades.

Para el análisis urbano⁵², donde el espacio es continuo y de acceso público, se toma la estructura vial como la materia prima para el análisis porque, como ya se ha mencionado, ésta es la que une los edificios y es por la que se desplazan los individuos para realizar sus actividades, además que es esta estructura en la que los individuos piensan cuando se refieren a una ciudad; en otras palabras, es el vínculo entre el espacio real de la ciudad y la forma en que los individuos la perciben (Hillier, 2005).

⁵² Con *Space Syntax* también se puede analizar el interior de los edificios para entender patrones sociales y culturales o para ver los efectos que tiene la organización de los espacios interiores en el funcionamiento de éstos (Algunos ejemplos se pueden ver en: Hillier y Hanson, 1984, Hillier, 2005, Hillier y Vaughan, 2007, *Space Syntax Ltd.*, 2009).

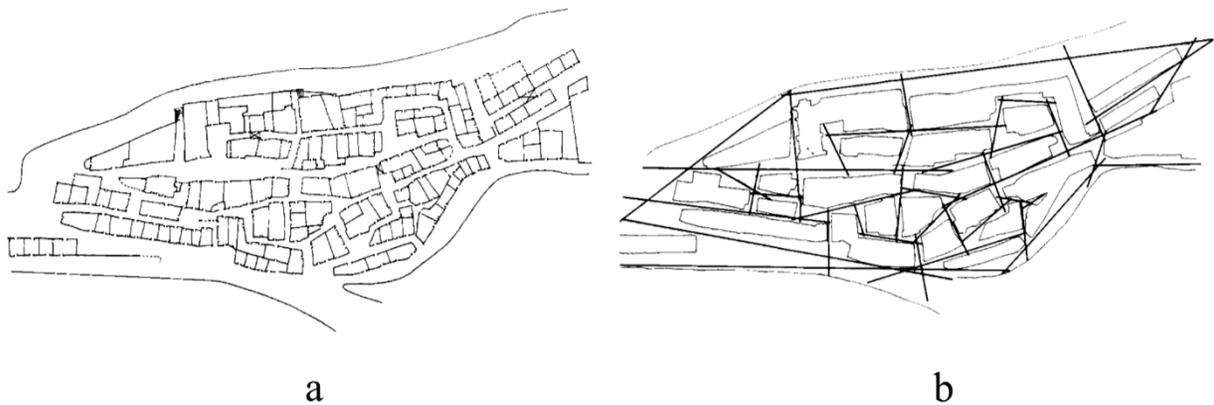
Esta estructura se simplifica en un mapa de líneas rectas que cubren⁵³ toda el área de estudio, creando una red donde son las líneas los elementos analizados y las intersecciones los elementos de conexión⁵⁴. De esta manera es posible internalizar la estructura linear en un grafo y permite estudiar las principales características geométricas de una manera objetiva.

El mapa axial

El mapa mas común es el *mapa axial* (Figura 3.3), el cual se construye a partir del menor número posible de las líneas, siendo además las mas largas, que atraviesen todos los espacios convexos posibles, asegurándose que se están haciendo todas las conexiones posibles del sistema (Hillier y Hanson, 1984: 91).

Una vez construido este mapa, se analizan, de una manera topológica, los patrones de conectividad de las líneas, y obteniendo como resultando la medida de accesibilidad *-integration* en inglés-.

Figura 3.3. Mapa axial de un pequeño pueblo francés



Fuente: Hillier y Hanson (1984: 91)

⁵³ Por cobertura se deberá entender que los circuitos de circulación estén completos formando anillos y que todos los espacios convexos se hayan atravesado (Hillier et al., 1993: 34).

⁵⁴ Contrario a los análisis de redes convencionales, particularmente los de transporte, donde el elemento analizado es la intersección y los arcos son los elementos de conexión.

El mapa de segmentos

Hillier afirma que la gente no se mueve por la ciudad a partir de la consideración de distancias métricas sino empleando modelos mentales a partir de las conexiones de la ciudad y basados en la geometría o en la angularidad de ésta (Hillier y Vaughan, 2007). Con el propósito de poder obtener evidencia mas precisa respecto a esta afirmación, se creó una herramienta mas poderosa capaz de realizar análisis a un nivel mayor de desagregación que el mapa axial, al cual se le llama *mapa de segmentos* (Figura 3.4) (Hillier y Iida, 2005: 558).

Este mapa tiene como punto de partida el *mapa axial*, pero los elementos de análisis son los segmentos comprendidos entre las intersecciones. Existen dos maneras de crear el mapa de segmentos: la primera forma es creando un *mapa axial* y segmentar las líneas usando el *software Depthmap* que hace el análisis (Turner, 2010); la otra opción es el empleo de las líneas de centro de calle, ya que éstas son generadas de una manera automatizada (lo que elimina el problema de la interpretación del espacio por parte del investigador) (Thomson, 2003).

Figura 3.4. Mapa de segmentos de una pequeña parte de Londres



Fuente: *Space Syntax Ltd. (2009)*

Empleando este mapa se analizaron tres nociones diferentes de distancia, con el fin de comprobar los resultados de estudios realizados con los *mapas axiales*:

1. La distancia métrica o el camino mas corto, la cual se define como la mitad de la sumatoria de la longitud de todos los segmentos (ya que se considera la longitud como la distancia entre los centros de línea).
2. La distancia topológica, la cual se calcula a partir del número de cambios de dirección necesarios para llegar de un segmento a otro.
3. La distancia geométrica, definida por la sumatoria de cambios angulares en el recorrido⁵⁵.

Los resultados de estos análisis se compararon con patrones de movimiento reales teniendo como resultado que los análisis con la distancia geométrica (o análisis angular) tienen una mejor correlación con los patrones de movimiento, mientras que los análisis con la distancia métrica fueron los que tuvieron la correlación menos significativa.

Esto tiene tres implicaciones para el entendimiento de las ciudades (y su modelación): 1) la principal generadora de los patrones de movimiento en la ciudad puede ser, en la mayoría de los casos, la geometría misma de la ciudad; 2) los resultados obtenidos de los mapas axiales son, en la mayoría de los casos, una aproximación correcta para representar el impacto que tiene la configuración en los patrones de movimiento; 3) la estructura vial (geométrica y topológicamente hablando) puede influir en la organización espacial de las actividades económicas de la ciudad a partir de sus efectos en el movimiento en la ciudad (Hillier e Iida, 2005: 562).

El mapa de líneas continuas

Esta representación también parte de las limitaciones que tienen los mapas axiales, particularmente en la diferencia que puede haber entre la manera en que los individuos entienden el espacio y su representación o interpretación de parte del investigador (Figueiredo y Amorim, 2004).

⁵⁵ Turner (2005: 559) sugirió que a este tipo de conexiones se les asigne un valor fraccionario, proporcional al ángulo de intersección entre las líneas, por lo que ahora se ha asignado un peso o valor entre 0 y 2 –siendo 0 cuando no hay cambio de dirección, 1 para uno recto y 2 para un ángulo de 180°- a cada intersección en proporción al ángulo de incidencia entre los dos segmentos.

La primera limitación que se señala es la subjetividad inherente en la creación del mapa axial, ya que depende de la interpretación del espacio del investigador para la representación del mapa axial, especialmente en los caminos sinuosos (Figura 3.5).

Figura 3.5. Tres representaciones del mismo camino curvo



Fuente: Figueiredo y Amorim (2004: 3).

La segunda es consecuencia de la representación de un espacio curvo por un conjunto de líneas, por dos razones: 1) cuando los individuos se mueven por la ciudad, el espacio curvo es entendido como una línea continua de movimiento (a pesar de estar conformada por varias líneas de visibilidad) por lo que, 2) cuando un camino sinuoso es representado como un conjunto de líneas, algunas de sus propiedades axiales globales se pierden o disipan entre el conjunto.

La tercera limitación esta relacionada con la líneas de gran longitud y la forma en que son entendidas, ya que según *Space Syntax*, una línea axial representa una línea de visibilidad, pero en sistemas urbanos complejos, una línea larga debería ser entendida solamente como una línea de movimiento ya que “uno nunca puede ver la totalidad de la línea desde cualquiera de sus puntos” (Dalton en Figueiredo y Amorim, 2004: 4).

El fundamento de los mapas de líneas continuas es cognitivo, parte del hecho que para un individuo los pequeños cambios de dirección en su recorrido o ruta no son percibidos (Dalton y Turner en Figueiredo y Amorim, 2004); sin embargo a diferencia del análisis por distancia geométrica con el mapa de segmentos, los mapas de líneas continuas consideran que los caminos sinuosos cuyos cambios de dirección no sean drásticos deberán considerarse como una sola línea (Figura 3.6) (Thomson, 2003: 3), por lo que las líneas axiales son agregadas para representar la mayor extensión posible de un camino (limitado por una sinuosidad máxima previamente definida⁵⁶) (Figueiredo y Amorim, 2004: 5).

⁵⁶ El ángulo para la sinuosidad máxima no esta definido de manera absoluta, sin embargo los estudios empíricos sugieren un ángulo mayor a 35° se puede considerar ya como un cambio de dirección. Por lo que el proceso de

Figura 3.6. Líneas agregadas

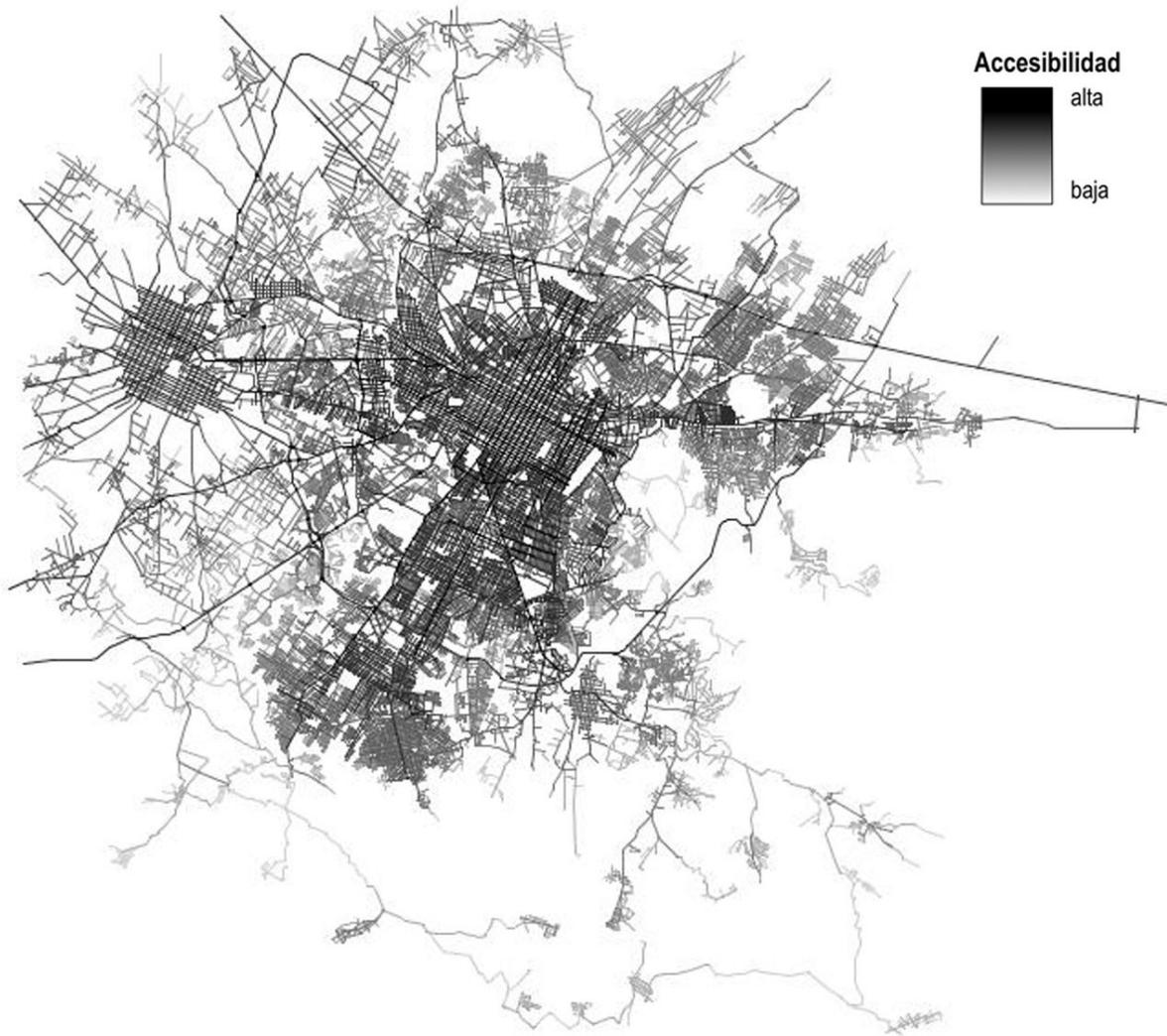


Fuente: Figueiredo y Amorim (2004: 4).

Los principales resultados obtenidos a partir del empleo de los mapas de líneas continuas son: 1) se muestra de una manera más fidedigna cómo los individuos entienden las ciudades a una escala global, por lo que manifiesta de una mejor manera los patrones de movimiento a esta escala, especialmente los hechos en automóvil; 2) al hacer la agregación de líneas, los caminos sinuosos adquieren presencia en el sistema, otorgándoles valores de accesibilidad, que de otra manera (representadas como líneas axiales) se perderían; 3) una mejor distribución de los niveles de accesibilidad en el sistema (Figueiredo y Amorim, 2004).

agregación de líneas axiales para la creación de las líneas continuas considera que si en la intersección de dos líneas el ángulo es menor al definido por el investigador (35° según los autores) las líneas serán agregadas y consideradas como una sola; en el caso de que el ángulo sea mayor al umbral definido, entonces las líneas no serán agregadas y por lo tanto serán nodos distintos para el cálculo correspondiente.

Figura 3.7. Mapa de líneas continuas



Accesibilidad global de la Ciudad de Puebla. Fuente: Cortesía de Fundación Metrópoli (Madrid, España).

Principales mediciones

Las principales mediciones realizadas por *Space Syntax* (que encuentran su fundamento en los análisis de redes o grafos) permiten observar las propiedades configuracionales de la red y son descritas ampliamente en “*The Social Logic of Space*” (Hillier y Hanson, 1984) y “*Natural movement: Or, configuration and attraction in urban pedestrian movement*” (Hillier et al., 1993). Algunas de éstas describen solamente las propiedades de cada línea como parte de la red, como los valores de: *conectividad*, el cual indica el número de líneas conectadas a una línea (a esta

medida se le denomina grado o valencia de un vértice en la teoría de grafos); *control* que es el grado de control que cada línea (o nodo) tiene para acceder hacia y desde las otras líneas conectadas inmediatamente, por lo que este valor representa las posibilidades de acceso que tiene cada línea⁵⁷; la distancia topológica mas corta entre dos líneas es la *profundidad*, donde cada línea que conforma la ruta es considerada como un paso o conexión⁵⁸ (Figueiredo, 2005: 5).

Sin embargo, los valores más importantes para el entendimiento de las ciudades como un todo son: inteligibilidad, sinergia, accesibilidad o cercanía y selección de ruta o intermediación. Estos valores son asignados a las líneas y no a los nodos, como sucede en otros análisis de redes .

La *inteligibilidad* es la propiedad espacial que permite a los habitantes entender un sistema espacial (total o parcialmente) a partir de lo que se ve, por lo que un sistema inteligible es aquel que cuenta con una buena accesibilidad y conectividad; en el caso contrario, un espacio no-inteligible es el que cuenta con una buena conectividad pero una mala accesibilidad o viceversa. El grado de inteligibilidad de un sistema se describe a partir del valor de correlación entre la accesibilidad global y la conectividad (Hillier, 1996b: 94).

La *sinergia* es la propiedad espacial que mide la relación o interfaz entre las escalas global y local de la ciudad. A partir de esta medida podemos observar cómo áreas importantes a nivel local se relacionan físicamente (a partir de sus conexiones) con la estructura metropolitana (Hillier, 1996b: 127). El grado de sinergia de un sistema también se calcula observando la correlación entre la accesibilidad global y la local.

Se ha visto que las mediciones de accesibilidad y selección de rutas son muy similares a las medidas en los análisis de redes de proximidad y de intermediación respectivamente. Éstas últimas son empleadas para entender la centralidad de un elemento (vértice) en relación con el resto. La proximidad se entiende como la distancia promedio entre un vértice y todos los demás y la intermediación es la ruta más corta entre un vértice y todos los demás (Para conocer como se calculan estas medidas se puede consultar: Freeman, 1977; Kansky, 1963; Sabidussi, 1966).

La *accesibilidad*, según *Space Syntax*, es la cercanía relativa de cada uno de los componentes con el resto, esto es a partir de las conexiones físicas de las líneas que definen las

⁵⁷ Se calcula mediante la sumatoria de los recíprocos del número de conexiones que tiene cada línea es decir, si la línea solo tiene una conexión el valor es 1, si tiene dos conexiones entonces el valor es de 1/2, si fueran tres el valor de control es de 1/3 y así sucesivamente (Hillier et al., 1993: 34).

⁵⁸ La profundidad puede calcularse desde cualquier línea, sin embargo es común encontrar en la literatura que cuando se menciona este valor se esta haciendo referencia a la profundidad desde la línea mas accesible de todo el sistema.

rutas más cortas de la red, por lo que indica el grado de centralidad de cada línea con respecto a la red. Además se considera como un indicativo del potencial de atracción que tiene cada espacio (representado por la línea) y por lo tanto su capacidad de atraer mas o menos movimiento (de acuerdo a su potencial).

El potencial de accesibilidad de cada línea se puede calcular a diferentes escalas limitando el radio de alcance o profundidad, ya sea a partir de una distancia métrica o topológica (determinado por el número de conexiones).

Con *Space Syntax* se emplean comúnmente al menos tres mediciones de accesibilidad⁵⁹: la *accesibilidad global* (RN), permitiendo ver y entender la organización global o total del sistema; la *accesibilidad local* (RL) permite observar la estructura fina del sistema a partir de la determinación de un número limitado de pasos de profundidad o radio métrico de alcance⁶⁰; la *accesibilidad R* (RR), la cual es una medida intermedia entre la global y la local, permite analizar cada línea con el mismo radio⁶¹, el cual es la profundidad máxima posible para todas las líneas dentro del sistema (Hillier, 1996b: 121).

Los valores de accesibilidad obtenidos resultan de suma importancia para el entendimiento de las ciudades porque pueden ser un indicador de la proporción y tipo de movimiento que habrá en cada espacio (representado por líneas) de acuerdo a la escala observada, por ejemplo la accesibilidad local permite identificar orígenes y destinos cuyo modo de transporte sea no motorizado (especialmente el peatonal), mientras que la accesibilidad global permite identificar no solo los orígenes y destinos a una escala mayor sino también las posibles rutas utilizadas (por automovilistas) para alcanzarlos.

Ya conocidos los espacios con mayor o menor accesibilidad de la red, es necesario conocer las posibles rutas para alcanzarlos. Para esto se emplea la medida conocida como *selección de ruta* (o *intermediación* en los análisis de redes). Ésta también es una medida de la centralidad de un nodo, la cual señala la frecuencia con la que un nodo aparece en el camino más corto que

⁵⁹ El cálculo del valor de la accesibilidad global se hace empleando las ecuaciones 2.8, 2.9 y 2.10 del Capítulo 2.

⁶⁰ Si se hace el análisis topológico solamente, la accesibilidad local se considera como radio 3 debido a: 1) es el número mínimo de nodos para formar un anillo de circulación y 2) el software comúnmente empleado para el análisis (*Depthmap*) esta programado para que el nodo de origen sea considerado como un paso, sin embargo otros programas para este tipo de análisis (*Mindwalk* por ejemplo) no consideran el nodo de origen como un paso, por lo que se puede ajustar el radio a 2. En cambio, si se considera el análisis combinando topología y un radio métrico (como se hace en los mapas de segmentos) se sugiere utilizar 500 ó 1,000 metros, ya que esta es la distancia que recorre un peatón en 5 y 10 minutos respectivamente y que los individuos entienden como local.

⁶¹ La accesibilidad R emplea como valor de la variable *MD* la profundidad promedio de la línea mas accesible, por lo que es necesario obtener primero los valores de accesibilidad global.

conecta otros dos nodos (Newman, 2005). Esta medida indica la posibilidad de flujo de y desde cada nodo de la red, por lo que permite entender el potencial de movimiento que tiene la red (a diferencia de la accesibilidad que muestra el potencial de atracción) a diferentes escalas. Se calcula de la siguiente manera:

$$C_B(p_k) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}(p_{ij}) \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

donde $C_B(p_k)$ es la medida de intermediación, $b_{ij}(p_{ij})$ es la probabilidad de que p_k este en la línea geodésica que une a p_i y p_j y que es seleccionada aleatoriamente y n es el número de nodos de la gráfica (Freeman, 1977: 77).

Es a partir de la aplicación de estas dos medidas principalmente, que se afirma que los patrones de movimiento en las ciudades son determinados principalmente por la configuración espacial. Los efectos derivados de procesos estadísticos, donde solamente se considera la estructura de la red sobre el movimiento global son llamados efectos de la red, mientras que los efectos que tienen las actividades y/o la intensidad de uso de los predios en el movimiento son solamente multiplicadores de la proporción de movimiento (Hillier y Iida, 2005: 554). Esta afirmación fue comprobada en estudios empíricos, donde se hicieron mediciones de los flujos reales y se compararon con los valores de accesibilidad y selección de ruta, encontrando valores de correlación significativos entre estos (Hillier et al., 1993; Hillier, 1996a; Hillier e Iida, 2005; Hillier y Vaughan, 2007).

La relación forma – organización en las ciudades

Entender la ciudad como un todo sería imposible si no se entiende la morfología de la traza urbana, los patrones de movimiento de ésta, sus causantes y la distribución de las actividades (Hillier et al., 1993), de aquí que parte de la investigación realizada con *Space Syntax* se ha concentrado en indagar acerca de la relación entre la forma y la organización de las actividades económicas a escalas global y local y el proceso de crecimiento de la ciudad, partiendo de la estructura vial. En los siguientes párrafos se describirán los hallazgos más importantes hechos con *Space Syntax* en referencia a los fenómenos urbanos.

La rueda deformada

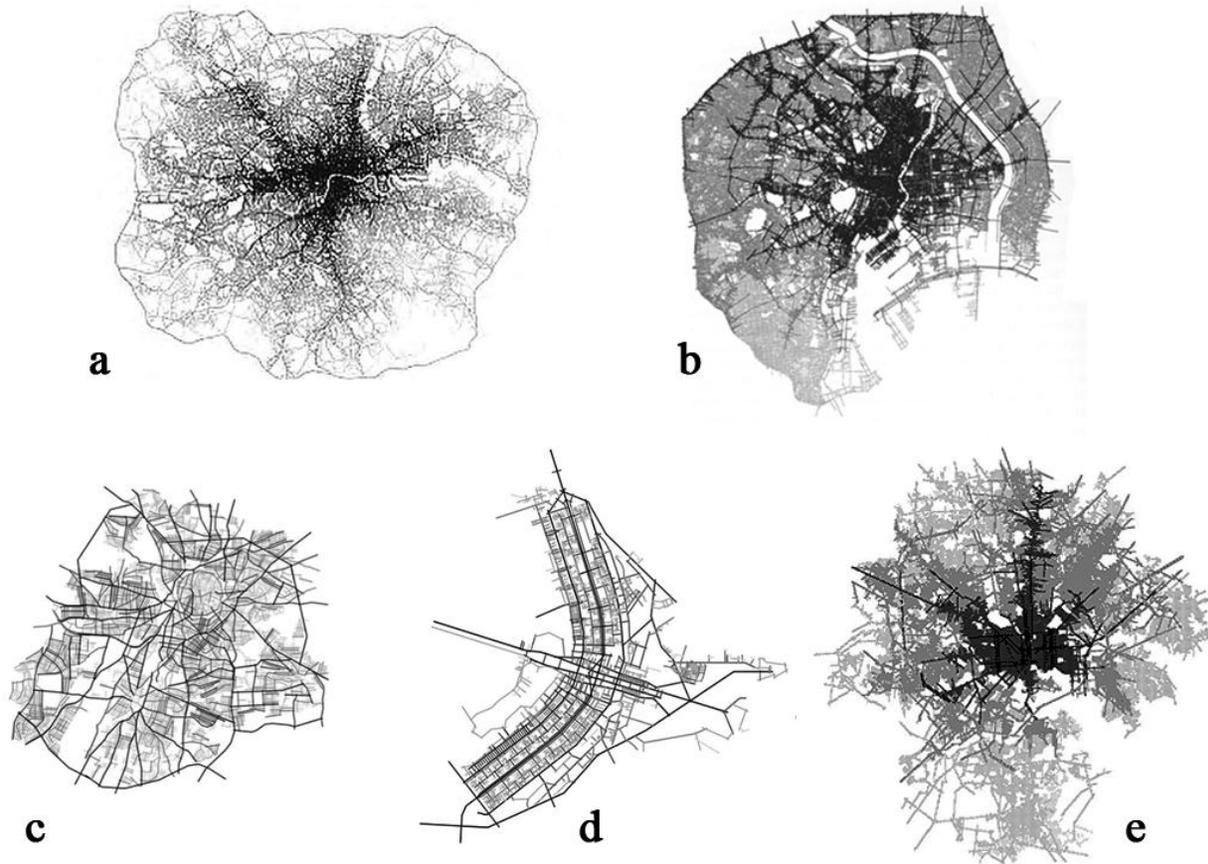
Al estudiar un número considerable de ciudades alrededor del mundo, se ha observado que los mapas axiales están constituidos por líneas de diversas longitudes, con diferentes ángulos y tipos de intersección⁶². Al comparar los mapas axiales bajo estas consideraciones y agruparlas por características culturales de las sociedades que las habitan, Hillier (2001) establece que es posible distinguir ciertos patrones espaciales de la cultura que la habita. Por ejemplo, en las ciudades árabes por ejemplo, el umbral espacial entre lo público y lo privado es muy diferente a lo observado en las ciudades históricas europeas: mientras que en las segundas las áreas denominadas locales son fáciles de acceder ya que están localizadas en áreas bien conectadas con líneas que van del centro hasta sus límites, en las ciudades árabes los visitantes están mas controlados empleando una geometría más compleja (p. 02.5).

Sin embargo, a pesar de las diferencias culturales existe un patrón invariable en cualquier ciudad, algo que se podría entender como “el genoma de las ciudades”: las ciudades, sin importar su tamaño, forma o retícula, están conformadas por pocas líneas largas y muchas líneas cortas y mientras las ciudades crecen, la proporción de las líneas largas en relación con el total de líneas es menor, pero éstas son más largas y van desde el centro (o cerca de este) hacia la periferia. Este patrón se le ha denominado *la rueda deformada*, consistiendo en un núcleo de líneas accesibles en o cerca del centro y otro conjunto de líneas o rayos, también con valores de accesibilidad altos, que unen el centro con la periferia (y en algunos casos es posible encontrar líneas periféricas accesibles) (Figura 3.8).

Además se observó que estas líneas tenían una particularidad física: las líneas más accesibles se localizan en manzanas cuyas dimensiones son mayores, en promedio, que la mayoría de las del sistema pero, son de menores dimensiones que las ubicadas en el núcleo o centro del asentamiento (ibid: 02.8).

⁶² La intersección puede ser de dos tipos: la primera es cuando una línea intersecciona a otra pero ésta continúa, mientras que la segunda intersección es cuando la líneas se detiene al intersectarse.

Figura 3.8. Estructura de *rueda deformada*



Accesibilidad global en cinco ciudades distintas: a) Londres (Reino Unido), b) Zona Metropolitana de Tokio (Japón), c) Nicosia (Chipre), d) Brasilia (Brasil) y e) Baltimore (E.U.A.). La accesibilidad está representada por una gradiente en grises, donde el negro es lo más accesible y lo gris claro lo menos accesible. Fuentes: Londres: Hillier y Vaughan (2007); Zona Metropolitana de Tokio: Major, Penn y Hillier (1997); Nicosia y Brasilia: Figueiredo y Amorim (2007); Baltimore: Hillier (2001).

Las implicaciones espaciales y organizacionales que tiene la existencia de este patrón en las ciudades son dos:

1) Los elementos que conforman la rueda deformada coinciden con aquellos lugares donde se encuentran ubicadas las actividades comerciales más importantes, mientras que en los intersticios, es decir el espacio que existe entre los rayos, las actividades que tienden a establecerse son aquellas que no requieren de una interfaz intensa con otra gente, especialmente la residencial. Por esto, es posible afirmar que la geometría de la ciudad no es un asunto meramente formal, sino que tiene que ver con la forma en que se organiza la vida social y económica (Hillier, 2005).

2) La existencia de este patrón es una forma de superar la tendencia natural que presentan las ciudades de aislar el centro a medida que éstas crecen, ya que los rayos unen la ciudad desde el centro hasta la periferia, por lo que el centro permanece accesible a pesar de la distancia (Hillier, 2001; Hillier y Vaughan, 2007).

El proceso dual de creación

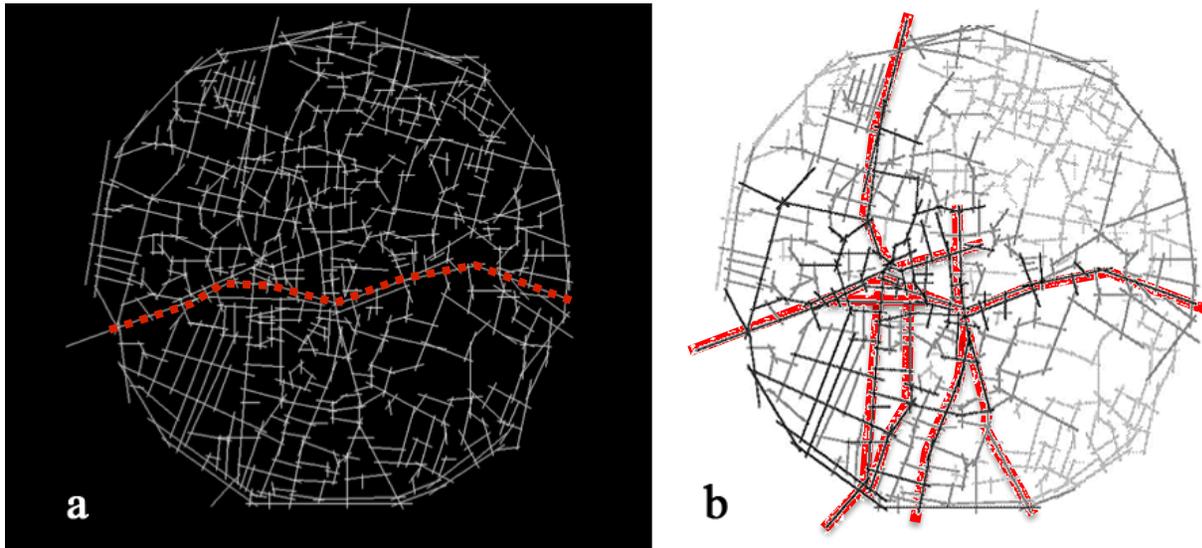
Además se observó que las variantes de las ciudades dependerán de la escala de análisis: la *rueda deformada* es una característica global que no varía en las ciudades sin embargo, a un nivel de análisis local se evidencian las características culturales de cada grupo social que las habitan. Es por esto que Hillier (2001) sostiene que existen dos procesos en paralelo en la creación de las ciudades, donde cada parte de la dualidad se vale de la relación entre el espacio y el movimiento de una manera distinta.

El proceso global trata de darle un orden a la estructura de la ciudad de tal manera que se optimice la posibilidad de alcanzar un lugar, además de maximizar el potencial de movimiento y co-presencia que pueda tener, creando formalmente una variante de la *rueda deformada*. En este proceso las actividades predominantes son las económicas. El proceso local, por su parte, se evidencia en los intersticios de la *rueda deformada*, concentrando principalmente la actividad residencial. Al ser una de las actividades principales de la ciudad, sus habitantes tienden a configurar el espacio para que, de acuerdo a su forma de vida, se limite o permita el movimiento que pueda haber en el área, es decir la configuración del espacio es un reflejo de las principales características culturales de la sociedad que lo habita. Las diferencias se evidencian topológica y físicamente en su geometría, grado de conectividad de las líneas y grado de apertura, entre otras (Hillier y Vaughan, 2007).

Un claro ejemplo de estos procesos paralelos es la ciudad vieja de Nicosia (Chipre) (Figura 3.9), la cual ha sido habitada al mismo tiempo por dos culturas distintas: los turcos que ocuparon la parte norte de la ciudad y los griegos el sur. Como se puede observar en la Figura 3.9a, existen diferencias físicas y topológicas en las retículas de cada sección de la ciudad: el área griega tiene líneas más largas, con mayor conectividad entre ellas y un mayor nivel de accesibilidad (Figura 3.9b) que el área ocupada por los turcos, lo que nos muestra las diferencias culturales y por lo tanto, en los procesos espaciales locales de creación. Sin embargo y a pesar de esto, al hacer el

análisis de accesibilidad (Figura 3.9b) es posible observar la aparición de la *rueda deformada*, evidencia del proceso global de creación de la ciudad.

Figura 3.9. Proceso dual de creación. Nicosia, Chipre.



a) Mapa axial de la ciudad vieja de Nicosia. La ciudad esta dividida por un muro (en rojo), donde los turcos habitan la parte norte y la parte sur esta habitada por griegos. Si se observa con cuidado, la parte turca tiene una mayor cantidad de líneas, pero son mas cortas, mientras que la parte griega esta compuesta por líneas mas largas y rectas. b) Mapa axial de accesibilidad global de Nicosia, representado en escala de grises donde el negro es el valor mas alto de accesibilidad y el gris claro el valor mas bajo. A pesar de las diferencias culturales y geométricas a escala local, la rueda deformada (en rojo) aparece. Fuente: Hillier (2001: 02.9).

El movimiento natural

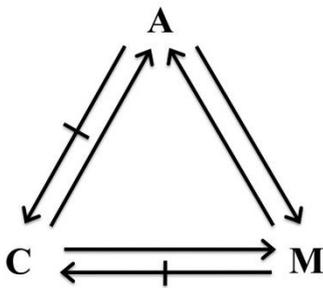
El tercer hallazgo de *Space Syntax* parte del hecho que para entender la ciudad como un todo es necesario distinguir qué determina los patrones de movimiento urbano: la configuración espacial o las actividades económicas, los usos de suelo y la densidad de la ciudad.

Para esto Hillier y sus colegas (1993) partieron de un modelo hipotético donde consideraron la influencia que cada uno de los tres elementos tiene en los otros dos, a lo que concluyeron que:

- 1) Los atractores pueden influenciar la presencia de gente y por lo tanto, de movimiento en el espacio sin embargo, éstos no pueden influenciar la configuración espacial de la ciudad.
- 2) El movimiento puede influir para la localización de actividades, pero al igual que los atractores, éste no afecta la configuración de la ciudad.

- 3) Al analizar la configuración, es posible observar que ésta puede influir tanto en la localización de los atractores como en los patrones de movimiento de la gente (Figura 3.10).

Figura 3.10. Relaciones de influencia entre atractores, configuración y movimiento



(A) es un atractor, (C) es configuración y (M) movimiento. El atractor y el movimiento ejercen influencia entre ellos (relación simétrica), al igual que la configuración ejerce influencia en la localización de los atractores y en los patrones de movimiento, pero éstos no pueden influir la configuración (relación asimétrica). Fuente: Traducción propia de Hillier et al. (1993: 22).

Esta consideración fue apoyada por estudios empíricos aplicando dos herramientas distintas: los mapas axiales (y la medición de la accesibilidad global y local) para entender sus propiedades configuracionales y un conjunto de técnicas sencillas para registrar el movimiento y uso real del espacio. Al momento de hacer correlaciones entre los valores de accesibilidad global y los flujos registrados se observó que los valores eran suficientemente significativos y se concluyó que efectivamente, existe una gran proporción de movimiento urbano determinada por la configuración de la traza urbana, a lo cual se le llamó *movimiento natural* y que por lo tanto, esta tiene implicaciones funcionales en la ciudad a una escala global como la distribución de las actividades urbanas.

Respecto a la escala local, las propiedades espaciales y la presencia de atractores de movimiento (con sus respectivos efectos multiplicadores de movimiento debido al tipo de actividad o la densidad de los predios) pueden superar los efectos de la configuración general del sistema (ibid: 31).

La economía del movimiento

Dos factores importantes para la economía espacial intraurbana respecto a la localización de las actividades económicas son la ubicación específica dentro de la ciudad y la accesibilidad, sin embargo existen pocos métodos que permitan identificar la localización concreta más adecuada para una actividad determinada (Garrocho, 2003: 204).

Hillier (1996a: 53) sugiere que, además de la relación entre la configuración y los patrones de movimiento a una escala global, también es posible establecer una relación a escala de análisis muy fina entre la configuración y los usos de suelo y las densidades de los edificios. Este argumento se fundamenta por un lado en la observación de que la localización de las actividades depende no tanto de la zona o la manzana sino del frente de cuadra (representada por una línea en el mapa axial); y por otro lado, la posibilidad que las actividades tengan un efecto en los niveles de movimiento de la ciudad pero sin afectar las propiedades configuracionales del espacio (Figura 3.10). Por lo que en lo general, las actividades fueron localizadas intuitiva pero selectivamente en cada línea o espacio, de tal manera que puedan aprovechar los niveles de movimiento de éstos.

Hillier (ibid) comprobó, a partir de análisis de accesibilidad de muchas ciudades, que la localización de las actividades económicas depende fuertemente de la configuración de la ciudad, aprovechando su potencial de generación o atracción de movimiento (reflejado en los niveles de accesibilidad) y por lo tanto, de interacción con los habitantes (de acuerdo a sus necesidades), a lo que llamó *economía de movimiento*. Es así que los comercios se localizan en las zonas más accesibles de la ciudad porque así tendrán mayores oportunidades de negocio, mientras que actividades que no requieren de una gran interacción con otros, como la residencial, se ubican en áreas menos accesibles (Figura 3.11). Finalmente señala que los predios con altos niveles de accesibilidad tienden a tener un uso intensivo del suelo, lo cual genera un efecto multiplicador de movimiento y atractor de actividades similares.

Figura 3.11. Relación entre localización de actividades y configuración espacial



Los comercios (puntos) de un área de Londres (Camden) se localizan en las líneas más accesibles de la zona (representada por un mapa axial). Fuente: Estudio realizado por María Gebauer-Muñoz (Hillier, 1996a: 06.9).

La centralidad como un proceso

La centralidad de las ciudades es un tema ampliamente estudiado y discutido (Aguilar y Alvarado, 2004; Anas et al., 2000; Delgado, Ramírez et al., 1997; Graizbord y Acuña, 2004), sin embargo existe el problema de su definición física (Garrocho y Flores, 2009; Thurnstain-Goodwin y Batty en Hillier, 1999; Thurnstain-Goodwin y Unwin, 2000) ya que el centro “encierra” procesos sociales que hacen que se expanda o contraiga espacialmente, incluso que cambie su carácter o se disperse en todo el territorio creando “pequeños” centros o subcentros.

Con *Space Syntax* se aborda este tema a partir del entendimiento de que los individuos organizan y dan forma a la ciudad empleando la relación entre la configuración espacial y el movimiento, describiendo la centralidad como un proceso de transformación continua (donde además, las escalas global y local interactúan iterativamente) y no un estado permanente (Hillier, 1999: 06.1). Al ver la ciudad como una red que incluye centros⁶³ (de diferentes tamaños) unidos por líneas largas que van del núcleo hacia la periferia, es posible explicar este fenómeno tanto

⁶³ En esta investigación, centro se entenderá como entidad dual: funcionalmente como la concentración significativa de alguna actividad económica, acompañado por otras actividades que le dan soporte; espacialmente es un área específica de la ciudad con características morfológicas particulares.

morfológicamente (a partir del fenómeno de la *rueda deformada* y el proceso dual de la creación de las ciudades) como funcionalmente (con la *economía del movimiento*).

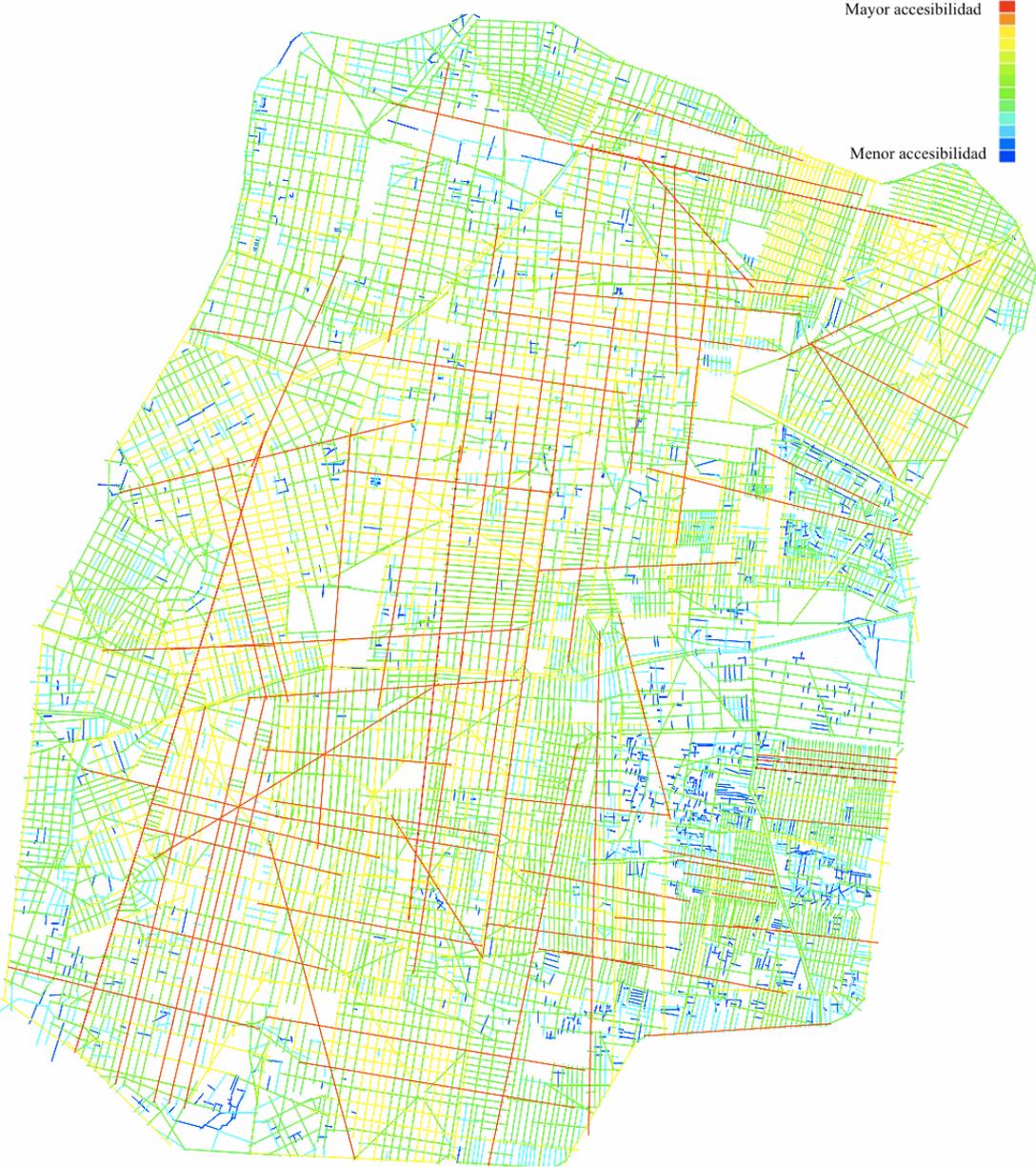
Al analizar las ciudades a una escala global no es posible notar áreas con el potencial para conformar centros, por lo que es necesario hacer un análisis de las características topológicas y geométricas de la red a un nivel local para poder señalar cuáles son las particularidades que hacen a un centro.

Al hacer el análisis local, los mapas axiales destacan las líneas más accesibles localmente de todo el sistema, las cuales son, en su mayoría, parte de las rutas que van del núcleo a la periferia. Al observar el conjunto en su totalidad, es posible observar que estas líneas están conectadas entre sí, por lo que existe la posibilidad de moverse de un centro a otro fácilmente (Figura 3.12), sugiriendo así una posible interacción y/o co-dependencia entre éstos. Sin embargo, hasta este punto, no existe forma de determinar en qué parte de la línea puede haber una concentración de actividades que pudiera sugerir la aparición de un centro.

La manera para distinguir los subcentros a partir de las características topológicas de la ciudad es, según Hillier (1999) “sustrayendo” las líneas en cuestión mas dos pasos de profundidad⁶⁴ para observar la intensidad de éstas respecto a su conectividad. De esta manera, es posible distinguir que existen ciertas secciones de la línea donde se incrementa el número de conexiones, tal y como se muestra en la Figura 3.13, maximizando las condiciones locales de accesibilidad. A este fenómeno se le ha llamado *intensificación de la traza* (ibid: 06.2), es decir las cuadras o manzanas tienden a ser más pequeñas que en el resto de la traza, incrementado el número de vialidades (topológicamente hablando: mas conexiones) y por ende, se incrementan las posibilidades de movimiento en el área y el potencial en los frentes de lote (Jacobs, 1964; Siksna, 1997).

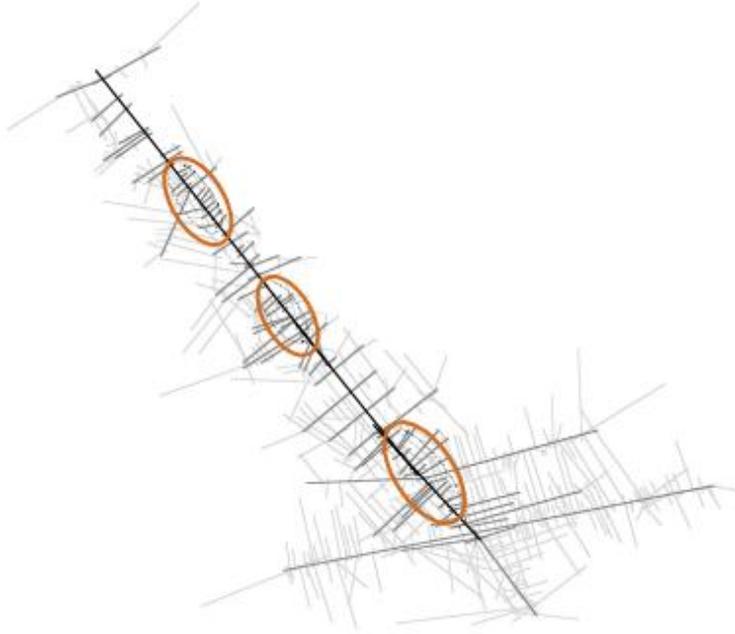
⁶⁴ Ya que este número de conexiones es el mínimo necesario para crear una retícula a partir de una línea.

Figura 3.12. Accesibilidad local de un área de la ciudad de México



Mapa axial del área limitada por el Circuito Interior de la ciudad de México. Accesibilidad local, radio 2. Fuente: Ortiz Chao y Hillier (2007).

Figura 3.13. Identificación de subcentros a partir de la intensificación de la traza.



Línea analizada por su conectividad: la línea negra es la línea analizada (L0), las líneas grises (L1) representan las líneas conectadas a directamente a L0, las líneas en gris claro (L2) son aquellas que se encuentran a dos conexiones de L0. Las elipses en color naranja muestran en donde hay un mayor número de líneas L1 conectadas a L0 . Fuente: Hillier (1999: 06.6).

Además, estos centros también tienen la forma de la *rueda deformada* pero a una escala menor, donde el núcleo corresponde a la línea con mayor intensidad local (de actividades y de movimiento) y los rayos de la rueda son los caminos que la conectan con las áreas (y las actividades) que no necesitan del movimiento, como podrían ser las residencias. Es así que se puede afirmar que la ciudad es un producto *glocal*⁶⁵, es decir esta conformada por pequeñas *ruedas deformadas* (un proceso local) que al unirse forman una gran *rueda deformada* (un proceso global) que maximiza el potencial de movimiento y copresencia.

⁶⁵ *Glocal*: la combinación entre lo global y lo local.

Limitaciones y alcances de *Space Syntax* para la investigación

A lo largo de estas páginas se ha presentado el conjunto de premisas y postulados aplicados en el modelo *Space Syntax* para entender la influencia de la configuración espacial en la vida social. Con las herramientas desarrolladas es posible identificar el potencial de accesibilidad del espacio público, explicar la organización espacial de las actividades, a cualquier escala, a partir de la estrecha relación entre la configuración espacial y los patrones de movimiento de la ciudad y advertir el potencial de interacción que existe entre distintas zonas. En los siguientes párrafos se describirán las limitaciones y alcances que tendrá esta investigación al emplear esta herramienta de análisis (algunas de éstas han sido ya mencionadas en la sección 3.3 del Capítulo 2).

Primeramente, es necesario señalar que la manera en que *Space Syntax* explica la ciudad como un todo es cuestionada por muchos académicos⁶⁶ debido a la manera en que con información tan básica, como es la red vial, se puede decir tanto de una sociedad o un grupo de individuos (Ratti, 2004); también los planificadores del transporte discuten su utilidad como un indicador urbano, porque ignora aspectos fundamentales de la vialidades, como sus dimensiones o niveles de servicio, regulación (dirección y semaforización) o factores de impedancia (o fricción) comúnmente considerados (tiempo y distancia métrica) (Makri y Folkesson, 1999). Además de la carencias propias de un análisis de redes, mencionadas en el capítulo anterior -sección 3.3-: no considerar la conducta del individuo ni sus características (socio-económicas, movilidad); asumir que no hay efectos de competencia, por no considerar la distribución espacial de los individuos; suponer que todas las oportunidades disponibles tienen el mismo grado de atracción, sin importar el tiempo de viaje o el tipo de oportunidad.

Penn *et al.* (1998) estudiaron y compararon el posible efecto que tienen algunas variables urbanas (altura de edificios, el ancho y largo de vialidad y los niveles de accesibilidad) en los patrones de movimiento tanto vehicular como peatonal en cinco zonas distintas de Londres. En el estudio encontraron que solamente la altura de los edificios (una forma de entender la densidad de un área) es una variable importante en los patrones de movimiento peatonal de las áreas estudiadas. Sin embargo fue la variable accesibilidad la que presentaba una mejor correlación y por lo tanto concluyen que los niveles de accesibilidad de una calle pueden ser una herramienta

⁶⁶ A pesar de ser una aproximación muy polémica para muchos investigadores, no se encontraron artículos que expongan sus puntos de vista u opiniones, a excepción de los dos mencionados en este párrafo.

para determinar sus niveles de demanda y servicio, ya que éstos dependerán de su posición y conectividad en la red (p.74).

Además, y como se ha señalado en el capítulo anterior, las decisiones de los individuos de por donde o hacia donde moverse por la ciudad no dependen de las distancias métricas, porque si así fuera se asumiría que la gente sabe calcular las distancias en sistemas espaciales complejos, cosa que no es cierta (Hillier, 2008: 4). Sino mas bien dependen de la oportunidad que se necesita alcanzar, las limitantes económicas y de tiempo y de su capacidad de entender el sistema por el que se mueven (la inteligibilidad de la ciudad) y el modo de transporte disponible o elegido.

Por eso, es necesario recordar que *Space Syntax* no tuvo su origen en la planificación del transporte ni en el diseño urbano, sino como una herramienta que permitiera entender la lógica que tiene la morfología de las ciudades, especialmente en lo referente a su crecimiento (Hillier et al., 1993: 32) y que sus postulados son resultado de un análisis fundamentado en la forma en que los individuos entendemos, nos movemos e interactuamos en el espacio.

Tomando en consideración esto, ahora señalaremos los alcances que esta investigación puede tener al emplear *Space Syntax* como herramienta de análisis.

El objetivo de esta investigación es analizar la accesibilidad de la ciudad de México a dos diferentes escalas: global y local, con el fin de visualizar la estructura de la ciudad a partir de la accesibilidad, el grado y forma de interacción entre diferentes áreas de la ciudad y entender la importancia que tienen los sistemas de transporte para su integración. Se espera que empleando *Space Syntax* se obtenga la información necesaria para cumplir con el objetivo enunciado, por lo que será necesario desagregarlo para entender cual es el potencial analítico y sus limitaciones respecto a otras herramientas para la medición de la accesibilidad. En este punto, es necesario recordar que el objeto de estudio en la investigación es la estructura vial de la ciudad de México (del año 2000), incluyendo la red del sistema “Metro”.

La primera y gran utilidad que se tiene al emplear *Space Syntax*, es que solamente requiere de una variable: la red de transporte (construida a partir de la cartografía digital oficial y disponible en particular, las líneas de centro de calle). Con ésta, se puede construir el mapa y hacer los análisis de los niveles de accesibilidad de la estructura vial de la Ciudad de México a diferentes escalas, sin necesidad de hacer otra calibración del mapa base.

El análisis global realizado con *Space Syntax*, permitirá observar si la estructura metropolitana de la Ciudad de México corresponde a una *rueda deformada*, y en caso de serlo,

distinguir el área donde se localiza su núcleo y cuales elementos de la red constituyen los principales rayos que conectan a este último con el resto de la ciudad.

Respecto a la escala local, el análisis de accesibilidad especificará áreas de diferentes tamaños, distribuidas a lo largo del territorio con altos niveles de accesibilidad, permitiendo observar y analizar las características de éstas, ver la forma en que se interconectan y definir si tienen el potencial para constituirse como centros (de acuerdo a los criterios señalados en la sección anterior). Al igual que en el análisis global, se busca observar el impacto que tiene en un área específica la introducción de una red de transporte masivo como el Metro, sin embargo a diferencia del análisis global, aunque se espera sea positivo, el resultado es incierto.

CAPÍTULO IV. Descripción de la ciudad de México y su estructura vial

Desde su fundación, la ciudad de México ha tenido momentos importantes respecto a su crecimiento y conformación, y que han determinado su estructura física. En este capítulo se presenta una descripción del área de estudio de la ciudad de México de tres maneras. Se inicia con una síntesis muy breve de algunas de las condicionantes más importantes que impulsaron el crecimiento de la ciudad y los planes de desarrollo que buscaban controlar de alguna manera este, especialmente en la segunda mitad del siglo XX, hasta llegar al año de análisis: 2000. Luego, se mencionan algunas de sus condiciones territoriales más importantes, tales como extensión del área urbana, unidades político-administrativas que incluye y extensión, en kilómetros lineales, de la red vial y la manera en que los habitantes de la ciudad se desplazan para realizar sus actividades.

La segunda sección presenta, también de manera sucinta, tres programas de ordenación urbana que buscaban vincular las actividades (representados en los usos de suelo) con el transporte para impulsar el desarrollo de la ciudad, proporcionando de una mejor manera los servicios requeridos por la población, y que han servido de referencia para los planes de desarrollo posteriores. Estos programas también servirán como un marco de referencia cuando se analicen los niveles de accesibilidad de la ciudad.

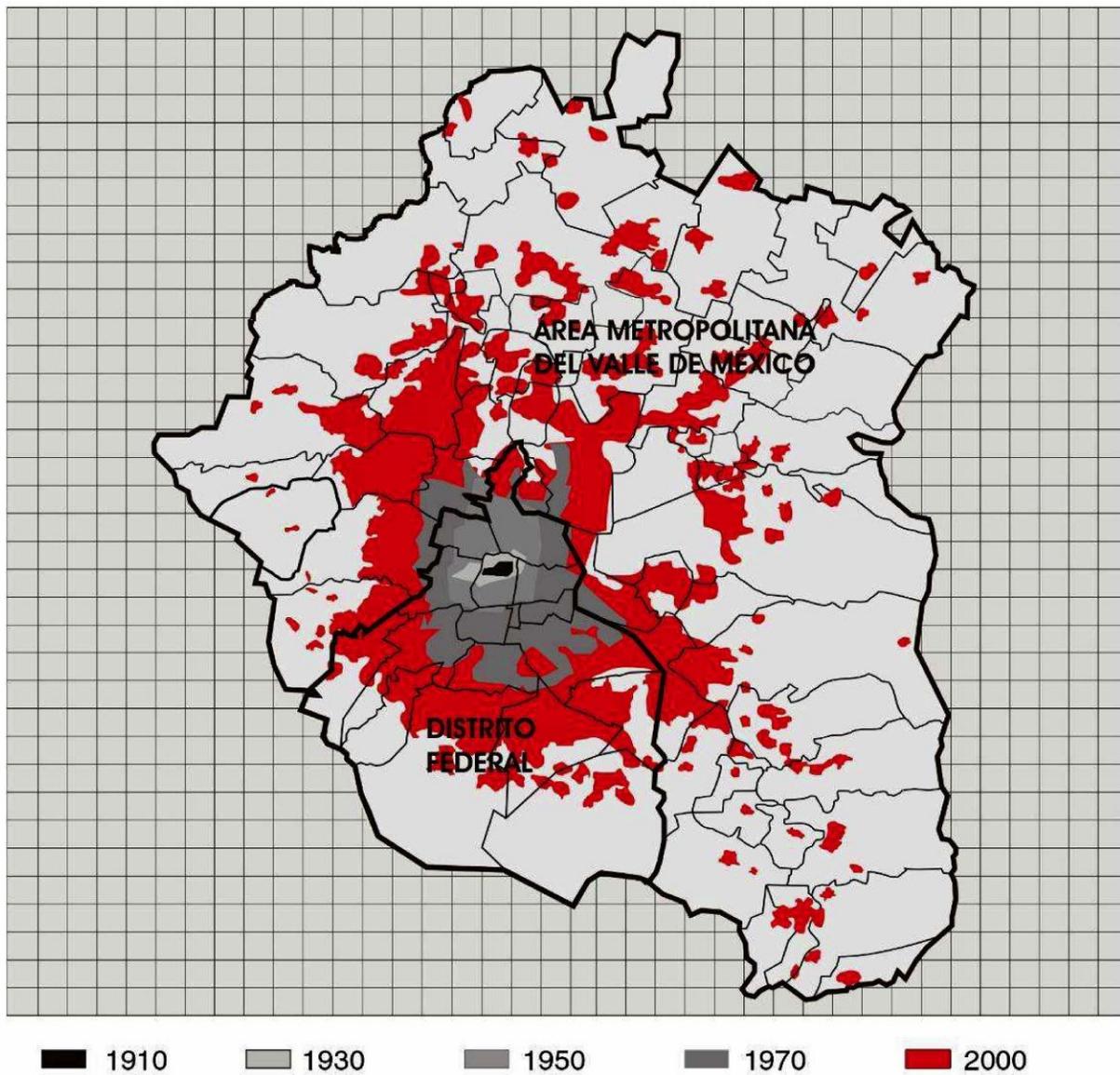
Posterior a esto, se hace una descripción visual de la estructura vial de la ciudad, para familiarizarse con el área de estudio y puntualizar en algunas características particulares de áreas específicas.

La última descripción se concentra en la red vial, por lo que se revisarán algunas propiedades de cada elemento o línea de la estructura, tales como su longitud y conectividad; a partir de estas dos medidas se calcula el tamaño de frente de cuadra, medida que sirve para determinar (de manera muy aproximada) la intensidad con la que se ocupa el suelo de un área.

La planificación en la ciudad de México

La Ciudad de México se encuentra localizada en la región centro del país, conocida como Cuenca de México y esta delimitada al norte por las sierras de Tezontlalpan, Tepozotlán y Pachuca; al sur por las sierras del Ajusco y de Chichinautzin; al oriente, por la Sierra Nevada; y al poniente, por la sierras de las Cruces, el Monte Alto y el Monte.

Figura 4.1. Crecimiento de la ciudad de México



Fuente: BMW Group (2008: 28)

Desde su fundación, la ciudad ha tenido momentos importantes respecto a su desarrollo urbano, sin embargo fue en el siglo XX cuando se presentan procesos de crecimiento muy acelerados (Figura 4.1). En 1928 “la ciudad ‘perdió su estatus municipal y se convirtió en una entidad especial” (Ward, 2004: 278), se promulgaron las primeras leyes sobre la planificación del territorio en el país, estableciendo los mecanismos legales y designando a las autoridades competentes que guiarían la actividad planificadora por los siguientes años (Gil Elizondo, 1987). Para el caso particular de la ciudad de México se estableció que sería a partir de planes reguladores sectoriales para la zonificación industrial, el control de rentas, etc. (Ward, 2004: 278)

A partir de 1940, en la ciudad de México se registraron los mayores volúmenes de inmigración debido al acelerado proceso de industrialización (Garza Villarreal, 2003: 43). Los nuevos habitantes necesitaban de un espacio barato donde vivir, lo cual dio como resultado la proliferación de asentamientos irregulares en tierras ejidales o la población de los municipios del Estado de México colindantes al Distrito Federal y “un deterioro de la cobertura de determinados servicios urbanos y la inadecuación de la estructura de la ciudad a los nuevos requerimientos de usos y organización de su espacio” (Gil Elizondo, 1987: 396)

La respuesta a este crecimiento de parte de las autoridades fueron: un urbanismo basado en regulaciones generales, la aplicación de medidas de control para el establecimiento de asentamientos de bajos ingresos, la construcción de gran infraestructura (hidráulicas y de vías de comunicación) y la promoción para el desarrollo industrial (Hiernaux-Nicolas, 2000: 708).

En términos de la estructura urbana, la ciudad se desarrolló a lo largo de las principales vialidades y carreteras que la comunicaban con otras ciudades y se construyó infraestructura vial (como el Anillo Periférico, el Circuito Interior, los ejes viales, la vía Morelos, la avenida Gustavo Baz, Av. Central Av. López Portillo, por mencionar algunas) e infraestructura para el transporte (como el Metro, los Centros de transferencia modal –Cetram-, las terminales de autobuses de pasajeros y el aeropuerto) que ayudaran a la consolidación de la ciudad (Garza Villarreal y Damián, 1991).

Fue hasta 1969 cuando se creó en el Estado de México un organismo de planeación (Acción Urbana e Integración Social –AURIS-) que se encargaría de elaborar planes municipales de todo el estado, pero principalmente los correspondientes a los municipios conurbados con el Distrito Federal.

En 1975 se creó en el Distrito Federal la Dirección General de Planificación (la cual era independiente de la Dirección de Obras Públicas), la cual fue responsable de publicar el primer Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, el cual se modificó para cambiar la idea de solamente regular la ciudad y para 1980 se publicó su segunda versión. Este programa “pretendía lograr un ordenamiento territorial más eficaz de la entidad, y por ello se acompañó de 16 planes parciales de las delegaciones como marco referencial para las decisiones de autorización del uso del suelo, que empezaron a otorgarse en forma más regular” (Hiernaux-Nicolas, 2000: 708).

Debido al continuo crecimiento y la necesidad de contar con una visión metropolitana que fuera capaz de disminuir las desigualdades sociales de la ciudad socialmente fragmentada (ibid), en 1976 la recién formada Comisión de Conurbación para el Centro del País definió el Área Metropolitana de la ciudad de México: las 16 delegaciones del Distrito Federal y 57 municipios de diferentes estados. Desafortunadamente los estudios elaborados por ésta “no tuvieron muy efecto sobre la gestión de las entidades respectivas, ni fueron tomados en cuenta por las autoridades locales correspondientes” (ibid), sin embargo se crearon comisiones de trabajo que sentaron antecedentes para la gestión de los problemas metropolitanos, principalmente en materia de agua y transporte.

Para el año 1980 el crecimiento demográfico continuó ejerciendo una gran presión demográfica en la periferia (por el bajo costo de la tierra y la re-localización de la industria), produciéndose cambios en los usos del suelo de áreas despobladas (alcanzando un municipio del estado de Hidalgo) al mismo tiempo que seguía la tendencia de despoblamiento de la ciudad central, sin embargo, la inversión pública más significativa se dio en la construcción de nuevas vías rápidas (ejes viales) y la ampliación de la red del Metro. Fue en este año cuando se creó un Plan Director de Desarrollo Urbano del Distrito Federal⁶⁷ en el que “se marcaron los lineamientos básicos de organización del espacio urbano actual y futuro, planes parciales correspondientes a las diversas delegaciones del Distrito Federal, así como un número apreciable de estudios específicos sobre aspectos sectoriales como, por ejemplo, la vivienda y el transporte” (Gil Elizondo, 1987: 400)

⁶⁷ Se describe de una manera breve en el capítulo 9 del Atlas de la Ciudad de México (Distrito Federal, 1987: 401-405)

Este plan fue revisado y actualizado en 1982, publicándose como el Programa General de Desarrollo Urbano –PGDUDF- (Departamento del Distrito Federal, 1982), del cual se describen en la siguiente sección de este capítulo los puntos de interés para esta investigación.

En 1984 se creó el Programa de Reordenación Urbana y Protección Ecológica, el cual incluía y hacía énfasis en la dimensión ambiental de la ciudad, además que planteaba la restructuración del espacio intraurbano en torno a polos de concentración de actividad económica, debidamente conectados por una red de transporte eficiente (Gil Elizondo, 1987: 400; Hiernaux-Nicolas, 2000: 709)

Tres años después se publicó el cuarto instrumento de este tipo, el Programa de Desarrollo Urbano del Distrito Federal 1987-1988, el cual era prácticamente una actualización el programa de 1982, reforzando la idea de consolidar los subcentros urbanos. Este programa hizo énfasis en tres cuestiones: los planes parciales de cada delegación mas detallados y publicados en forma de planos (con códigos respecto al tipo de uso de suelo, alturas y área libre de construcción permitidos); la creación de 43 áreas muy delimitadas a las que se les aplicarían estrategias detalladas respecto a usos de suelo, densidades y reservas negociadas con la población afectada, llamadas Zonas de Desarrollo Controlado –Zedec-; se propusieron algunos proyectos especiales (o “megaproyectos”)⁶⁸, con los cuales se buscaba la participación del sector inmobiliario para lograr una reactivación económica en la ciudad (Hiernaux-Nicolas, 2000: 709; Ward, 2004: 286).

Durante este tiempo, el Estado de México se concentró en la elaboración de planes regionales, estatales y municipales desarrollados por AURIS y la Dirección de Desarrollo Urbano y Vivienda junto con las autoridades locales (Hiernaux-Nicolas, 2000: 710; Figura 18 en Ward, 2004: 281), los cuales se basaban en la planificación normativa tradicional (incapaz de predecir el crecimiento y determinar los instrumentos de control necesarios). Fue hasta 1992 cuando el gobierno del estado encargó un plan con una visión metropolitana de la ciudad de México, sin embargo, una vez mas, los conflictos de jurisdicción frenaron su implementación y posible éxito.

En 1996, las autoridades del Distrito Federal revisaron y modificaron por quinta ocasión el programa de desarrollo urbano para la ciudad, presentándose el Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal (el cual estaba vigente en el 2000, año del análisis de esta

⁶⁸ De los que destacan la revitalización del Centro Histórico, el rescate de la Alameda Central y de Xochimilco, la transformación de la zona de Santa Fe en zona comercial y de oficinas (Gamboa de Buen, 1994).

investigación). Entre sus objetivos y metas destacaban “la regulación del mercado inmobiliario, la distribución ‘armónica’ de la población y la conservación del medio natural... el acceso más equitativo de la población a la vivienda, crear una oferta adecuada de suelo, mejorar las condiciones de la estructura vial y estimular la utilización del transporte público, e impulsar la vigencia del programa mediante el diseño de instrumentos de planeación y la participación ciudadana” (Departamento del Distrito Federal en Garza Villarreal, 2000: 714).

Al siguiente año, 1997, el Centro de Estudios Territoriales Aplicados de la Facultad de Planeación Urbana y Regional de la Universidad Autónoma del Estado de México elaboró un plan para los municipios conurbados al área metropolitana de la ciudad de México: el Plan Regional Metropolitano del Valle Cuautitlán-Texcoco (PRM-VCT)⁶⁹, el cual era “una propuesta de planeación estratégica, económica y territorial, de los 58 municipios que integran la Región Metropolitana del Valle Cuautitlán-Texcoco” (Iracheta Cenecorta, 2000a: 729). A partir del diagnóstico se diseñó una estrategia para toda el área, siendo su principal objetivo “retomar los patrones de expansión y metropolización observados, intensificando el uso del suelo por urbanizar y la infraestructura metropolitana requerida con densidad de población medias y altas” (ibid: 733). El esquema de ordenamiento territorial sugerido se basaba en nuevos ejes o corredores urbanos (siguiendo los patrones de expansión) y la ocupación de las reservas territoriales con mayor aptitud territorial y con el menor riesgo, para conservar áreas de alto valor agrícola, cuerpos de agua y zonas protegidas (ibid: 734).

En 1998 se elaboró el Programa de Ordenación de la ZMVM –POZMVM- (Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos, 1998), propuesto por el Estado de México y avalado por el Gobierno del Distrito Federal, sirviendo de marco de referencia normativo y estableciendo los lineamientos generales para el desarrollo metropolitano a largo plazo (Hiernaux-Nicolas, 2000: 710). Su principal objetivo era anticipar el crecimiento demográfico y redefinir el patrón de expansión urbanística a partir del entendimiento “de la evolución y perspectivas de la economía metropolitana, en la estructura y dinámica demográfica, en la capacidad de la infraestructura instalada y en los problemas ambientales del valle y su región” (Iracheta Cenecorta, 2000b: 724). A pesar de ser un plan integrador que permitió que las comisiones metropolitanas pudieran avanzar en puntos comunes, en 1997, el gobierno del Distrito Federal avaló el Programa General

⁶⁹ Para el año 2000, el plan todavía no se había aprobado por la legislatura estatal.

de Desarrollo Urbano de 1996 por lo que se volvió su documento central de planificación, dejando a un lado el POZMVM (Hiernaux-Nicolas, 2000: 710).

En el año 2000 era la zona metropolitana más extensa y poblada del país. Cubría un área aproximada de 7,815 km² y estaba conformada por 76 unidades político-administrativas (16 delegaciones y 61 municipios) de las tres entidades federativas mencionadas, dentro de la cual había 219 localidades urbanas (Figura 4.1). La población era de aproximadamente 18'400,000 habitantes, de los cuales el 46.8% vivían en el Distrito Federal, 0.2% en Hidalgo (en el municipio de Tizayuca) y 53% en los sesenta municipios del Estado de México (SEDESOL et al., 2004).

A pesar de ser la ciudad más importante del país, la ciudad de México se enfrentaba “a un proceso de pérdida de las condiciones estructurales que en el pasado le permitieron alcanzar esta primacía y convertirse en la mayor concentración demográfica y económica del país” (Gobierno del Distrito Federal, 2000: 13).

En lo que se refiere al uso del suelo, la mayoría de la superficie se destinaba al uso habitacional (aproximadamente 65%), mientras que los usos mixtos ocupaban el 16%, 7% la industria y 13% los espacios abiertos (Delgado, Ramírez et al., 1997: 23). La densidad promedio dentro del Distrito Federal era de 125 hab./ha y en los municipios conurbados del Estado de México de 108 hab./ha., sin embargo las unidades político administrativas con mayor concentración urbana eran el municipio de Nezahualcóyotl con 245 hab/ha, seguido por las delegaciones Iztacalco, Benito Juárez, Cuauhtémoc, Venustiano Carranza y Miguel Hidalgo, con un promedio de 150 a 200 habitantes por hectárea (Gobierno del Distrito Federal, 2000: 246).

A pesar de esto, en la ciudad central se presentaban graves problemas de deterioro y abandono, debido a factores como la proliferación del ambulante y la economía informal, la inseguridad y la degradación de la imagen urbana, la insuficiente oferta de servicios públicos, entre otras. Esto llevó a una subutilización de “una de las ventajas más importantes que ofrece una ciudad: la aglomeración y las ventajas de localización en el centro; se desperdicia o subutiliza la infraestructura y equipamiento urbano construidos durante décadas...” (ibid: 249).

El crecimiento de la superficie urbana en los primeros años de la década de 1990 era reducido comparado con años anteriores (ver Gráfica 3 en Gobierno del Distrito Federal, 2000: 250), la expansión era muy dispersa y desordenada por lo que la población de la ciudad de México enfrentaba problemas de segregación espacial, desequilibrio en el abasto de servicios y

equipamientos urbanos, altos niveles de contaminación del aire y la necesidad de desplazarse grandes distancias en vialidades muy saturadas⁷⁰.

Todos estos procesos de crecimiento afectaron tanto a la estructura vial como a la movilidad de sus habitantes, y por ende, al transporte de público. Estudios de movilidad de los habitantes de la zona metropolitana (Graizbord y Santillán, 2005; Ibarra y Lezama, 2008) muestran cómo la mayoría de los viajes que se originaban en una delegación o municipio terminaban en esta misma o en una muy cercana, lo cual confirmaba el cambio funcional que la ciudad estaba teniendo: una mayor independencia de los municipios y la descentralización de la actividad económica y del empleo (Graizbord y Santillán, 2005: 87).

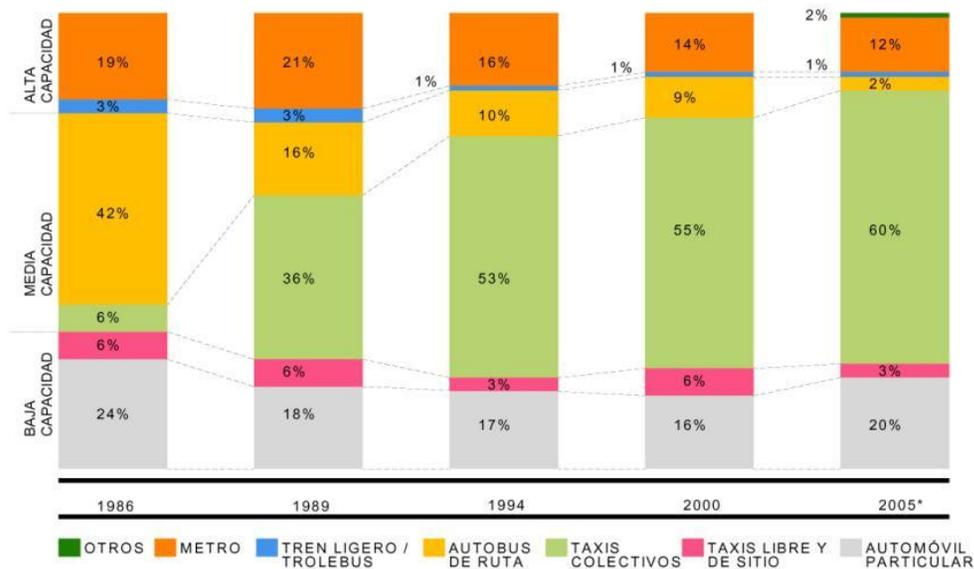
En la Figura 4.2 se muestra en qué se movían los habitantes de la ciudad entre los años 1986 y 2000. Destacan dos cosas: la primera es el gran incremento de viajes realizados en taxis colectivos (conocidos como microbuses o camiones) entre 1986 y 1989, esto debido a que en este periodo se empezaron a otorgar concesiones a particulares, ya que anteriormente era el gobierno el único proveedor del transporte de media y alta capacidad en la ciudad. El otro punto importante es que el porcentaje de viajes efectuados en el Metro (único modo de transporte público de alta capacidad) era casi equivalente a la del automóvil particular.

En 1994, de acuerdo a la encuesta origen-destino realizada por el INEGI (en Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos, 1998: 97), se realizaban un total de 20.5 millones de viajes/persona/día, de los cuales aproximadamente 20.26 millones se realizaban en transporte motorizado⁷¹ en una estructura vial muy saturada y conflictiva debido a su discontinuidad y fragmentación. Lo primero se puede observar en la diferencia geométrica de las retículas: la del Distrito Federal es una relativamente ortogonal, mientras que la red vial de los municipios conurbados esta organizada a partir de los accesos carreteros radiales a la ciudad; además de la disminución de carriles en algunas vialidades. La fragmentación se daba por la apropiación ilegal de las vialidades (por parte de algunos colonos), la interrupción de las calles en zonas precarias y la inexistencia de vialidades en áreas de topografía adversa (Gobierno del Distrito Federal, 2000: 150-151).

⁷⁰ Por ejemplo: la velocidad promedio en la vialidad metropolitana era de 20 y 35 km/hr. (Gobierno del Distrito Federal, 2000: 148)

⁷¹ 15.2 millones de viajes en algún modo de transporte público y 5.06 en automóviles particulares

Figura 4.2. Distribución de viajes por modo de transporte



Fuente: *Metropoli 2025 (2006: 100)*

Para esta investigación el área de estudio es un área mas compacta de aproximadamente 3,000 kilómetros cuadrados⁷², constituida por las 16 delegaciones del Distrito Federal y 39 municipios del Estado de México, lo cual hace un total de 55 unidades político-administrativas a la cual se le denominará Área Urbana de la Ciudad de México – AUCM- (ver Mapa 1). Dentro de este territorio, hay aproximadamente 29,024 kilómetros de vialidades⁷³, las cuales serán el objeto de estudio de esta investigación.

Dos programas “integradores” de las actividades y el transporte

Dentro de todos los programas descritos anteriormente, se encontró que dos en ellos se buscaba impulsar el desarrollo económico proporcionando los servicios requeridos por la población y ayudados por el sistema de transporte: el Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito

⁷² La superficie total correspondiente a las 55 unidades político-administrativas es de 5,256 km², sin embargo el área real se reduce porque solamente se consideraron las AGEBS urbanas de cada municipio que constituyeran una mancha urbana continua. El Anexo 1 describe los criterios empleados para la delimitación del área de estudio, al igual que enlista las unidades político-administrativas que la conforman.

⁷³ Esta cifra incluye vialidades primarias y secundarias.

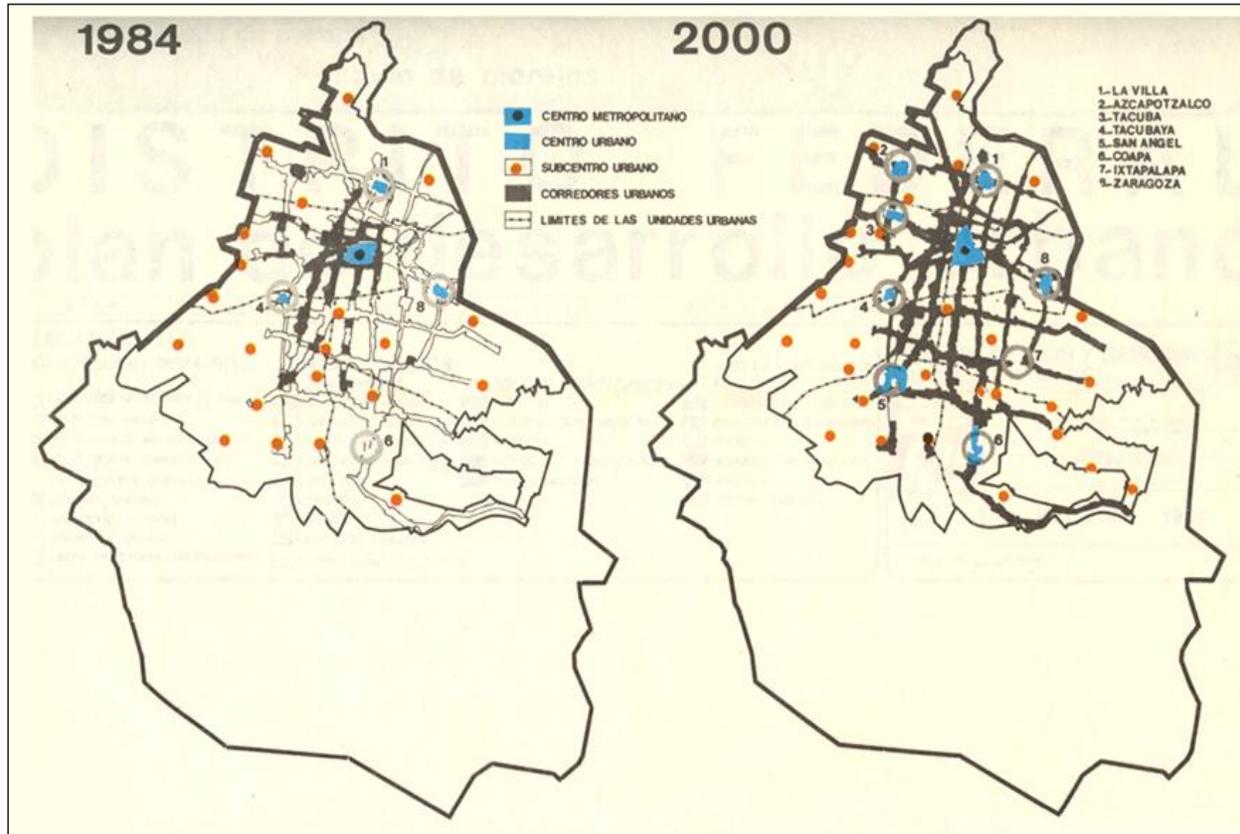
Federal (Departamento del Distrito Federal, 1982) y el Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México (Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos, 1998). Es por esto que esta investigación ha decidido compararlos con los resultados del análisis de accesibilidad.

Programa General de Desarrollo Urbano del DF

Este programa fue elaborado en 1982 con el fin de ordenar y regular el crecimiento y desarrollo del área urbana del Distrito Federal, para lograr una mejor distribución equilibrada de las actividades económica y favorecer las condiciones para que la población acceda a los satisfactores (Departamento del Distrito Federal, 1982). El programa plantea visiones a corto, mediano y largo plazo (2, 6 y 18 años respectivamente), con acciones específicas para cada uno, pero con el conocimiento de que la ciudad cambia y que por lo tanto, éstas son susceptibles de adecuaciones que aseguren su continuidad; las estrategias para el desarrollo urbano se hicieron en función de núcleos urbanos (centros, subcentros y centros de barrio, de acuerdo a la concentración y tipo de servicios que se planteaba en cada uno de estos) y corredores urbanos (aprovechando el eje que se crearía por la presencia del Metro⁷⁴ y las líneas seleccionadas para este propósito) (ver Figura 4.3).

⁷⁴ El Plan Maestro del Metro de 1980 contemplaba que para el año 2000 habría 19 líneas corriendo en el Distrito Federal, de las cuales 3 se internaban en los municipios de Naucalpan, Nezahualcóyotl y Tlalnepantla (ver Plano E-6 del PGDUDF).

Figura 4.3. Estructura Urbana para los años 1984 y 2000



Fuente: Plan General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal (Departamento del Distrito Federal, 1982: Mapa 3)

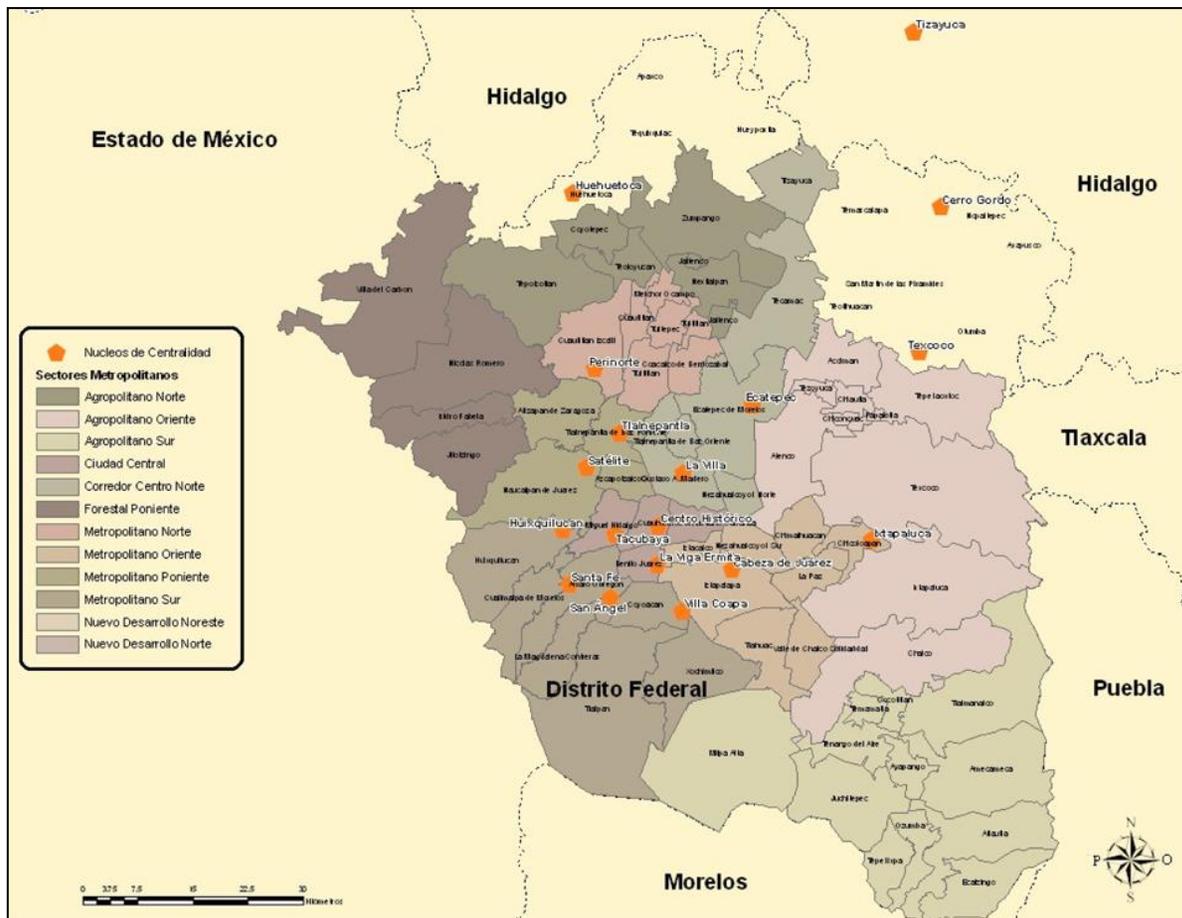
Programa de Ordenación de la ZMVM –POZMVM-

El Programa basa sus propuestas en un diagnóstico serio y profundo que permite entender cuáles eran las condiciones reales que vivía la ciudad y propone 12 Sectores Metropolitanos (Figura 4.4), considerando la relación funcional que había entre ellos y el papel que juegan las vialidades en la estructuración de la ciudad, cuyo objetivo era fortalecer aquellos sectores ya consolidados y promover nuevos patrones de ocupación a partir de una escala de planeación intermedia entre lo metropolitano y lo local (Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos, 1998: 148). Dentro de cada uno de los sectores, se propone un núcleo como parte de una estrategia que propone “consolidar núcleos alternos al centro histórico que ofrezcan una policentralidad para equilibrar la intensidad de las actividades, disminuir el número y extensión de viajes y tiempo de

recorrido, mejorar la calidad y diversidad de servicios y productos y rescatar y dignificar los sitios y monumentos históricos” (Metropoli 2025, 2006: 28).

A pesar de que el programa resalta la importancia de las vialidades como elementos estructuradores de la ciudad, en las acciones y propuestas no se consideran de esta manera, sino solamente como corredores de transporte, es decir, como conectores de zonas con aptitud para el desarrollo urbano (Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos, 1998: 112).

Figura 4.4. Sectores metropolitanos propuestos por la COMETAH



Este mapa está en un formato mas grande en el Anexo 2, donde además se enlistan los sectores por unidad jurídico-administrativa. Fuente: Metropoli 2025 (2006)

Descripción visual de la estructura vial de la ciudad

Antes de iniciar con el análisis de accesibilidad del AUCM, es pertinente familiarizarse con su estructura vial, para lo cual se hace una descripción del área de estudio a partir del análisis visual, observando algunas cualidades o particularidades que presenta. La descripción se enfoca en la simplificación de la estructura vial en un mapa de líneas de centro de calle, porque ésta es el espacio público destinado al transporte peatonal y vehicular que facilita el intercambio de bienes y servicios y la interacción entre los habitantes.

La estructura vial del AUCM se puede describir principalmente como un acumulado de retículas de diferentes tamaños y densidades organizadas a lo largo de las vialidades principales o primarias, donde éstas no tienen ni continuidad a lo largo de la ciudad ni la conectividad adecuada (ver Mapa 2). Si empleamos como referencia central la Plaza de la Constitución (o Zócalo)⁷⁵, se puede observar que las delegaciones Cuauhtémoc y Benito Juárez (consideradas como parte de la ciudad central) tienen en general, una retícula similar tanto en orientación como en densidad⁷⁶; además son atravesadas por vialidades principales, las cuales conectan los extremos de la ciudad con el resto de ésta: el Viaducto Miguel Alemán conecta con la Calzada Ignacio Zaragoza –salida hacia Puebla-, la Av. Reforma en su extremo poniente es la salida hacia Toluca, la Av. Insurgentes en su extremo norte conecta con la carretera a Pachuca y en el sur con la carretera a Cuernavaca, al igual que la Calzada Tlalpan y Av. División del Norte, por mencionar algunas (ver Figura 4.5).

⁷⁵ Por ser el punto geográfico desde donde se organizó la ciudad colonial y por su relevancia social a nivel de la ciudad y del país.

⁷⁶ Para la primera, ésta es principalmente Norte – Sur y Oriente – Poniente, aunque existen algunas diagonales que rompen la trama. Respecto a la segunda, la densidad de una traza se puede obtener a partir de la proporción de superficie ocupada por las manzanas y la ocupada por las vialidades en una extensión determinada (por ejemplo un kilómetro cuadrado o una hectárea). En este caso, el análisis se hizo de manera visual y haciendo solamente algunas mediciones que permitieran corroborar esta afirmación. En párrafos posteriores se mostrará este aspecto de una manera mas clara.

Figura 4.5. Traza de las delegaciones Cuauhtémoc y Benito Juárez

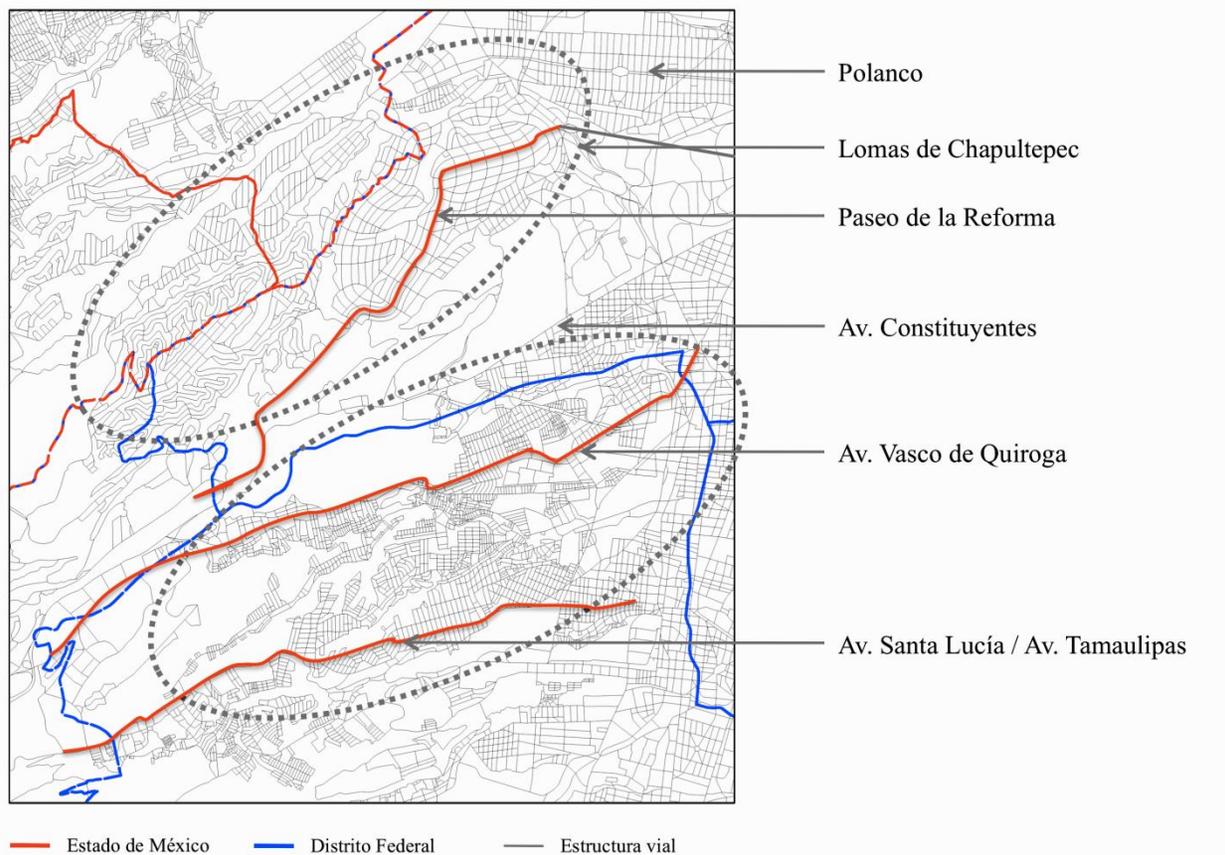


Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía vectorial de localidades urbanas correspondiente a la Zona Metropolitana del Valle de México (INEGI, 2005)

Las delegaciones localizadas al poniente de la ciudad (Álvaro Obregón, Cuajimalpa, la Magdalena Contreras y Miguel Hidalgo) presentan una trama que responde a las condiciones orográficas de la zona. Por ejemplo, en las Lomas de Chapultepec (Delegación M. Hidalgo) (Figura 4.6) es posible notar que su trazo responde tanto a la topografía del sitio (formas orgánicas) aún cuando éste se forzó para que fuera casi una retícula regular, como a la intención de albergar grandes residencias (por el tamaño de las manzanas). Otro ejemplo es el área entre Avenida Vasco de Quiroga y Av. Centenario (Delegación Álvaro Obregón): en esta zona la retícula es mas densa, lo cual sugiere la existencia de asentamientos de niveles socio-económicos medio o bajo, pero al igual que en las Lomas de Chapultepec, se procuró que tuviera una

geometría regular; alineada en su mayoría a las tres vialidades principales: Av. Vasco de Quiroga y Av. Santa Lucía / Tamaulipas (Figura 4.6).

Figura 4.6. Diferentes trazas al poniente de la ciudad de México

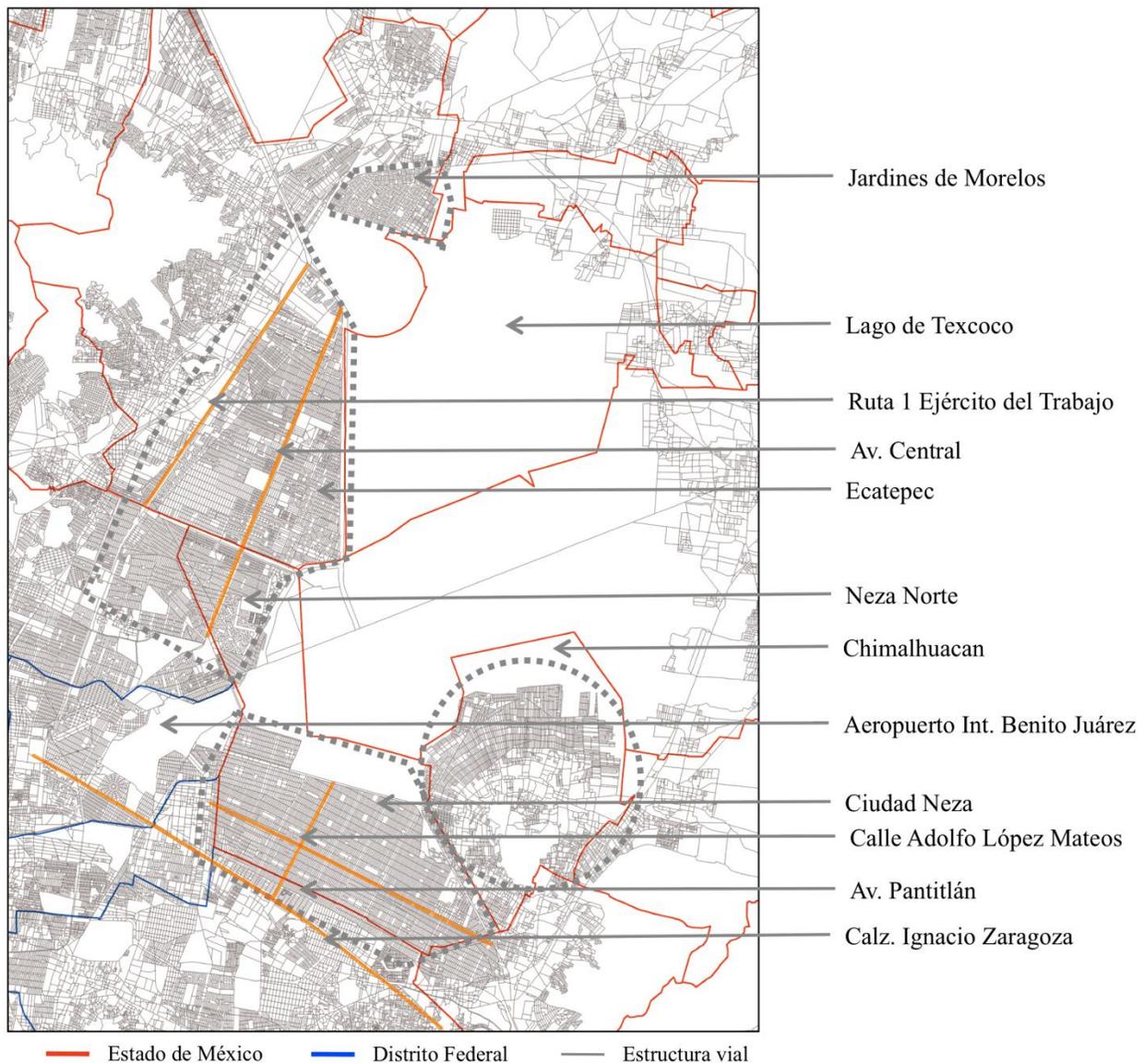


Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía vectorial de localidades urbanas correspondiente a la Zona Metropolitana del Valle de México (INEGI, 2005)

La zona oriente de la Ciudad de México llama la atención debido a la alta densidad y a su traza casi en su totalidad ortogonal. El área esta conformada por una pequeña sección de la delegación G. A. Madero (al noreste), los municipios de Ecatepec, Nezahualcóyotl, Chimalhuacán, Chalco y una parte de Ixtapaluca (Figura 4.7). En Ecatepec y “Neza Norte” – G. A. Madero es posible apreciar que, aún cuando la traza es muy regular, esta se ve interrumpida por espacios de mayor tamaño, los cuales son, en su mayoría, equipamiento urbano (el Bosque de Aragón, por ejemplo). Ciudad Neza tiene una traza ortogonal y muy regular, organizada por sus ejes principales: Av. Pantitlán y Adolfo López Mateos, donde las interrupciones son regulares y

mas pequeñas que en Ecatepec, y contienen el equipamiento urbano de la zona. Por su parte, en el municipio de Valle de Chalco Solidaridad se pueden distinguir dos trazas (ambas ortogonales) unidas por la calle Adolfo López Mateos; en esta área casi no existen interrupciones en su trazo, por lo que resulta difícil localizar el equipamiento urbano que da servicio a los habitantes como se puede apreciar en el Mapa 4.

Figura 4.7. Trazas en el oriente de la ciudad de México



Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía vectorial de localidades urbanas correspondiente a la Zona Metropolitana del Valle de México (INEGI, 2005)

Los ejemplos descritos en los párrafos anteriores forman parte de un área urbana compacta, pero al prestar atención en el área periférica del AUCM, las condiciones de densidad de calles en estos poblados cambia (como se muestra en la Figura 4.8 y en el Mapa 3). De esta manera podemos diferenciar dos áreas dentro de la Ciudad de México: un área compacta, que ocupa la mayor extensión del AUCM, y que corresponde, en su mayoría, a la etapa de crecimiento de la ciudad comprendida entre los años 1950 y 1980 y; un área dispersa, que corresponde a las poblaciones que se incorporaron a la zona metropolitana después de la década de 1980 y que al parecer no han sufrido una gran transformación formal en su traza, sino que han buscado conectarse con otras poblaciones a partir de la extensión de algunas vialidades ya existentes.

En la Figura 4.8 se muestra la densidad⁷⁷ de diferentes áreas de la Ciudad de México. En la primera fila se muestran tres ejemplos de la ciudad central (el primer cuadro del Centro Histórico, la Colonia Roma y la Colonia Del Valle) donde, a pesar de haber sido construidos en diferentes tiempos (mediados del Siglo XVI para el primero y principios del Siglo XX para los otros dos) la densidad es similar: no mayor a 38 calles por kilómetro cuadrado. En el primer y tercer ejemplo se puede observar que la mayoría de las manzanas son rectangulares mientras que la morfología de la Colonia Roma es de grandes manzanas cuadradas. Aún así, en los tres casos la superficie de las manzanas es aproximadamente de 2 hectáreas.

En la segunda fila se muestran los tres asentamientos del Estado de México mencionados en los párrafos anteriores (Ecatepec, Cd. Neza y Valle de Chalco Solidaridad), que aún se encuentran dentro del área compacta de la ciudad pero cuya densidad es notoria: casi el doble que en la ciudad central⁷⁸. La relación de proporción entre los lados de sus manzanas oscila entre 1:1.5 (en el caso de Valle de Chalco Solidaridad) hasta 1:5 (en Cd. Neza), pero lo más importante es que en los tres casos el lado corto no es mayor a los 54 metros, por lo que, es posible que el tamaño de los lotes sea muy similar en todos los casos y que lo que se incrementa es el número de éstos por manzana y no el tamaño.

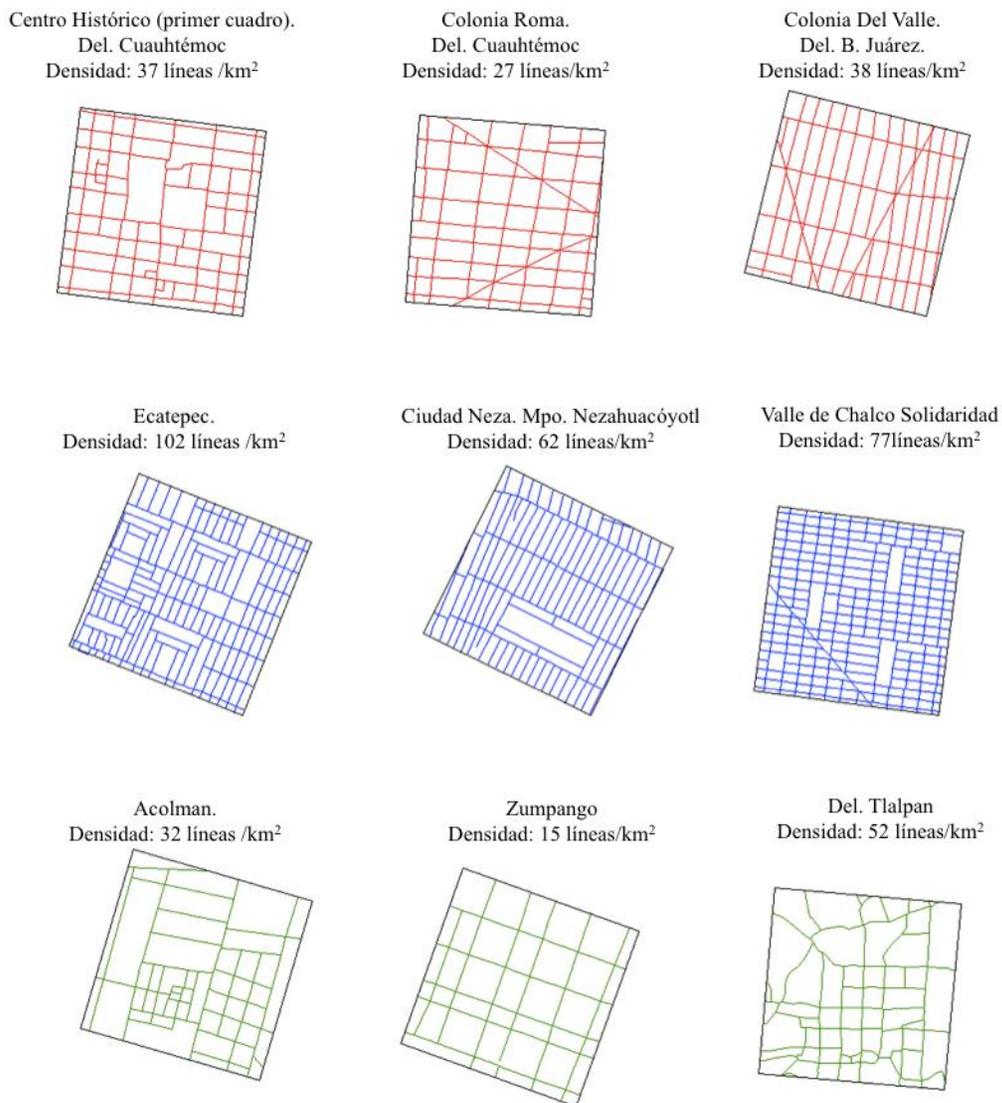
Finalmente, en la tercera fila están tres asentamientos del área dispersa o extendida, donde la densidad es variable: en algunas áreas se intensifica el número de calles mientras que en otras

⁷⁷ Para este cálculo, se contó el número de líneas que hay en un kilómetro cuadrado del área de interés. Se trató que la selección fuera de partes representativas del área, a partir de la inspección visual. El mapa empleado para esto es el mismo que se empleó para el análisis de accesibilidad es decir, la cartografía vectorial de localidades urbanas de la Zona Metropolitana del Valle de México (INEGI, 2005).

⁷⁸ La superficie promedio de sus manzanas oscila entre 0.5 – 1 hectárea.

hay manzanas muy grandes. Este fenómeno se tiene que observar bajo la premisa que estas retículas pertenecen a poblaciones que, por el crecimiento de la ciudad han sido incorporados a la zona metropolitana y por lo tanto, deberían de ser entendidas como pequeñas comunidades que están en la transición entre lo urbano y lo rural, también llamada peri-urbanización (Aguilar, 2008: 134).

Figura 4.8. Diferentes densidades en la Ciudad de México



Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía vectorial de localidades urbanas correspondiente a la Zona Metropolitana del Valle de México (INEGI, 2005)

Por otra parte, existen también casos en que la traza no es regular u ortogonal, sino de “plato roto” u “orgánica”, debido principalmente a las condiciones topográficas del emplazamiento. Localizados principalmente en la periferia del AUCM, estos casos, aún cuando son pocos, es posible que hayan sido asentamientos irregulares en su origen o comunidades rurales que fueron “absorbidas” por la mancha urbana. Tal es el caso del asentamiento localizado al norte del Volcán Guadalupe en la Delegación Iztapalapa (Figura 4.9a) o el ubicado en el Cerro del Judío en la Delegación La Magdalena Contreras (Figura 4.9b). En ambos casos, es difícil determinar si existe un eje o calle que determine su organización espacial aún cuando se pueden observar algunas calles que los atraviesan parcialmente. Asimismo, al comparar la densidad de calles que tienen los asentamientos con las colonias vecinas, se puede decir que estos asentamientos han intensificado la red vial por lo que se incrementa el número de predios, así como las posibilidades de movimiento en ella.

Al observar detenidamente la estructura vial del AUCM, es posible apreciar algunos vacíos de tamaño significativo dentro de esta. En el Mapa 4 se muestran estos vacíos y se clasifican en tres tipos: equipamiento urbano e infraestructura⁷⁹, parques naturales y principales elevaciones. Gran parte del equipamiento e infraestructura identificado en el mapa se encuentra dentro de los límites político-administrativos del Distrito Federal⁸⁰ y localizado al norte y oriente del Zócalo. Aún cuando esto no signifique que los municipios conurbados no cuenten con estos, es posible pensar que: la escala o tamaño del equipamiento es mucho menor y/o se adaptan a la traza existente⁸¹; el AUCM depende fuertemente del equipamiento provisto o administrado por el Distrito Federal (y la ciudad central) para su funcionamiento como un área metropolitana (Delgado et al., 1999: 23).

⁷⁹ En el caso de equipamiento no se consideraron los grandes centros comerciales (como Perisur, Plaza Satélite, Mundo E, etc.) por no ser bienes de consumo colectivo, sin embargo, Plaza Aragón se muestra por ocupar una superficie considerable del municipio de Ecatepec.

⁸⁰ Delgado et al. (2003: 50) señalan, por ejemplo, que los hospitales (públicos o privados) se concentran en las áreas centrales y poniente de la ciudad.

⁸¹ Tal es el caso de Ciudad Neza (ver Figura 4.7) donde, empleando la misma geometría de la traza, se crearon manzanas mas grandes que alojan el equipamiento de la zona (escuelas, mercado, parques, etc.).

Figura 4.9. Trazas irregulares de la Ciudad de México

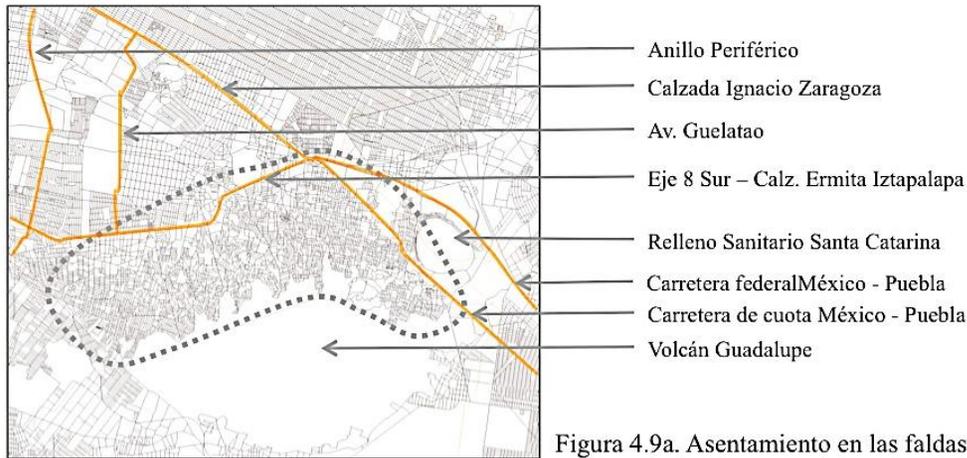


Figura 4.9a. Asentamiento en las faldas del Volcán Guadalupe

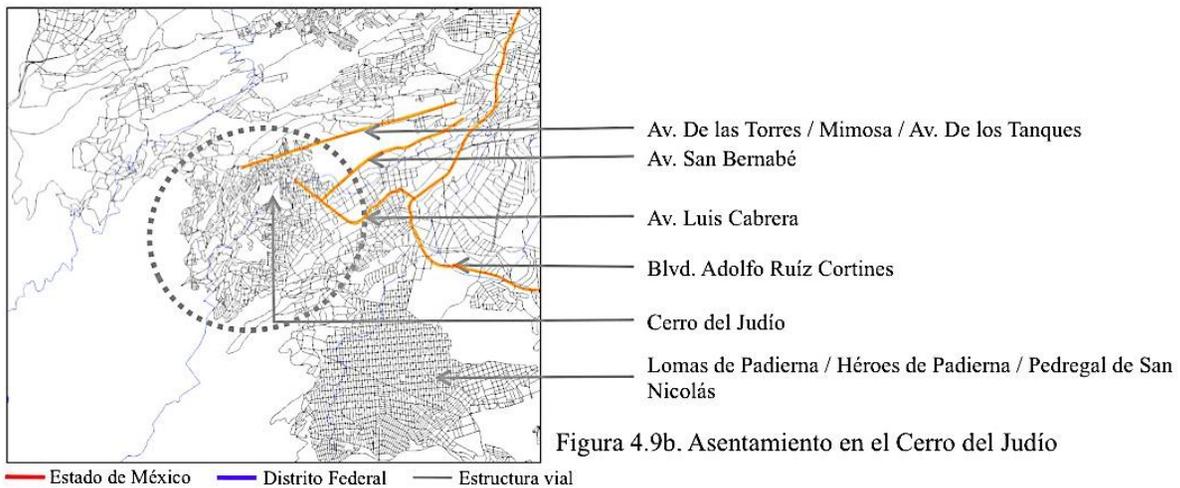


Figura 4.9b. Asentamiento en el Cerro del Judío

Fuente: Elaboración propia

Propiedades de la red vial

Para entender las características de accesibilidad de la ciudad de México es necesario revisar algunos valores propios de la red, tales como longitud de las líneas y su grado de conectividad, para después hacer un cálculo del tamaño de “frente de cuadra”. Estos valores permitirán ver cómo es que la ciudad se ha construido y confirmar lo señalado en la sección anterior.

Para los análisis de la red y de accesibilidad del AUCM se generó un mapa de líneas continuas a partir del mapa de ejes de calle de la cartografía vectorial de localidades urbanas

correspondiente a la Zona Metropolitana del Valle de México (INEGI, 2005), ajustándolo a la estructura urbana del año 2000⁸².

La decisión de emplear los ejes de calle y no generar un mapa axial propio se fundamenta en el estudio hecho por Turner (2007), el cual demuestra que, a partir de una normalización de los segmentos analizados, es posible tener una mejor correlación entre los valores de accesibilidad obtenidos y los flujos reales (especialmente los vehiculares) y por lo tanto, obtener un modelo de la ciudad más certero.

A pesar de que en la mayoría de los casos, las líneas continuas corresponden a las vialidades, en algunos casos, por cuestión del proceso de agregación del mapa puede diferir por lo que se ha decidido, para esta investigación, nombrarlas líneas y no calles.

Longitud de líneas continuas

Estudiar la longitud de las líneas que conforman la estructura vial de la ciudad de México permite observar una jerarquía: un número muy reducido de líneas muy largas que conectan a la ciudad desde el centro hacia la periferia (incluyendo las rutas hacia otras ciudades) y que están ocupadas por el transporte automotor principalmente, algunas de un tamaño medio y un gran número de líneas muy cortas (Desyllas, 1999; Figueiredo y Amorim, 2004; Salingaros, 2005).

El Mapa 5 muestra con una gradiente de colores⁸³, la longitud de las líneas, mientras que la Figura 4.10 muestra el histograma con la distribución de las líneas por su longitud. La mediana⁸⁴ de la longitud de las líneas del AUCM es de 160 metros, sin embargo la línea mas larga tiene 26.85 Km. De un total de 91,714 líneas, solamente 40 líneas tienen una longitud mayor a los 10 Km.⁸⁵, 165 tienen una longitud mayor a los 5 Km. pero menor a los 10 Km. y 4,962 líneas están dentro del rango de longitud de 1 a 5 Km. Al observar los cuartiles en la Figura 4.10 se puede ver

⁸² La descripción detallada de cómo se elaboró este mapa se encuentra en el Anexo A. Sin embargo, la principal corrección consistió en la eliminación de las polilíneas de las calles (el mapa original consta de 142,411 polilíneas) ya sea porque no están comprendidas dentro del AUCM o porque éstas fueron creadas después del año 2000. El número de polilíneas del AUCM es de 91,586.

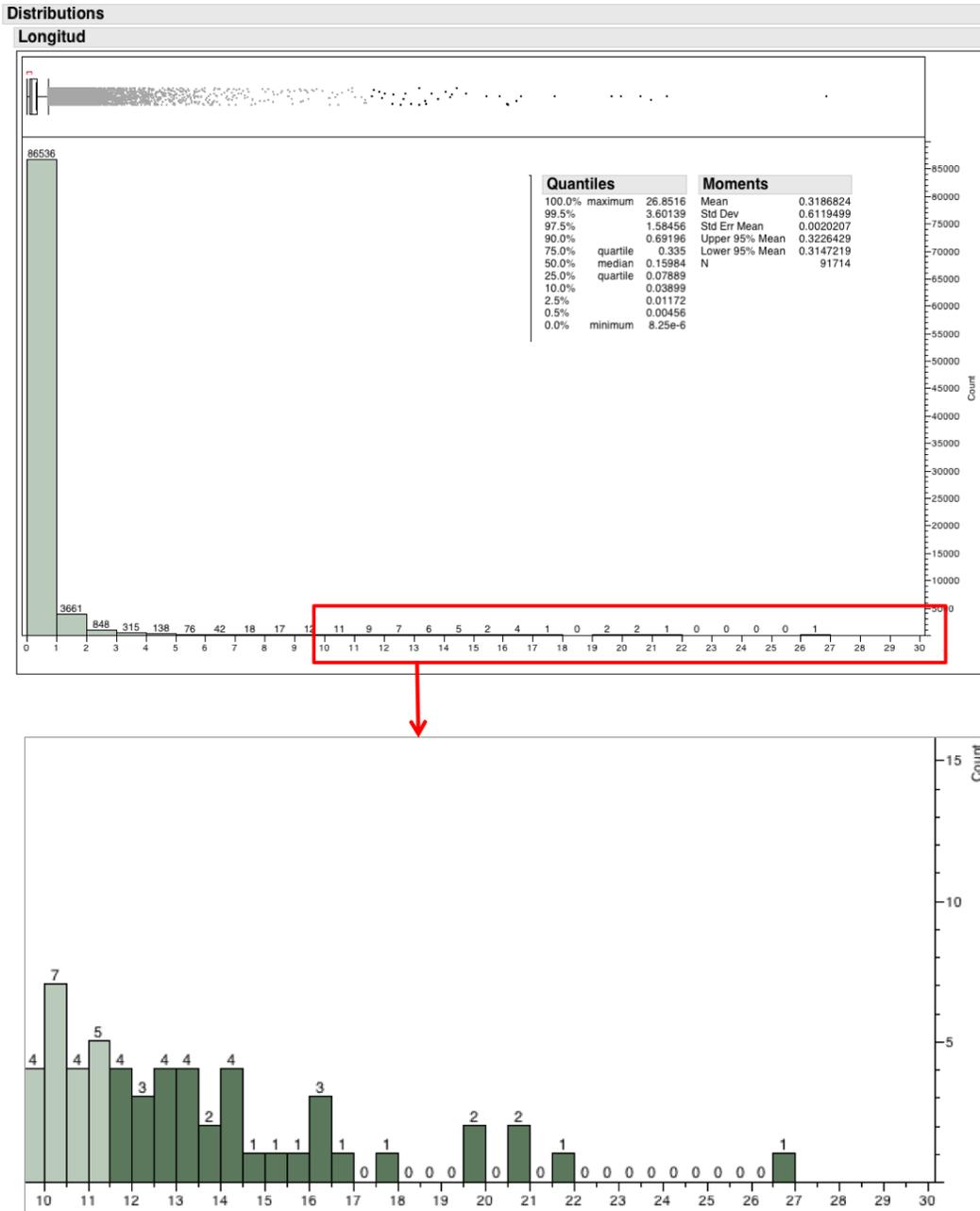
⁸³ La gradiente de colores esta dividida en 6 intervalos, siendo el color rojo el que representa el intervalo de líneas más largas, mientras que las líneas en el intervalo color azul marino son las de menor longitud.

⁸⁴ Debido a que la distribución de los datos no corresponde a una distribución normal es mejor no observar la media (o promedio), sino la mediana, ya que ésta ocupa el lugar central de todos los datos cuando están ordenados de menor a mayor, es decir, indica que la mitad de los datos se encuentran por debajo de este valor y la otra mitad por encima del mismo.

⁸⁵ En realidad son 51 líneas, sin embargo las 11 que no se contabilizaron corresponden a la red del metro (excepto la línea 4 cuya longitud es 8.77km.)

que la distancia máxima del tercer cuartil es 335 metros y que el 90% de las líneas tiene una longitud menor a un kilómetro (692 metros).

Figura 4.10. Distribución de las líneas del AUCM por su longitud.



En el histograma superior se muestra la distribución del total de líneas de la estructura, mientras que en la parte inferior se puede ver más a detalle la distribución de las líneas más largas. Las barras que están en color oscuro representan las 25 líneas más largas de la estructura vial más 10 líneas de la red del Metro. Nota: La longitud está medida en kilómetros. Fuente: Elaboración propia

Esta distribución confirma lo descrito en el análisis visual de la estructura vial: la ciudad de México es un acumulado de retículas conectadas entre ellas por vialidades de una longitud media (entre 3 y 5 km.), las cuales a su vez, se conectan por vialidades más largas (entre 5 y 10 km.). Al parecer, son las líneas menores a los 3 kilómetros las que dan unidad a la vida diaria de la ciudad, es decir, “contienen” las áreas que los habitantes identifican como “zonas de la ciudad” o barrios, lo cual también tiene sentido al compararse con los estándares de movilidad peatonal (Greene, 2003: 38.6) y con el hecho de que al caminar el área, una persona la conoce y se puede identificar con ella (Jacobs, 1964; Lynch, 1965; NCAT - Smart Growth, 2011).

Para poder corroborar estas últimas afirmaciones será necesario hacer el análisis de accesibilidad a escala local, lo cual permitirá identificar áreas con niveles altos de concentración de movimiento y en consecuencia, de actividad económica.

El hecho de que la ciudad tenga muy pocas líneas largas (639 líneas mayores a 3 kilómetros, lo que equivale al 0.7%)⁸⁶ podría parecer algo incongruente dado su tamaño, sin embargo en ciudades como Berlín (después de la reunificación) donde la longitud promedio de las líneas axiales era de 533 metros, el 95% de éstas estaba dentro del decil más bajo (entre 62 y 1,300 metros) y el 5% restante coincidía con los accesos carreteros y vialidades que conectan con el área central de la ciudad (Desyllas, 1999: 104). También resulta pertinente considerar la propuesta de Hillier respecto a la *rueda deformada*: las ciudades, sin importar su tamaño, forma o retícula, están conformadas por pocas líneas largas y muchas líneas cortas y mientras crecen, la proporción de las líneas largas en relación con el total de líneas es menor, pero éstas son más largas y van desde el centro (o cerca de este) hacia la periferia.

Esta característica permite pensar en dos cosas: 1) el alto nivel jerárquico que tienen éstas dentro de toda la estructura urbana y 2) la existencia de muy pocas opciones para los habitantes de moverse a lo largo de la metrópoli, por lo que su demanda será muy elevada con las consecuencias propias de esto: altos niveles de congestión, velocidad de desplazamiento muy baja, entre otras.

Por otra parte y antes de iniciar la comparación entre el mapa de líneas continuas y la red vial actual de la ciudad de México, es necesario observar el propósito de las vialidades y su situación en el año 2000.

⁸⁶ En el caso de Berlín,

La estructura vial del AUCM esta compuesta por diferentes tipos de arterias, de acuerdo a sus características constructivas y de funcionamiento: la red vial primaria, la vialidad secundaria, la terciaria o local y las vías o zonas peatonales (Gobierno del Distrito Federal, 2002; Secretaría de Obras y Servicios, Gobierno del Distrito Federal, 2008).

La red vial primaria, que en esta investigación se le denominará vialidad primaria, tiene como propósito posibilitar un amplio volumen de tránsito vehicular (por su continuidad y sección transversal), comunicar altas demandas de viajes a puntos específicos de la ciudad, otorgar amplia conectividad a la ciudad al tránsito urbano de largo recorrido y satisfacer la demanda de viajes que tienen como origen o destino el centro de la ciudad, por lo que sería de esperarse que éstas fueran líneas largas que atraviesan la ciudad. Dentro de esta red existe la siguiente clasificación: las vías de acceso controlado (que se subdividen en tres: las vías anulares, los viaductos, las vías radiales), los ejes viales y las vías principales. De acuerdo a datos del Distrito Federal, de los 10,182 Km. de la red vial, la vialidad primaria cubría solo el 9% (Gobierno del Distrito Federal, 2000: 153).

La longitud total de la red vial del AUCM, empleando el mapa de líneas continuas, es de 29,024 Km. siendo solamente 1,310 Km. de vialidades primarias (4.5%) y 27,714 Km. de vialidades secundarias (95.5%).

La vialidad secundaria esta compuesta por vías que enlazan a los diferentes centros urbanos con la red vial primaria. Las autoridades estiman que esta red tiene 9,287 Km. de longitud (Gobierno del Distrito Federal, 2010: 35). Algunas de las problemáticas que presenta esta red son: “falta de continuidad, sección transversal insuficiente, reducción de la capacidad por el estacionamiento indiscriminado, intersecciones conflictivas o sin semáforos, topes excesivos y mal diseñados, mal estado del pavimento, maniobras de carga y descarga de mercancías del pequeño comercio, sin horario establecido, cierre de calles con plumas o rejas e insuficiencia de señalamiento” (Gobierno del Distrito Federal, 2002: 18).

Las vías terciarias o locales son vías no continuas, que facilitan la movilidad dentro las zonas habitacionales o predios particulares y su estructura no esta diseñada para recibir tránsito intenso y pesado. Finalmente, las vías o zonas peatonales son vías diseñadas para la circulación exclusiva de las personas.

Comparando el mapa de líneas continuas con la vialidad primaria, particularmente con las líneas mayores a 3 kilómetros de largo (Mapa 6) podemos destacar algunas cosas:

- En coincidencia con la planeación de la ciudad, algunas de las líneas largas son también vías primarias de la ciudad y por lo tanto, tienen un carácter metropolitano y no solo local, siendo entonces una de sus funciones el de atravesar la ciudad (Delgado et al., 2003: 58). Sin embargo existe un gran número de líneas largas que no son consideradas primarias seguramente por sus características físicas (como el ancho de calle), pero que parecen tener un rol importante en la estructura vial: sirven de conectores entre áreas locales con toda la estructura vial metropolitana.
- De las diez vías de acceso controlado existentes⁸⁷, Av. Río San Joaquín no aparece en los intervalos más altos de las líneas; del Anillo Periférico y el Circuito Interior aparecen secciones o tramos; en el primer caso se debe a que el mapa de líneas continuas no hizo la agregación correspondiente y por lo tanto, se analizó como diferentes líneas, mientras que en el segundo y tercer caso también se debe a la forma en que se construyó el mapa base⁸⁸. De las otras 9 vías, solamente tres son mayores a 12 kilómetros: el Circuito Interior (en el segmento que se identifica con el ID 10 en el Cuadro 4.1 y Mapa 7), el tramo del Anillo Periférico desde la Autopista México Querétaro hasta la calle Ferrocarril de Cuernavaca (el modelo los agregó en dos entidades distintas e identificó con los ID 11 y 16) y la Calzada Ignacio Zaragoza (ID 18). Las otras seis vialidades están dentro del intervalo de los 5 a 10 kilómetros de largo (tercer intervalo en el Mapa 8).
- Vialidades primarias de mucha importancia para la ciudad de México, como Av. Insurgentes (cuya extensión total es de 28.8 Km.) y Paseo de la Reforma (de 12 Km. de largo) también están segmentadas por la presencia de las grandes glorietas que están en su trazo, las cuales “interrumpen” la continuidad de las líneas, por lo que no aparecen dentro de los intervalos más altos en su totalidad sin embargo, la mayoría de los segmentos aparecen dentro de los intervalos mas altos.

⁸⁷ Las vías de acceso controlado son “vialidades que satisfacen la demanda de movilidad continua de grandes volúmenes de tránsito vehicular, cuentan con accesos y salidas a los carriles centrales en lugares precisos y son consideradas como la columna vertebral de la red vial” (Secretaría de Obras y Servicios, Gobierno del Distrito Federal, 2008: 3). En el Distrito Federal son: Anillo Periférico, Circuito Interior, Viaducto Miguel Alemán, Viaducto Río Becerra, Viaducto Tlalpan, Calz. Ignacio Zaragoza, Av. Aquiles Serdán, Av. Río San Joaquín, Av. Gran Canal y Calz. De Tlalpan (ibid.: 5).

⁸⁸ Existen dos situaciones en el mapa base, respecto a cómo está construido: 1) hay segmentos muy pequeños que cambian su dirección con un ángulo mayor al sugerido por Figueiredo (2004) y por lo tanto, *Mindwalk* interrumpió la agregación; 2) existe entre los segmentos del eje de calle una interrupción no visible, lo cual interrumpió la agregación.

- La red de líneas continuas cuya longitud es mayor a los 3 Km. tiene una longitud de 3,484 Km., siendo 2.7 veces mas que la red de vialidades primarias del AUCM.

Reconociendo las 35 líneas mas largas del AUCM⁸⁹ (ver Cuadro 4.1 y Mapa 8), es posible observar que: 15 de las líneas están en los municipios del Estado de México, 6 dentro del Distrito Federal y 4 líneas en las dos entidades, además de las 10 líneas de la red del Metro, de las cuales solamente dos se adentran al Estado de México; 6 líneas son parte de carreteras que han sido absorbidas por la mancha urbana (cinco en el Estado de México y una en el sur del Distrito Federal) y 7 son parte de autopistas que conectan la ciudad con Querétaro, Pachuca, Texcoco y Puebla, lo cual refleja el crecimiento acelerado y poco planeado que tuvo la mancha urbana entre los años 1950 y 1980, dependiente de la infraestructura (principalmente carretera) ya construida (Delgado et al., 2003: 60; Ward, 2004: 110).

Se podría sugerir a partir de las observaciones hechas en esta sección, que una manera de determinar si una vialidad tiene el potencial para ser denominada como primaria es a partir de su longitud, por ser uno de los principales criterios para que las autoridades las denominen como tales. Además de este criterio, será necesario analizar el grado de conectividad de cada línea para cumplir con tres de los cuatro criterios enunciados anteriormente. A partir de esto, sería posible organizar una red vial mas conectada y ordenada respecto a las características físicas de la ciudad y probablemente, a las demandas de viajes de los habitantes, solucionando los problemas de discontinuidad y fragmentación que se mencionaron anteriormente.

⁸⁹ Generalmente se seleccionan las 25 líneas mas importantes de cada medición, pero en este caso 10 de las líneas mas largas son líneas de la red del Metro, por lo que se tomó la decisión de ampliar la selección a 35.

Cuadro 4.1. Las 35 líneas más largas de la Ciudad de México

ID	Calle (Nomenclatura)	Longitud (km)	Dirección
0	Av. Acueducto (a partir de la intersección con Av. Tláhuac en la Delegación Tláhuac) – F.C. San Rafael Atlixco – Calz. Tláhuac Chalco – Carr. a Tláhuac – Vicente Guerrero (en el municipio de Chalco)	26.85	Oriente - Poniente
1	Carr. México – Pirámides – Av. Teotihuacan – Autopista México Teotihuacán o Pirámides [Mpos. De Ecatepec, Acolman y Teotihuacán]	21.52	Oriente - Poniente
2	Autopista México Querétaro – Autopista Chamapa Lechería [Mpos. De Tepozotlán y Cuautitlán Izcalli]	20.97	Norte – Sur
91641	L3	20.63	
91696	LB	19.98	
91627	L2	19.66	
3	Autopista México Pachuca [Mpos. De Tecámac y Ecatepec]	17.74	Norte – Sur
91664	L7	16.60	
91670	L8	16.45	
91608	L1	16.18	
4	Carretera Federal México Pachuca – Héroes de Nacozari (municipio de Tecámac) – Guadalupe Victoria – Av. Nacional [Mpo. De Tecamac]	16.16	Norte - Sur
22	Av. Central (Municipio de Ecatepec) – Av. Carlos Hank González – Carr. Fed. 57 [Mpos. De Ecatepec]	15.90	Norte - Sur
5	Av. México Pachuca – Vía José María Morelos – Carr. México Laredo [Mpos. De Ecatepec]	15.45	Norte - Sur
6	Vía Tapo Express – Av. Bordo de Xochiaca – Av. Lázaro Cárdenas [Mpo. De Nezahualcóyotl y Del. V. Carranza]	14.77	Oriente - Poniente
7	Vía José López Portillo (casi con la intersección con Av. Miguel Hidalgo) – Av. De las Alamedas [Mpos. De Tultitlán y Coacalco]	14.44	Oriente - Poniente
91681	LA	14.31	
8	Av. México Pachuca – Vía José María Morelos – Carr. México Laredo [Mpo. De Ecatepec]	14.23	Norte - Sur
9	Carretera a Teoloyucan – 20 de Noviembre – Av. 16 de Septiembre – Carr. Cuautitlán México – Av. La Quebrada – Av. Del Parque [Mpos. De Cuatitlán Izcalli, Cuatitlán y Tultitlán]	14.07	Norte - Sur
10	Circuito Interior: Av. Río Consulado * – Paseo de las Jacarandas – Av. Instituto Técnico Industrial – Calz. Melchor Ocampo – Av. José Vasconcelos – Arq. Carlos Lazo [Delegs. G.A. Madero, Azcapotzalco, M. Hidalgo y Cuauhtémoc]	13.84	Norte – Sur y Oriente – Poniente (*)
11	Autopista México Querétaro – Blvd. Manuel A. Camacho (Periférico) – Circuito Educadores (Cd. Satélite) [Mpos. De Cuautitlán Izcalli y Tlalnepantla de Baz]	13.60	Norte – Sur
12	Av. Cuauhtémoc - Carretera a Oaxtepec [Delegs. Xochimilco y Milpa Alta]	13.42	Norte – Sur
91655	L5	13.37	
13	Eje 8 Sur, Calz. Ermita Iztapala (desde Eje 3 Oriente hasta Calz. Ignacio Zaragoza) [Del. Iztapalapa]	13.18	Oriente - Poniente
27	Autopista Peñón Texcoco [Mpo. De Texcoco]	13.18	Oriente - Poniente
14	Av. Morelos – Av. 16 de Septiembre – Calz. San Bartolo Naucalpan – Calz. México Tacuba – Av. Ribera San Cosme – Puente de Alvarado – Av. Hidalgo (hasta República de Argentina) [Delegs. M. Hidalgo y Cuauhtémoc]	12.92	Oriente - Poniente
15	Eje 8 Sur, Calz. Ermita Iztapala (desde Eje 3 Oriente hasta Calz. Ignacio Zaragoza) [Del. Iztapalapa]	12.71	Oriente - Poniente
16	Bldv. Manuel Ávila Camacho (área de Ciudad Satélite) – F.C. de Cuernavaca [Mpo. De Naucalpan de Juárez y Del. M. Hidalgo]	12.68	Norte – Sur
17	Calle Pipila - Autopista México Puebla [Mpos. De Valle de Chalco Solidaridad y Chalco]	12.59	Oriente - Poniente
91672	L9	12.31	
91705	LTL	12.29	
18	Calz. Ignacio Zaragoza [Delegs. V. Carranza, Iztacalco e Iztapalapa]	12.04	Oriente - Poniente
19	Av. Cuahutémoc - Carr. México Puebla [Mpo. De Ixtapaluca]	11.95	Oriente - Poniente
20	Carr. México Pachuca (cruce Carr. Lechería - Texcoco) - Aut. México Pachuca [Mpo. De Ecatepec]	11.84	Norte – Sur
21	Av. Miguel Hidalgo – Av. De las Granjas – Eje 3 Norte Av. Cuicahuac – Calz. Gral. Mariano Escobedo [Mpo. De Tlalnepantla de Baz y Delegs. Azcapotzalco y M. Hidalgo]	11.67	Norte - Sur
91657	L6	11.60	
23	Carr. México Lechería – Carr. a Texcoco Lechería – Carr. Lechería Los Reyes [Mpos. De Tezoyuca, Atenco y Texcoco]	11.40	Norte - Sur

La nomenclatura de las líneas corresponde a la asignada por la cartografía vectorial del INEGI (2002a; 2002b) y se nombran en este Cuadro a partir del norte si su dirección es norte – sur y del poniente si su dirección es oriente – poniente. La longitud que se indica en cada línea del cuadro corresponde a la calculada por el Sistema de Información Geográfica (SIG) empleado después de haberse realizado la agregación de líneas con Mindwalk (Figueiredo, 2005), para mas detalles respecto a esto ver el Anexo 1. Las líneas cuyas celdas están sombreadas en gris son líneas de la red del Metro y en la nomenclatura se indica la línea que corresponde. Fuente: Elaboración propia

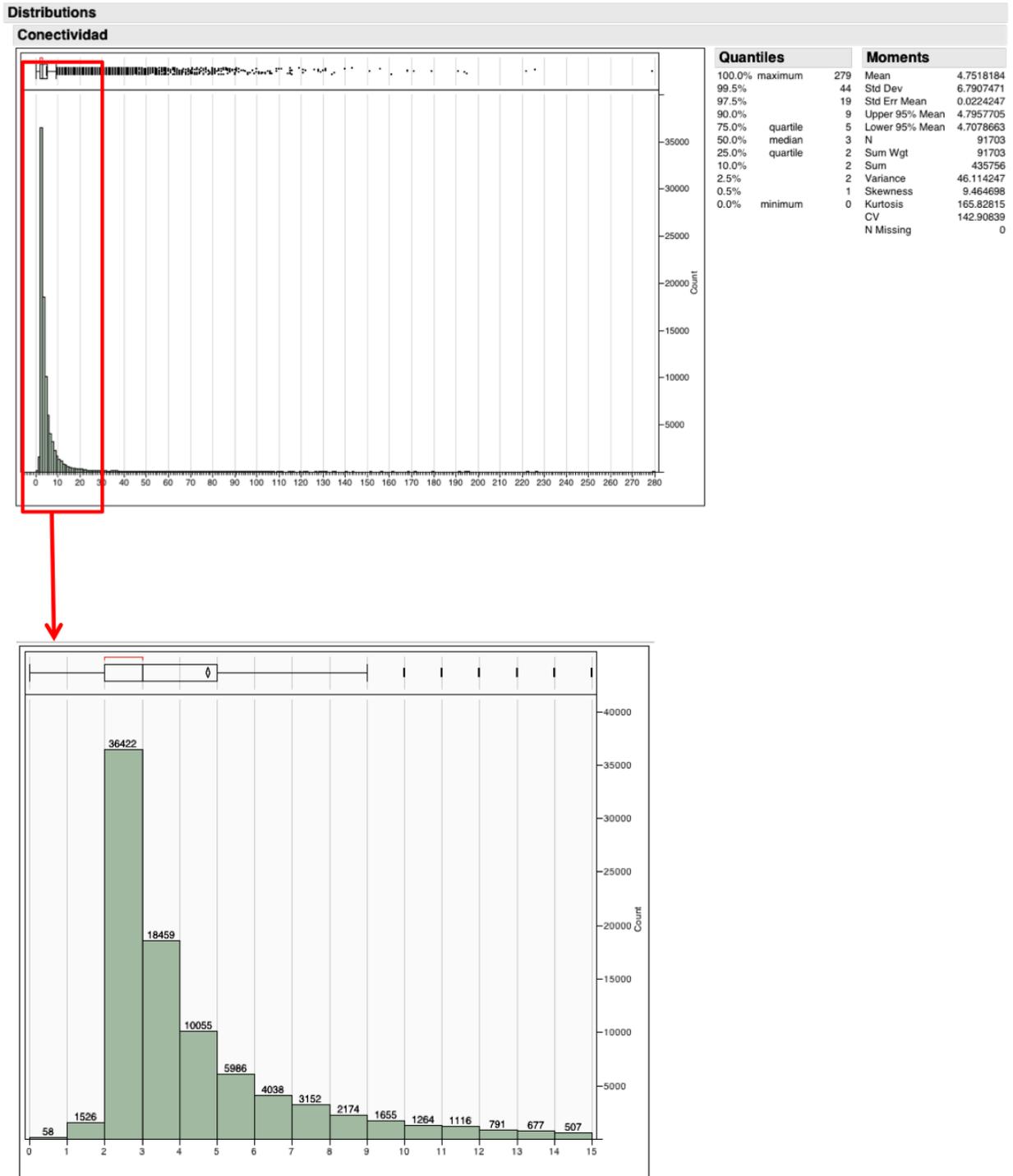
Conectividad

Según Dupuy y Alexander (en Salingeros, 2005: 148) la vida de una ciudad depende del tipo y número de conexiones entre los diferentes espacios dentro de la ciudad, lo que facilita la interacción entre individuos. Es por eso que para que una ciudad funcione de una manera adecuada es necesario que existan diferentes “rutas” de conexión entre diferentes nodos de la red, ya que de no ser así se corre el peligro que la única ruta se sature e incluso colapse (ibid: 23).

La conectividad de una línea se determina a partir del número de líneas que se intersectan directamente con ésta. Mientras que la longitud de línea es una propiedad independiente de cada una de éstas, la conectividad es una propiedad que muestra la manera en que ésta se relaciona con otras y con toda la red.

El Mapa 8 y la Figura 4.11 muestran la conectividad de la estructura vial de la ciudad de México. En el mapa, la conectividad se clasificó en 6 intervalos y se les asignó un color que permitiera diferenciarlos fácilmente en el mapa: intervalo de 1 a 10 conexiones, color azul oscuro; intervalo de 10 a 50 color cyan; intervalo de 50 a 75 color verde; intervalo de 75 a 100, color amarillo; intervalo de 100 a 126, color naranja; e intervalo de 126 a 280, color rojo.

Figura 4.11. Distribución de las líneas del AUCM por su conectividad.



Fuente: Elaboración propia

Lo primero que podemos observar es que la ciudad esta construida a partir de muchas calles con pocas conexiones (el 90% de las líneas tiene menos de 9 conexiones) y muy pocas líneas con muchas conexiones (59 líneas con 100 o más conexiones).

El recuadro inferior de la Figura 4.11 muestra con mayor detalle el primer intervalo (entre 1 y 10 conexiones), con el fin de poder entender cómo es que la ciudad se ha construido. Los intervalos que destacan en esta ocasión son tres: 36,422 líneas con 2 conexiones (aproximadamente el 40% del total de las líneas de la red), 3 conexiones (equivalente a la mediana) con 18,459 (20% del total de la red) y entre 5 y 10 conexiones con 17,005 (18.5% de todas las líneas).

La línea con mayor número de conexiones corresponde a Av. Chimalhaucán en Ciudad Neza (Municipio de Nezahualcóyotl) con 279, y 14 de las 25 líneas más conectadas (en color rojo) están localizadas en los municipios de Ecatepec y Nezahualcóyotl principalmente, lo cual coincide con la observación hecha respecto a la densidad de calles en esas entidades; además solamente 4 de estas 25 corren en dirección Norte – Sur, lo cual podría sugerir que la estructura urbana tiende a intensificarse en la otra dirección: oriente - poniente. En el Distrito Federal están 11 de las líneas más conectadas, de las cuales 6 son ejes viales, lo cual habla de la relevancia que tienen para la estructura vial sin embargo y como se mencionó anteriormente, todos son dirección oriente – poniente.

Respecto a las vialidades mas importantes de la ciudad podemos diferenciar dos tipos para ver su grado de conectividad e importancia en la Ciudad de México: los accesos a la ciudad y las vialidades primarias sin embargo, en ambos casos se presenta la posibilidad de volverse las únicas rutas para conectarse con otras zonas de la ciudad, y por lo tanto estar saturadas la mayor parte del tiempo.

En el primer caso, de las cinco autopistas que sirven de acceso al AUCM, tres aparecen con niveles altos de conectividad: la Autopista México Pachuca (al noreste del AUCM), la Autopista México Querétaro (al noroeste) y al sureste la Autopista México Puebla, lo cual puede ser atribuible a las características físicas de éstas: las tres básicamente son líneas muy largas, además del hecho que la gran parte de la expansión urbana (hasta ese momento) se dio a lo largo de estas vialidades.

En el caso de las vialidades primarias, como se mencionó en la sección anterior, la mayoría de éstas aparecen seccionadas, por lo que el número de conexiones varía mucho, pero la mayoría

se encuentra en los intervalos 4 y 5 (de 50 – 75 y de 10 - 50 respectivamente), sin embargo destaca el tramo de Circuito Interior (ID 10) como la segunda línea mas conectada de la ciudad. De las líneas que aparecen dentro del segundo intervalo (entre 100 y 126 conexiones) sobresalen: la Calzada I. Zaragoza (ID 18), el Anillo Periférico en su tramo desde la Autopista México Querétaro hasta Ciudad Satélite (ID 11); el tramo de Circuito Interior (ID 171) desde el Eje 3 Oriente hasta casi la Calz. I. Zaragoza; la Avenida de los Insurgentes (ID 83) desde Viaducto M. Alemán hasta Eje 10 Sur; el Eje 8 Sur (ID 109) desde Av. Insurgentes hasta el Eje 2 Oriente; la Calle Simón Bolívar (ID 62) en su totalidad; y finalmente un tramo de la Av. José López Portillo (ID 7) en los municipios de Tultitlán y Coacalco del Estado de México.

En otras vialidades primarias también segmentadas, como Av. Paseo de la Reforma y Av. de los Insurgentes, depende del segmento observado el número de conexiones que éste tenga, pero en general están todos los tramos dentro de los dos últimos intervalos, es decir, tienen entre 1 y 50 conexiones por segmento.

Además, se examinó la posibilidad de alguna relación entre el grado de conectividad y la longitud de las líneas, para lo que se hicieron algunos cálculos sencillos. En el Cuadro 4.2 se puede observar que, respecto al número de líneas, las de 2 y 3 conexiones son las de mayor número, aproximadamente el 60% (54,527) del total de las líneas (91,224), por lo que podemos volver a hablar de una estructura muy poco conectada, lo cual dificulta la movilidad de los habitantes porque para llegar de un lugar a otro (incluso a nivel barrial) será necesario cambiar continuamente de dirección.

Por otra parte, observando la cuarta columna del Cuadro 4.2 (longitud máxima), observamos que la longitud máxima de las líneas con 1, 2 y 3 conexiones es menor de 3 kilómetros (aproximadamente), lo cual nos habla de que posiblemente tengan un carácter barrial (del que se hizo referencia en la sección anterior) pero mal conectado. La última columna del mismo cuadro muestra que las líneas con menos de 10 conexiones son también, en promedio, menor a los 500 metros de largo, mientras que aquellas líneas que tiene 10 o más conexiones son superiores a 1 kilómetro de largo. A partir de ambas observaciones (longitud máxima y media), podemos reafirmar el hecho de que la ciudad de México es una ciudad con una estructura discontinua y fragmentada, es decir que esta compuesta por pequeñas redes que se unen a partir de líneas largas (las mayores de 3 kilómetros).

Cuadro 4.2 Relación entre conectividad y longitud de las líneas

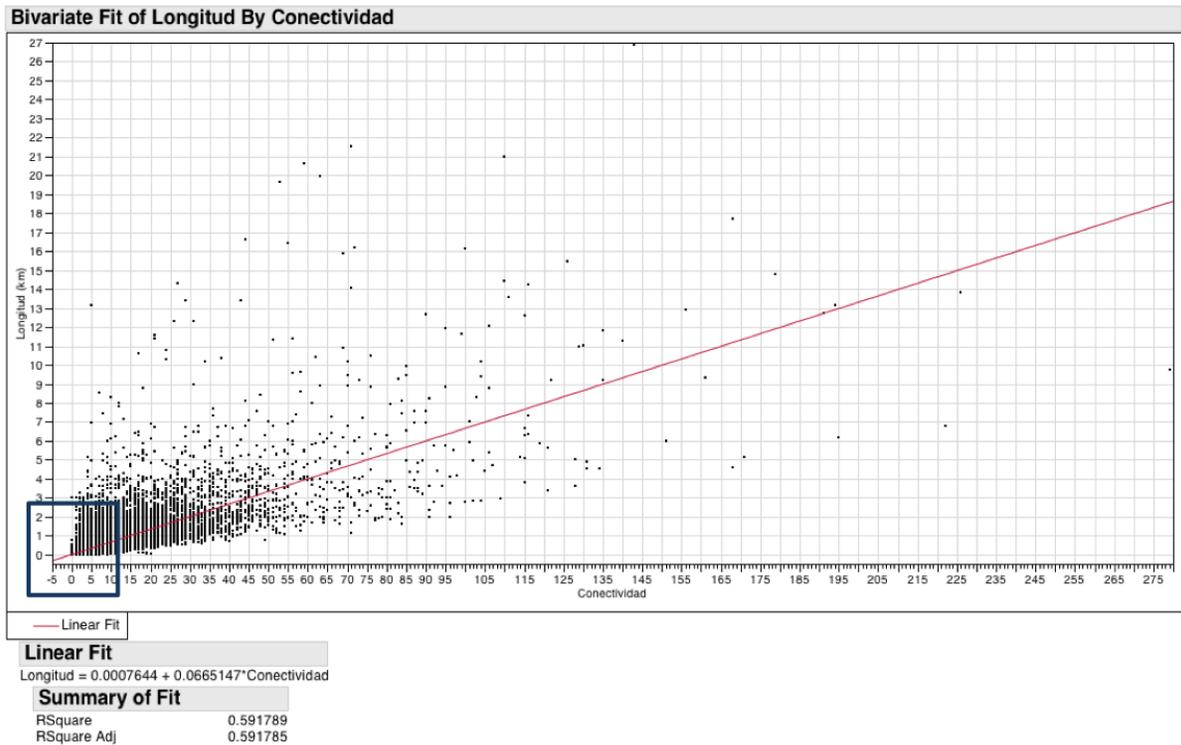
Conexiones	Número de líneas	Longitud Mín (km)*	Longitud Max (km)	Media de longitud (km)
1	1,498	0.005 (a)	3.001	0.149
2	36,150	0.005 (b)	3.246	0.113
3	18,337	0.005 (c)	3.034	0.182
4	10,049	0.005 (d)	5.165	0.272
5 a 10	17,001	0.005 (e)	13.184	0.453
10 a 50	7,833	0.054	16.599	1.190
50 a 75	218	1.087	21.516	4.279
75 a 100	79	1.602	12.678	4.727
100 a 126	33	2.809	20.974	11.364
126 a 280	26	3.645	26.852	5.112

* La líneas con menor longitud a 5 metros no fueron consideradas, ya que éstas generalmente representan camellones o alguna otra parte del equipamiento urbano que no es un lote habitable. En total se descartaron 432 líneas, la distribución de éstas es: (a) 28 líneas, (b) 272 líneas, (c) 122 líneas, (d) 6 líneas y (e) 4 líneas. Fuente: Elaboración propia

Para ver mas a detalle si hay una correlación entre conectividad y longitud se graficaron éstos en un diagrama de dispersión (Figura 4.12). Lo primero que se observó fue que el número de las líneas con 10 o menos conexiones (por ser donde hay la mayor concentración de líneas) cuya longitud es menor a los 2.5 kilómetros representan el 91% (82,948) del total de líneas que conforman la estructura vial de la ciudad de México. Este resultado se confirma observando el valor del coeficiente de correlación entre la conectividad y la longitud de las líneas ($R^2= 0.5918$), y precisa lo que se ha venido diciendo de la ciudad desde el análisis visual de la ciudad: la ciudad esta compuesta por muchas retículas de diferentes tamaños, pero ahora sabemos que en su mayoría son retículas con líneas cortas (menores a 2.5 kilómetros) y con un grado de conectividad muy bajo⁹⁰. Así se demuestra que la ciudad de México esta construida en una red fragmentada y discontinua, donde cada zona creció y se consolidó, de manera planeada o informal, independientemente de sus vecinos (Delgado et al., 2003: 60), lo cual nos habla de cierta “fragilidad” de la red, ya que al no haber cierto grado de redundancia, es posible que las principales líneas de conexión (como lo son en este caso las vialidades primarias) se saturen de vehículos y colapsen, además que esto puede producir que ciertas formas de transporte (especialmente el no motorizado) se eliminen (Salingaros, 2005: 23).

⁹⁰ Mientras mayor es el número de conexiones, menor el número de líneas, por ejemplo, las líneas con 2 conexiones son 36,417, la que tienen 5 conexiones son 5,977 y con 9 conexiones solamente son 1,638.

Figura 4.12. Conectividad de la red vial de la Ciudad de México



El recuadro señala las líneas con 10 o menos conexiones cuya longitud es menor a los 2.5 kilómetros. Fuente: Elaboración propia

El Metro merece una mención especial no por el número de conexiones que pueda tener cada línea (éstas se encuentran en el cuarto y quinto intervalo de conectividad -Cuadro 4.3-), sino por cómo funciona en la escala metropolitana.

Cuadro 4.3. La conectividad de la red del Metro

Línea	Número de conexiones	Longitud (km)
1	72	16.184
2	53	19.663
3	59	20.626
4	18	8.773
5	29	13.372
6	21	11.597
7	44	16.599
8	55	16.448
9	31	12.313
A	27	14.306
B	63	19.979
TL	26	12.290

El número de conexiones no corresponde al número de estaciones que cada línea tiene, sino corresponde al acumulado de número de accesos a cada estación (por ejemplo, en la línea 2 en las estaciones que están localizadas a lo largo de la Calz. De Tlalpan, cada una tiene dos accesos) y a las correspondencias (o conexiones) con otras líneas. Fuente: Elaboración propia

Por un lado, al utilizar la red, el usuario no “percibe” las estaciones intermedias a su destino, como conexiones, sino entiende el viaje como uno solo desde su origen hasta que llega a la estación destino, es decir solo hubo una conexión; en caso de tener que hacer una transferencia entre líneas, la estación de transferencia es entendida como una conexión, por lo que el número de conexiones en su mente son 2 (o más en el caso de que tenga que cambiar mas de una vez de línea): la estación de transferencia y la estación destino. Es así como la distancia real “se elimina” de la percepción del usuario, por lo que un viaje puede ser corto o largo en términos reales, pero en términos de conexiones en la red será solamente de una o dos conexiones⁹¹.

Por el otro lado, cada estación se tiene que entender como un centro de transferencia modal (aún cuando no este diseñado como tal) ya que permite que los usuarios puedan conectarse con otras partes de la ciudad que carecen de un acceso directo o cercano a la red del Metro⁹², ya que un porcentaje elevado de los viajes metropolitanos se llevan a cabo utilizando dos o mas modos

⁹¹ Esto se acentúa aún mas por el hecho de que no existe un costo adicional por hacer las transferencias entre líneas, a excepción de la Línea A con las otras tres correspondencias en la estación Pantitlán y el Tren Ligero en su correspondencia con la línea 2 en la estación Taxqueña.

⁹² La conexión sucede de varias maneras: una es a partir de paradas (formales e informales) del transporte colectivo, autobuses de ruta o taxis en o muy cerca de los accesos a las estaciones; otra es con las “bases” o “sitios” (de transporte colectivo y taxis respectivamente) adyacentes a las estaciones; una tercera es en espacios inmediatos a las estaciones, diseñados y construidos para facilitar el transbordo de un modo a otro conocidos como CETRAM (Centro de Transferencia Modal), los cuales son las terminales de ruta del transporte colectivo o autobuses

de transporte, de los cuales generalmente uno de ellos es el Metro (Eibenschutz Hartman et al., 2006: 104).

Longitud de “frente de cuadra”

La longitud de las cuadras tiene una relación directa tanto con los usos de suelo como con los patrones de movimiento en las ciudades, e incluso al valor del suelo (como se vio en el Capítulo I de esta investigación). Es así que por ejemplo, para poder desarrollar sus actividades la industria ocupa grandes áreas del territorio cercana a cierta infraestructura vial (necesaria para proveer y distribuir sus productos), por lo que generalmente se ubican, de manera individual o dentro de parques industriales, cerca de la periferia de las ciudades. Otro ejemplo de cuadras grandes son los grandes conjuntos habitacionales cerrados (de cualquier nivel socioeconómico)⁹³.

En el estudio realizado por Siksná (1997) se identificaron tres longitudes de frente de cuadra (para ciudades australianas y americanas) que están fuertemente ligadas al tipo de movimiento y usos de suelo e incluso con cambios en la traza urbana (Cuadro 4.4). Las áreas con cuadras pequeñas (entre 60 y 70 metros de frente) tienden a presentar elevados niveles de movimiento peatonal dentro de redes de circulación muy finas, que por su alto número de conexiones, es posible cambiar de dirección más seguido, cuestión que es generalmente aprovechada por el comercio; además tienden a permanecer casi sin alteraciones (adiciones de pasajes, calles o callejones). Las áreas con “frentes de cuadra” entre 80 y 100 metros (red secundaria) también presentan niveles elevados de movimiento, pero en esta ocasión de los dos tipos: vehicular y peatonal. Las cuadras con frentes mayores a los 200 metros no son aptas para el movimiento peatonal, por lo que tienden a ser modificadas (añadiendo pequeñas calles intermedias) a lo largo del tiempo.

⁹³ Para poder obtener el máximo de las ganancias, los desarrolladores inmobiliarios compran el suelo a un precio muy bajo, el cual generalmente se encuentra en la periferia de la ciudad.

Cuadro 4.4. Relación entre longitud de “frente de cuadra”, tipo de flujos predominantes y su tendencia a ser modificado

Longitud de “frente de cuadra” (m)	Tipo de flujo predominante	Tendencia al cambio
60 – 100	Peatonal	No
100 - 200	Peatonal y Vehicular	No
Mayor a 200	Vehicular	Sí

Fuente: *Elaboración propia a partir de Siksna (1997)*

Respecto al área ocupada por cada cuadra, observó que las cuadras pequeñas o medianas (entre 3,600 y 20,000 m²) tienden a funcionar mejor en los centros de las ciudades estudiadas, mientras que las cuadras grandes (mayores a los veinte mil metros cuadrados) se modificarán con el paso del tiempo para llegar al tamaño óptimo para la zona

También observó que la forma de las cuadras optimiza el área ocupada por predios o por circulación (o calles): la cuadras rectangulares tienen más área de desplante y menos área de circulación, mientras que las cuadras cuadradas tienden a equilibrar entre el área ocupada y la de circulación.

En lo que respecta a la ciudad de México, a lo largo del tiempo se ha buscado conservar su traza colonial basada en la Cédula Real de Felipe II, la cual determinaba la localización de los principales edificios (iglesia, ayuntamiento y mercado) alrededor de la plaza principal con una traza ortogonal. No obstante su desarrollo ha sido a lo largo de las principales vialidades o carreteras que la comunican con otras ciudades (Cuernavaca, Pachuca, Puebla, Querétaro y Toluca). Una característica del crecimiento de la ciudad es que, aún cuando hay variaciones de tamaño, densidad y tipos de usos de suelo, su trazo es en su mayoría ortogonal y considerando las vialidades principales más cercanas para alinearse y organizar su traza (Cymet en Ortiz Chao, 2008: 3).

Un cálculo sencillo que nos puede dar una idea cercana a los reales “frente de cuadra” es la relación entre la longitud de las líneas y la conectividad de cada línea.

Para esta investigación, el cálculo se hizo empleando la siguiente ecuación:

$$F = \frac{L}{C-1} \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

donde F es el frente de cuadra, L la longitud de la línea y C es el número de conexiones de cada línea. En caso de que $C=1$ se considerará solamente la longitud de la línea (Desyllas, 1999).

El mapa con las diferentes longitudes de “frentes de cuadra” (Mapa 9) emplea una gradiente de colores similar al de la longitud de las líneas, pero en este caso los colores cálidos (rojo, naranja y amarillo) representan los intervalos con los “frentes de cuadra” mas pequeños, mientras que los intervalos con colores fríos (azules) son aquellos que tienen los “frentes de cuadra” mas largos. A simple vista, se puede observar la ciudad de México en tonos amarillo y verde, lo que significa que la mayoría de los “frentes de cuadra” miden entre 25 y 100 metros.

La Figura 4.13 muestra el histograma con la distribución de frecuencias de los “frente de cuadra”. Corroborando lo observado en el Mapa 10, el tamaño de la mayoría de las cuadras es pequeño (entre 20 y 100 metros), siendo la mediana de 76 metros, lo cual nos habla de manzanas relativamente pequeñas, idea que se refuerza al observar que el 90% de los “frentes de cuadra” son menores a los 186 metros.

Por el otro lado, las cuadras de mayores dimensiones (mayores a 300 metros y menores a un kilómetro, en color azul claro) están localizados en la periferia del AUCM⁹⁴; las líneas donde los frentes de cuadra son mayores a un kilómetro (que son menos del 0.5% del total de líneas) son las carreteras que unen los diferentes poblados o a la ciudad con otras ciudades.

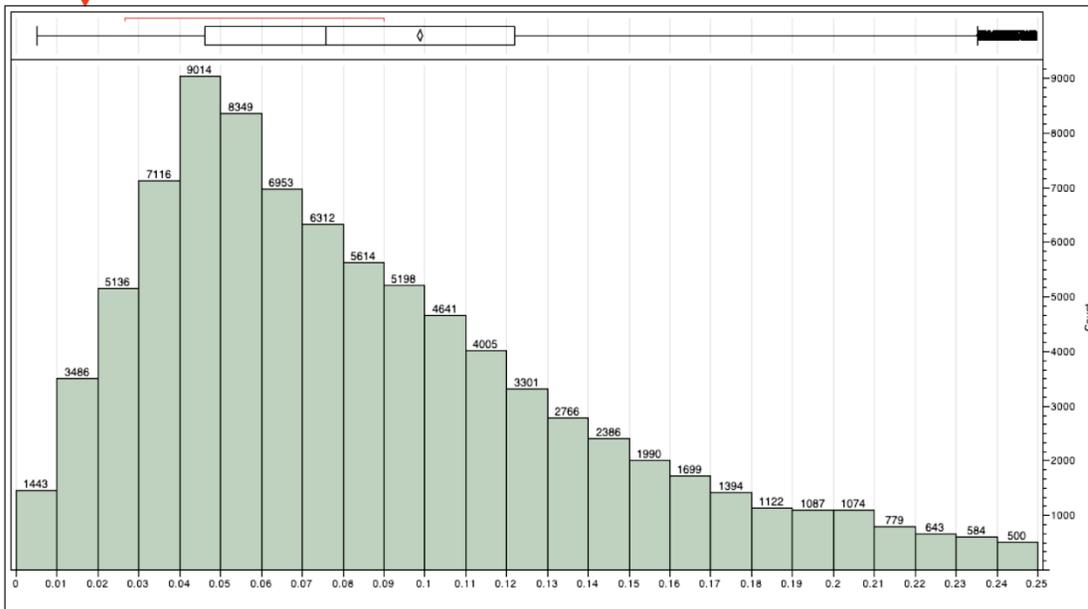
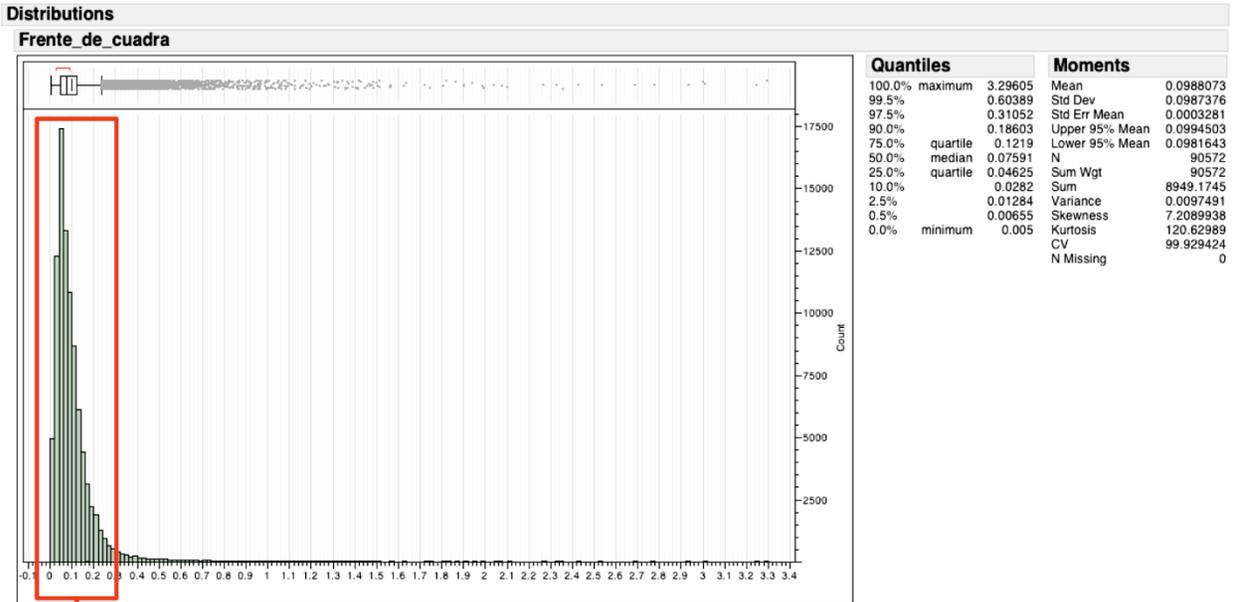
Si comparamos esta observación con los resultados de Siksna y los observados en la secciones anteriores, podemos ver:

- a) El 46% de los “frentes de cuadra” de la ciudad, cuyas dimensiones son entre los 5 y los 70 metros, permiten el movimiento peatonal, incrementando la posibilidad de encuentros y contacto entre los habitantes. El siguiente intervalo, de entre los 70 y 200 metros, representa otro 46% de los “frentes de cuadra”, en este caso estas dimensiones se relacionan con patrones de movimiento mixtos: peatonal y vehicular. El 8 % restante (los mayores a 200 metros) son “frentes de cuadra” cuyo flujo esta fuertemente relacionado con los desplazamientos vehiculares (Siksna, 1997: 25).
- b) Que el mayor porcentaje de “frentes de cuadra” sea menor a los 200 metros reafirma la idea que la ciudad ha crecido a partir de una concepción totalmente local (o de barrio).

⁹⁴ Dentro de este intervalo esta toda la red del Metro, la cual se descarta por ser líneas de conexión entre áreas y por lo tanto, no hay ningún tipo de actividad económica dentro de las líneas (además de los pocos comercios establecidos dentro de las estaciones).

- c) A partir del hecho que la mayoría de los “frentes de cuadra” son menores de 200 metros, entonces podemos estimar que el área de las cuadras es menor a los veinte mil metros cuadrados. Según Siksna las cuadras con estas dimensiones no sufren cambios sustantivos en su morfología, como podemos ver en el cálculo hecho para la ciudad central (una de las tres zonas de la ciudad mostradas en la Figura 4.8 de la sección “Descripción visual de la ciudad”).
- d) La forma rectangular de las cuadras (que son la mayoría de los casos, como se puede ver también en la Figura 4.8) hace que se aproveche más el espacio urbano en áreas útiles en comparación con la superficie de circulación, lo cual habla de cierto grado de intensificación de la red.

Figura 4.13. Longitud de frente de cuadra del AUCM



Los frentes de cuadra menores a 5 metros se descartaron de esta distribución porque estos representan camellones o algún tipo de infraestructura vial que no son lotes. Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V. La accesibilidad de la ciudad de México usando

Space Syntax

¿Existe una correspondencia entre la organización espacial de las actividades y los niveles de accesibilidad de la estructura vial de la ciudad de México? ¿Es posible hacer un diagnóstico del potencial de desarrollo de la ciudad a partir solamente de su estructura vial?

En este capítulo se analizarán los niveles de accesibilidad de la ciudad de México a partir de su red vial, utilizando el modelo *Space Syntax*. Esta forma de analizar la ciudad permite identificar el potencial de desarrollo urbano y movimiento que tiene cada calle (o línea) y por lo tanto, constituye una referencia para una planeación integral de la ciudad.

Hasta 1998 no se conocían documentos que analizaran “los impactos en el desarrollo urbano de los distintos lineamientos establecidos para la planeación, proyectos y programaciones de obras de infraestructura del transporte, de las diferentes dependencias involucradas en la ZMVM” (Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos, 1998: 111). Tampoco había “algún indicador de la cantidad relativa de infraestructura y los servicios de transporte que facilitan los viajes (accesibilidad “ex ante”)” (Islas Rivera, 2000: 91) razón por lo cual esta investigación es relevante.

De esta manera, se presenta el diagnóstico a dos escalas: la metropolitana y la local, ya que cada una evidencia procesos urbanos y tipos de movimiento particulares de la escala de análisis, por ejemplo, en la escala metropolitana es importante saber el potencial de la red para la localización de ciertos sectores económicos como la industria o los servicios (como oficinas o fuentes de empleo) empleando modos de transporte que faciliten a los habitantes alcanzar estas oportunidades.

Los resultados de este análisis se compararon con el diagnóstico y propuestas de dos programas de desarrollo urbano para la ciudad, con el fin de ver si había las condiciones físicas necesarias para alcanzar los objetivos trazados por las autoridades para el desarrollo de la ciudad.

Los resultados presentados muestran la capacidad de la herramienta para analizar la ciudad a un nivel territorial, pero como muchos modelos, será necesario complementar este análisis con más información (como usos de suelo, densidades de ocupación de suelo, aforos peatonales y

vehiculares y características socio-económicas de la población) para poder hacer el diagnóstico mucho más completo y preciso de la ciudad de México.

Sin embargo, el objetivo principal de este análisis es presentar el concepto de la accesibilidad como un instrumento capaz de articular la planeación de los usos de suelo y el transporte, utilizando la red vial como organizadora del territorio.

Los objetivos del análisis de accesibilidad

Teniendo en cuenta que el concepto de la accesibilidad en una ciudad permite entender el vínculo entre los usos de suelo y el transporte, medirla nos ayudará a entender cómo es que la ciudad de México se estructura a partir de sus vialidades, revelando el potencial que tiene la estructura urbana para que los habitantes de la ciudad de México organicen espacialmente las actividades que en ella desarrollan.

El análisis de accesibilidad para la Ciudad de México que se presenta en esta sección se hizo a partir de las siguientes consideraciones (las cuales están determinadas por los objetivos de esta investigación):

1. Se estudió la ciudad de México en el año 2000, tomando en consideración tanto la red de transporte, la cual incluye la estructura vial y la red del Metro⁹⁵,
2. El modelo que se empleó para medir la accesibilidad fue *Space Syntax* y particularmente el método de líneas continuas desarrollado Figueiredo y Amorim (2004),
3. Con el fin de observar la influencia que tiene la red vial en la organización espacial de las actividades de la ciudad de México, ésta se estudió a dos escalas diferentes: la metropolitana y la local,
4. En cualquiera de las dos escalas estudiadas, es importante tener presente que al hablar de las líneas con altos niveles de accesibilidad, implícitamente se estará haciendo referencia a: el tipo de ocupación del suelo, es decir a que las actividades que se establezcan ahí, serán aquellos que se benefician con el movimiento y el contacto directo con los habitantes (o posibles clientes); y al aprovechamiento económico del mismo, es decir a que la tasa de densidad poblacional (residentes o empleos) sea elevada (Hillier, 1996b).

⁹⁵ El Anexo A describe con precisión la metodología empleada para la elaboración del mapa de líneas continuas del área de estudio.

Como se vio en el capítulo anterior, resulta indispensable incluir la red del Metro por ser el único sistema de transporte de alta capacidad que permite que millones de habitantes de la ciudad puedan desplazarse de una manera rápida y económica en la ciudad; además, desde su planeación, este transporte ha sido considerado como un elemento clave para el desarrollo urbano de las áreas colindante a sus estaciones, tal y como lo plantean los Programas Maestros del Metro de 1980 y 1985 (en Islas Rivera, 2000: 288) y los programas de desarrollo de la ciudad de México (Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos, 1998; Departamento del Distrito Federal, 1985).

Antes de iniciar el análisis, recordemos algunos conceptos fundamentales:

La profundidad es la distancia topológica mas corta entre dos líneas de la red, es decir que si seleccionamos una línea como origen y otra como destino, existe muchas posibilidades o rutas para alcanzarla, pero la que implica menos pasos esa será considerada la profundidad, cuantificándose de acuerdo el número de líneas que se tuvieron que emplear para llegar al destino. Es esta medida la que, al limitarla, permitirá analizar la accesibilidad de cualquier estructura a la escala deseada, por ejemplo se usan 2 pasos para estudiar la accesibilidad local, ya que es el número mínimo de líneas necesarias para crear un circuito; mientras que para la accesibilidad global (RN) se hace el cálculo considerando la profundidad total de cada línea.

Por esto se considera que la línea mas accesible es la menos profunda de todo el sistema, es decir, la línea desde la cual se puede llegar a cualquier otra línea del sistema con el menor número de pasos. Y el mapa donde se muestran los niveles de accesibilidad representa los valores calculados de una manera grafica empleando una gradiente cromática donde el rojo representa las líneas más accesibles y el azul oscuro las menos accesibles.

Read (1997: 36.04) señala, en su estudio de ciudades holandesas, cómo la profundidad se ve afectada por la longitud de las líneas de la red, especialmente por las líneas mas largas y su distribución en el sistema, lo cual también se espera que suceda en el caso de la Ciudad de México, pero en sentido inverso, debido a la configuración de su estructura vial: aglomerado de retículas con líneas cortas y pocas conexiones, con diferentes tamaños y densidades alineadas a vialidades principales.

Se realizaron análisis con diferentes radios (2, 3, 4, 5, 9 -radio R - y N), sin embargo se observó que los radios 3 y N eran los mas adecuados para el análisis local y global respectivamente y así, cumplir con los objetivos de la investigación.

Inteligibilidad y sinergia

Como se vio en el Capítulo III, dos de las mediciones que prueban cómo es que la accesibilidad vincula los usos del suelo con la red de transporte son la inteligibilidad (o legibilidad) y la sinergia. Ambas medidas están directamente ligadas a las propiedades configuracionales de la ciudad (vista como una red) y que también son indicadores de la manera en que sus habitantes entienden (y viven) el sistema espacial en el que se encuentran.

La inteligibilidad esta asociada con la manera en que los habitantes se mueven, siendo resultado de la relación entre la conectividad de la red y los niveles de accesibilidad, mientras que la sinergia es un indicador de la articulación y correspondencia entre las escalas (y sus correspondientes niveles de accesibilidad) en las que se vive la ciudad.

En las secciones anteriores de este capítulo, se ha descrito a la ciudad de México como un acumulado de retículas de diferentes tamaños y densidades organizadas a lo largo de las vialidades principales, donde éstas no tienen ni continuidad a lo largo de la ciudad ni la conectividad adecuada. En lo siguientes párrafos se describirá la ciudad de México bajo estas dos mediciones para ver cómo es que su discontinuidad y poca conectividad afectan la manera en que los habitantes entienden, se mueven y viven la ciudad.

Inteligibilidad

Entender cómo una ciudad esta organizada físicamente resulta necesario para que sus habitantes puedan moverse a lo largo y ancho de ésta de una manera fácil, es decir, deben de poder tener una imagen mental clara de cómo y por donde moverse para llegar a su destino o por dónde es mas sencillo llegar (a partir de su localización actual). Debido a que una ciudad ni puede ser vista ni vivida en su totalidad en un solo momento, es necesario que los habitantes se muevan alrededor de ella para entenderla, lo cual hace que se vaya construyendo una imagen mental de toda la

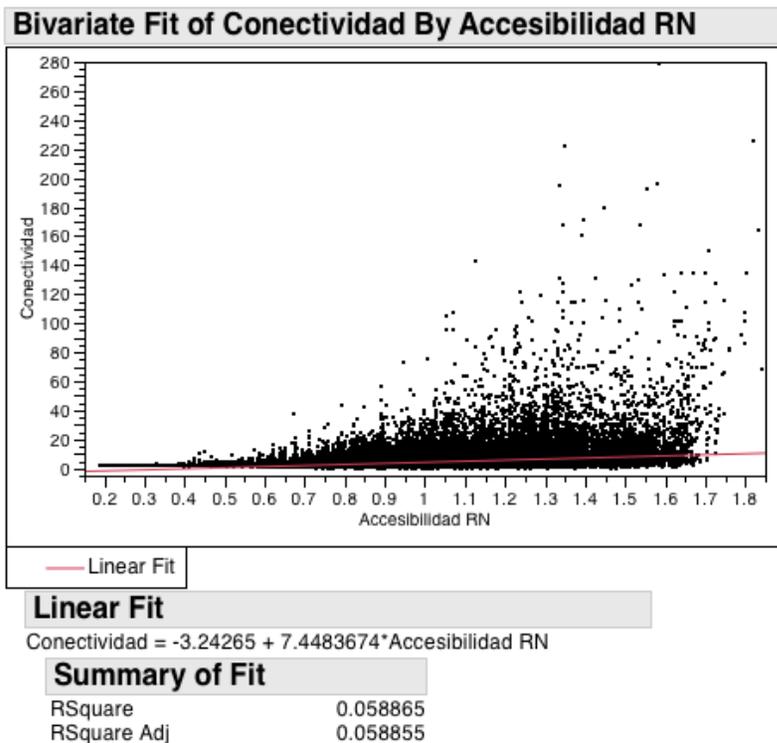
ciudad a partir de cada una de las partes que viven o experimentan, a este proceso se le denomina inteligibilidad (o legibilidad) de un sistema espacial (Hillier, 1996b: 94).

Para esto es fundamental entender la importancia de la configuración espacial de cada elemento que conforma el sistema, observando el grado de conectividad de cada uno y su relación con el resto del sistema además del nivel o grado de accesibilidad (calculado con *Space Syntax*). De esta manera, un sistema espacial legible es aquel que está bien conectado y es muy accesible (desde cualquiera de sus puntos), mientras que un sistema no legible es donde el habitante no entiende cómo la configuración y las conexiones puedan confundir al habitante respecto a su localización (ibid).

El grado de inteligibilidad de un sistema espacial se calcula haciendo una correlación entre la conectividad y la accesibilidad global y observando si el valor del coeficiente de regresión lineal (R^2) es significativo. Para el caso de la ciudad de México, esta propiedad resulta tener un valor muy bajo ($R^2=0.0588$ –Figura 5.1-), lo cual es resultado de la forma en que la trama de la ciudad está organizada: retículas de diferentes tamaños y densidades, compuestas por líneas muy cortas con muy pocas conexiones.

El hecho de que el valor de inteligibilidad sea tan bajo indica que para un individuo resulta sumamente difícil construir una imagen global de la ciudad de México a partir de las partes que puede ver o en las que puede moverse.

Figura 5.1. Inteligibilidad de la ciudad de México



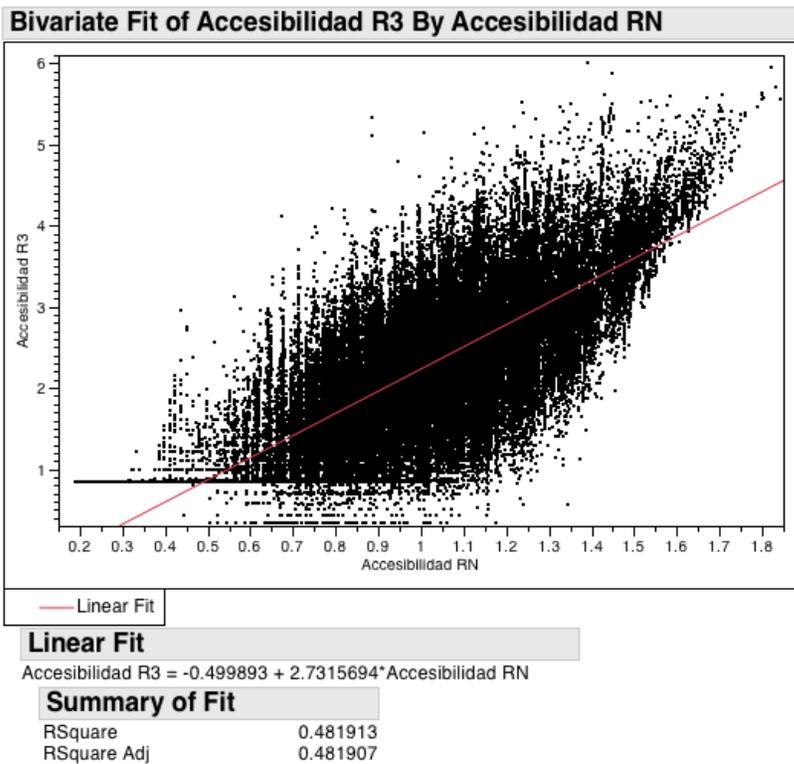
Fuente: Elaboración propia

Sinergia

La sinergia es la propiedad espacial que mide la relación o interfaz entre dos escalas de la ciudad: la global (en nuestro caso la metropolitana) y la local (o barrial). Es a partir de esta medida que podemos observar cómo áreas importantes a nivel local se relacionan físicamente (a partir de sus conexiones) con la estructura metropolitana (ibid: 127-130). El grado de sinergia de un sistema se calcula haciendo una correlación lineal entre la accesibilidad global y la local .

Para el caso de la ciudad de México, el valor de sinergia del sistema es de 0.4819 (Figura 5.2), lo cual nos sugiere que hay una relación aceptable entre ambas escalas, es decir que algunas de las líneas más accesibles a escala barrial también lo son a escala metropolitana, por lo que moverse de un barrio a otro probablemente no signifique para el habitante algo muy complejo (por la geometría de la traza), aún cuando entender el sistema por el que se mueve sí le resulta complicado. Esta relación será estudiada mas a detalle en la sección de análisis de accesibilidad local.

Figura 5.2. Sinergia en la ciudad de México



Fuente: Elaboración propia

Accesibilidad metropolitana

La accesibilidad metropolitana⁹⁶ manifiesta el grado de centralidad o cercanía de cada línea respecto a toda la estructura vial de la ciudad con la potencialidad que esto representa: mayores o menores proporciones de movimiento, tipo de ocupación del suelo y el aprovechamiento económico de éste.

A partir de los niveles de accesibilidad obtenidos para el AUCM, examinaremos su estructura urbana, primero de una manera formal y topológica, y posteriormente, se considerarán estos resultados en el contexto de la planeación y crecimiento de la ciudad y la organización de su territorio. La red del Metro recibirá especial atención porque, además de ser un medio que proporciona movilidad a sus habitantes, con ésta se buscaban integrar los programas de desarrollo

⁹⁶ En este documento se usará indistintamente los términos *accesibilidad metropolitana* y *accesibilidad global*, ya que en términos del modelo son lo mismo.

urbano y todo el transporte metropolitano (Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos, 1998; Departamento del Distrito Federal, 1982; Departamento del Distrito Federal, 1985).

El Mapa 10 nos muestra los niveles de accesibilidad global de toda la ciudad de México. En éste se observa cómo las líneas mas accesibles se concentran en el centro de la ciudad y se van conectando con otras de tal manera que cubren casi la totalidad de la estructura vial de las delegaciones llamadas centrales (Cuauhtémoc, V. Carranza, M. Hidalgo y B. Juárez), la cual concuerda con el patrón de *rueda deformada* encontrado en otros estudios que usaron *Space Syntax* y de lo cual se hablará mas extensamente en la siguiente sección. Al conjunto de líneas mas accesibles se le denominará *la ciudad accesible*.

Las líneas con niveles de accesibilidad intermedia (representadas en color amarillo claro y verde claro y oscuro) se extienden hacia las delegaciones Coyoacán, Iztapalapa, G.A. Madero, A. Obregón y los municipios colindantes de Ecatepec, La Paz, Naucalpan, Nezahualcóyotl, Tlalnepantla y otros municipios como Acolman, Coacalco, Cuatitlán Izcalli, Tecámac, Tultitlán; dirigiéndose hacia las cinco salidas de la ciudad (Querétaro, Pachuca, Puebla, Cuernavaca y Toluca).

Las zonas menos accesibles de la ciudad (representadas gráficamente en el mapa con la gama de azules) se encuentran en la periferia del AUCM, particularmente en dos áreas: al noroeste, en los municipios de Nicolás Romero y Tepozotlán; y al suroeste, en las delegaciones de Milpa Alta, y Xochimilco; aunque también existen pequeñas áreas en el interior del municipio de Ixtapaluca (muy cerca de la Autopista México-Puebla) y en las delegaciones Tlalpan y La Magdalena Contreras. Aún cuando el tamaño de las áreas poco accesibles es pequeño en comparación con el resto de la ciudad (el número de líneas que son: 3,884; lo cual representa un 4.23% del total de las líneas que componen la red), la relevancia que tiene ubicar éstas es identificar áreas urbanas en las que, solamente por las características físicas de la estructura vial, sus habitantes están segregados, independientemente de su condición socio-económica.

De acuerdo a lo propuesto en el principio de la economía del movimiento, las áreas con altos niveles de accesibilidad presentarían una alta concentración de comercios y servicios que requieran de la interacción con la gente, mientras que las zonas menos accesibles serían habitacionales o industriales.

Esto se puede confirmar observando estudios para la planeación de la ciudad con variables como el personal ocupado por sector, realizados para años cercanos al 2000 (Delgado, Ramírez et

al., 1997; Distrito Federal, 1987; Garza Villarreal, 2008; B. Ramírez, 1999, entre muchos), los cuales hablan de la transformación de la zona metropolitana: en el Distrito Federal se presentó una especialización y terciarización de sus actividades económicas. Otro estudio observó que la población de estratos medios y altos también se establecieron en estas zonas⁹⁷, mientras que en el Estado de México, el territorio se usó para la industria y asentamientos proletarios (Castelán Sanchez, 1994: 43; Ward, 2004: 145).

Respecto a los niveles de movimiento que se pueden dar en esta área y su correspondencia con el principio de la economía del movimiento, esto se confirma con las observaciones señaladas en el Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México – POZMVM- (Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos, 1998: 142) acerca de los niveles de congestión en la ciudad central, principalmente dentro del Circuito Interior.

Lo mismo sucede con las 12 líneas del Metro (aún cuando algunas han sido consideradas como subutilizadas), todas son parte de la *ciudad accesible*, lo cual en cierta manera explicaría la gran demanda que tiene este modo de transporte (además del ahorro en tiempo y costo que representa para los usuarios).

Siguiendo con el análisis de las vialidades, destacan algunas vialidades con un alto nivel de accesibilidad que no inician en el núcleo, sino sirven de conectores entre diferentes áreas, dos al norte y dos al sur. Alguna parte de esta infraestructura vial se construyó entre los años 1950 y 1980, cuando la ciudad registró los mayores volúmenes de migración hacia ésta, por lo que presentó un gran crecimiento hacia la periferia de la ciudad, principalmente hacia los municipios contiguos del Estado de México⁹⁸ (ver Figura 4.1). Para poder comunicar estos nuevos asentamientos, se construyeron vialidades que favorecieran la consolidación de metropolización de la ciudad (Garza Villarreal y Damián, 1991: 37) como el Anillo Periférico (1952), el Circuito Interior en los setenta, en 1978 en el Distrito Federal se inicia la construcción de los ejes viales⁹⁹ y algunas avenidas que comunican al Estado de México con el Distrito Federal (Vía Morelos, Vía

⁹⁷ Recordemos que la accesibilidad también puede ser un factor determinante del valor del suelo y por lo tanto, la renta del lugar, por lo que los beneficios que trae consigo una buena localización se compensa con los altos precios por concepto de renta

⁹⁸ Tlanepantla en 1950; Naucalpan, Chimalhuacán y Ecatepec en 1960; y para 1980 ya eran 17 municipios.

⁹⁹ Los Ejes viales son vialidades, dentro de los límites del Distrito Federal, utilizadas para el tránsito de todo tipo y tamaño de vehículos automotores; generalmente cuentan con un carril confinado para transporte público; atraviesan la ciudad de norte a sur y de oriente a poniente o viceversa (algunos con un solo sentido y otros con doble) formando una retícula casi ortogonal; se ha buscado que su semaforización y equipamiento vial mejoren circulación vehicular.

Tapo, Gustavo Baz, Los Reyes-Texcoco, Avenida Central, López Portillo, Santa Mónica y Circunvalación Poniente).

Las vialidades con altos niveles de accesibilidad al norte de la ciudad son: la Vía José López Portillo, que conecta 5 municipios del Estado de México¹⁰⁰, y la Autopista México Teotihuacán, que une a los municipios de Teotihuacán y Acolman con la Autopista México Pachuca. Los altos niveles de accesibilidad de estas vialidades revelan el gran potencial de desarrollo que tiene esta área, los cuales coinciden con el programa Proriente (desarrollado por el gobierno del Estado de México) y el POZMVM (Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos, 1998: 112), donde se consideraba el oriente de la Zona Metropolitana como un área de desarrollo a futuro.

Por su parte, las vialidades con altos niveles de accesibilidad localizadas al sur del AUCM son los ejes viales 6 y 8 Sur (en toda su extensión), los cuales conectan las delegaciones Benito Juárez e Iztapalapa con la Autopista México – Puebla. La relevancia que tiene el Eje 6 Sur para el AUCM es que sirve de conector entre el poniente de la ciudad (desde el Anillo Periférico) con el oriente (hasta la Autopista México Puebla), no solo al autotransporte privado, sino también al de carga; además que es esta vía por la que se accede a la Central de Abasto, por lo que se volvió una vía de servicio y abastecimiento (junto con el Eje 5 Sur, cuya dirección es oriente poniente) no solo de la ciudad, sino de la región. El alto nivel de accesibilidad del Eje 8 Sur permitiría la consolidación de uno de los objetivos del PGDUDF (Departamento del Distrito Federal, 1982) para el año 2000: haber establecido y consolidado un Centro Urbano en la zona de Iztapalapa, el cual estaría comunicado con los otros centros urbanos (y la ciudad en general) por la red vial primaria y el sistema de transporte colectivo (la Línea 8 tiene 3 estaciones en esa área, todas conectando con el eje vial).

Un área que ha llamado la atención desde la descripción visual de la estructura de la Ciudad de México es el municipio de Nezahualcóyotl, destacando ahora también por el número de líneas con un elevado nivel de accesibilidad; a este hecho, se le suman los municipios de Naucalpan y Tlalnepantla .

En el municipio de Nezahualcóyotl destacan dos zonas: en Neza Norte existe un área muy accesible que se ve consolidada con la Línea B del Metro, su límite poniente y sur son las calles que separan al Distrito Federal del Estado de México, al norte la Av. Río de los Remedios y al

¹⁰⁰ Estos son: Cuautitlán Izcalli, Tlalnepantla de Baz, Tultitlán, Coacalco de Berriosa y Ecatepec

oriente su límite es la Facultad de Estudios Superiores –FES-Aragón; mientras que en Ciudad Neza existe una concentración de calles con dirección Norte – Sur, cuyo principal conector o estructurador es Av. Chimalhuacán¹⁰¹ (localizado casi al centro de esta área), siendo su límite norte la Av. Bordo de Xochiaca, pero el límite sur, aún cuando no esta definido tan claramente por una avenida, podemos observar dos cosas, su límite son las grandes manzanas donde se ubica el equipamiento de la zona y la mayoría de las líneas se quedan dentro de los límites del municipio.

En el caso de Naucalpan y Tlalnepantla , tres vialidades dirección Norte – Sur son las que unen la zona con el centro del Distrito Federal y además “estructuran” el área: el Blvd. M. A. Camacho (Periférico), Av. Ferrocarriles de México y Av. Ceylán (la cual se une con el Periférico cerca de la intersección con la Carretera a Lago de Guadalupe). La primera tiene una relevancia singular porque es la salida hacia la ciudad de Querétaro, ruta a lo largo de la cual se han creado muchos desarrollos habitacionales y comerciales y dentro de los que destacan las zonas de Lomas Verdes y Ciudad Satélite y además se conecta con la línea más accesible (ID 14), de toda el AUCM, la cual corre desde la Av. Morelos (en Naucalpan) hasta la calle de Tacuba en el centro de la ciudad (a una cuadra al norte del Zócalo). La Av. Ferrocarriles de México al unirse al norte con la Av. Mariano Abasolo (del municipio de Tlalnepantla) se conecta con Av. Ceylán y hacia el sur (en la delegación Azcapotzalco) con la Calle Aquiles Serdán se conecta con la línea más accesible a la altura de la Calz. San Bartolo Naucalpan (ID 14) casi en la intersección con Calz. Legaria (la cual se conecta con el Blvd. M. A. Camacho) y Av. Marina Nacional, la cual se convierte en la calle de Antonio Caso, atraviesa el Centro Histórico de la ciudad y culmina muy cerca del Eje 1 Oriente. Finalmente, Av. Ceylán se conecta al sur con Av. Jardín (en la Del. Azcapotzalco) para conectarse con la séptima línea mas accesible: el Circuito Interior (ID 10). Resulta de interés particular esta zona, porque de acuerdo al diagnóstico de la COMETAH, en ella se encuentran concentraciones importantes de profesionistas, por lo que se sugiere reforzar el empleo a corta distancia a partir de nuevas actividades económicas relacionadas el servicio (Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos, 1998: 59).

Observando los resultados de los niveles de accesibilidad que tiene toda la red del Metro, se puede decir que para el año 2000 las condiciones territoriales estaban dadas para crear o consolidar lo propuesto por el PGDUDF (Departamento del Distrito Federal, 1982) respecto a los

¹⁰¹ Esta avenida es la que tiene el mayor número de conexiones tiene en todo el AUCM: 279 (Ver Cuadro 4.3, ID 41)

centros urbanos propuestos, porque dependían de la accesibilidad provista por la estructura vial y el Metro, además de corredores urbanos localizados a lo largo de algunas vialidades por donde pasan las líneas del Metro.

La ciudad accesible

Para observar mejor las características de la estructura de la *ciudad accesible* (Mapa 11), se hizo un análisis mas detallado. Empecemos, pues, con algunas mediciones básicas: la *ciudad accesible* cubre aproximadamente 816 kilómetros cuadrados, lo cual representa casi el 27% de la superficie total de estudio y la longitud total de las vialidades es de 6,223 kilómetros aproximadamente (siendo el 21% del total de los kilómetros existentes en el AUCM).

Resulta interesante ver cómo el 9% de las líneas alcanzan una quinta parte de la estructura vial cubriendo: nueve delegaciones del Distrito Federal y nueve municipios del Estado de México. De éstas, diez están cubiertas en un muy alto porcentaje (siete delegaciones y tres municipios), otras tres¹⁰² presentan una cobertura menor al 50% de las líneas que hay dentro de sus límites, pero éstas son vialidades que las atraviesan ya sea de norte a sur o de oriente a poniente.

El Mapa 12 muestra las 40 líneas que se encuentran en el intervalo con los valores de accesibilidad mas altos de toda la ciudad de México. Casi todas las líneas (a excepción de tres: dos en el municipio de Naucalpan de Juárez y una inicia en Tlalnepantla oriente¹⁰³) están localizadas dentro del Distrito Federal, y más particularmente en la llamada ciudad central.

Esta concentración de líneas muy accesibles desde cualquier punto de la ciudad puede implicar dos cosas, dependiendo de cómo se considere el mapa (sin embargo no son mutuamente excluyentes):

- a) Si consideramos el mapa de líneas continuas como una representación de líneas de movimiento, entonces podríamos decir que la manera mas sencilla de llegar de un punto

¹⁰² En el primer caso son: Azcapotzalco, V. Carranza, Cuauhtémoc, M. Hidalgo, Iztacalco, B. Juárez, G.A. Madero, Naucalpan, Nezahualcoyotl y Tlalnepantla. Las segundas son: Coyoacán, Ecatepec e Iztapalapa

¹⁰³ Las dos líneas localizadas en el municipio de Naucalpan de Juárez son: [ID 14] Av. Morelos – Av. 16 de Septiembre – Calz. San Bartolo Naucalpan – hasta Av. Hidalgo (en el D.F.), [ID 16] Blvd. Manuel Ávila Camacho, desde Ciudad Satélite hasta la intersección con Av. Paseo de la Reforma, y la Carretera Naucalpan – Toluca - Av. Gustavo Baz hasta el Blvd. M.A. Camacho. la vialidad que inicia en Tlalnepantla Oriente es la Calle Michoacán – Aut. México Pachuca – Av. Insurgentes Norte (en el D.F.).

en la ciudad a otro es atravesando la ciudad accesible y por lo tanto la proporción de movimiento que se registre en esas líneas será la mayor;

- b) Si pensamos en la accesibilidad como un factor que influye fuertemente en la localización de las actividades económicas y en los patrones de movimiento entonces, podríamos sugerir que esta región tiene una intensa actividad económica con altos niveles de movimiento de sus habitantes.

Siendo un poco mas observadores, en el Mapa 12 es posible identificar dos áreas donde se cruzan líneas muy accesibles formando polígonos de alta accesibilidad, los cuales podrían tener las dos propiedades anteriormente descritas.

La primer área esta localizada al noroeste del Zócalo, siendo sus límites: al norte el Circuito Interior, al este Paseo de la Reforma y la calle de Bolívar, al sur la Av. Antonio Caso¹⁰⁴ y al oeste la Av. De los Maestros. Todo el polígono está dentro de los límites de la Delegación Cuauhtémoc y cubre una superficie aproximada de 11.61 Km². La zona es atravesada por dos líneas del Metro en las dos direcciones: la línea 3 (Indios Verdes – Universidad) en dirección Norte – Sur y la línea 2 (Cuatro Caminos – Taxqueña) en dirección Oriente – Poniente; además de que las líneas 8 (Garibaldi – Constitución de 1917) y B (Ciudad Azteca – Buenavista) inician en ella y finalmente, en el perímetro norte tiene contacto con la línea 5 (Politécnico – Pantitlán) a partir de la estación Misterios.

El segundo polígono es un triángulo de aproximadamente 5.55 km² localizado al sur del Zócalo, en la Delegación B. Juárez. Sus límites son, al norte el Eje 4 Sur (en ese tramo se llama Xola), al oriente la Calle de Bolívar y al sur y poniente la Av. División del Norte y contiene las colonias Independencia, Narvarte (con todas sus variantes) y Letrán Valle entre otras. El área es atravesada solamente por la línea 3 del Metro (Indios Verdes – Universidad). Esta zona tuvo el mismo diagnóstico por parte de la COMETAH que Naucalpan y Tlalnepantla: en ella hay concentraciones importantes de profesionistas, por lo que se sugiere reforzar el empleo a corta distancia a partir de nuevas actividades económicas relacionadas el servicio (Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos, 1998: 59).

Además de estos dos polígonos, también podemos observar algunas líneas que, al complementarse con las líneas del siguiente intervalo (ver Mapa 14), crean ocho corredores de

¹⁰⁴ Esta calle tiene el valor de accesibilidad mas alto a nivel metropolitano.

alta accesibilidad. Cinco de ellos inician, atraviesan (de manera central o perimetral) alguno de los dos polígonos de alta accesibilidad, estos son: la Av. Morelos (en Naucalpan) que se une con otras calles hasta llegar a ser la Av. Hidalgo (en el Distrito Federal)¹⁰⁵; las calles de Bolívar e Isabel la Católica, desde sus inicios al norte hasta llegar al Eje 4 Sur; el Eje 1 Norte, desde Av. De los Maestros hasta el área de Pantitlán; la Autopista México Pachuca - Av. Insurgentes Norte y Centro, hasta Av. Chapultepec; la Calzada de los Misterios, que se convierte en Paseo de la Reforma. El sexto corredor es un tramo de Paseo de la Reforma, entre Bosques de las Lomas y el Circuito Interior; este es considerado aparte porque es un elemento intermedio entre los anteriores y los dos siguientes, ya que es la continuación (en nombre y movimiento) de una de estas líneas que atraviesan los polígonos de alta accesibilidad, pero por cuestiones de la representación en el modelo de la vialidad (y la presencia de varias glorietas de dimensiones significativas), esta se segmentó. El corredor número 7 está localizado a lo largo del Blvd. M.A. Camacho, desde el área de Ciudad Satélite hasta casi el cruce con Paseo de la Reforma¹⁰⁶. Finalmente, el octavo corredor parece ser más un centro donde concurren varias líneas de alta accesibilidad (vialidades y líneas de metro): Tacubaya.

Una vez más, al comparar estos corredores con lo propuesto por el PGDUDF (1982: 89) respecto a la creación y localización de Corredores Urbanos¹⁰⁷, podemos ver que de los ocho corredores de alta accesibilidad, solo dos coinciden exactamente con el Plan: el Corredor que va desde la Av. Morelos (en Naucalpan) que se une con otras calles hasta llegar a ser la Av. Hidalgo (en el Distrito Federal) y coincide con la Línea 2 (Cuatro Caminos – Taxqueña) desde la estación Tacuba hasta la estación Allende; y Tacubaya, punto donde confluyen tres líneas (1, 7 y 9). Otro corredor de alta accesibilidad que va paralelo a la línea 2 es el conformado por Bolívar – Isabel la Católica.

Finalmente, al comparar estos núcleos y corredores de alta accesibilidad con la propuesta del PGDUDF (Departamento del Distrito Federal, 1982: Mapas E3, E4 y E5) para el año 2000, podemos ver que la mayoría de éstos rodean al centro urbano más cercano propuesto: el Centro

¹⁰⁵ Recordemos que esta línea es la que tiene el valor de accesibilidad metropolitana más alto de toda la ciudad

¹⁰⁶ Al momento de la agregación de las líneas, esta línea se unió con la calle FFCC de Cuernavaca en vez de continuar por el Boulevard M. A. Camacho

¹⁰⁷ Respecto a ésta, no se pudo encontrar en el documento la localización precisa de los Corredores Urbanos, aún cuando se menciona que se han seleccionado ciertas líneas del Metro para el desarrollo de éstos. Comparando los Mapa E6 y E7 se puede decir que los Corredores estarán a lo largo de diez líneas, de las cuales dos no fueron construidas para el año 2000 (las líneas 10 y 12)

Metropolitano¹⁰⁸, por lo que éstos se podrían plantear como zonas complementarias o de soporte de éste. Además, recordemos que lo que se está observando corresponde solamente a lo delimitado por las 40 líneas más accesibles, así que tendremos que esperar a ver cómo las líneas de los dos intervalos siguientes (que conforman la *ciudad accesible*) incluyen este centro.

También se hizo una revisión del núcleo de la *ciudad accesible*, respecto a su longitud y conectividad, para ver si estas tienen la lógica esperada: líneas muy largas con un alto grado de conectividad y accesibilidad. En estos dos casos también se consideraron los 31 valores más altos, para poder ser congruentes con el número de líneas del núcleo de la *ciudad accesible*. Los resultados arrojaron que solamente cuatro líneas son muy accesibles, largas y con muchas conexiones, siendo una de ellas la línea más accesible de toda la ciudad de México¹⁰⁹. Las líneas son:

- a) Av. Morelos – Av. 16 de Septiembre – Calz. San Bartolo Naucalpan – Calz. México Tacuba – Av. Ribera San Cosme – Puente de Alvarado – Av. Hidalgo (hasta República de Argentina) [ID 14]. Esta línea es la segunda más accesible de toda el AUCM, con una longitud de 12.92 Km. (la número 25 respecto a todas las demás) y tiene 152 conexiones (la número 1 en el Cuadro).
- b) Eje 1 Norte (Jose Antonio Alzate – Mosqueta – Rayón – Héroes de Granaditas – Av. Del Trabajo – Albañiles – Norte 17 – Hangares de Aviación – Miguel Lebrija) [ID 29]. Siendo la sexta línea más accesible mide 10.95 Km. y tiene 129 conexiones.
- c) Circuito Interior: desde Av. Río Consulado hasta la Calle Arq. Carlos Lazo [ID 10]. Es la séptima más accesible de toda el AUCM, con una longitud de 13.84km. (la décima más larga de toda la ciudad) y tiene 226 conexiones (la segunda línea más conectada).
- d) Avenida División del Norte (desde Viaducto M. Alemán hasta Calzada Del Hueso) [ID 26] mide 11.26 Km., tiene 140 conexiones y es la vigesimoquinta línea más accesible de la ciudad.

¹⁰⁸ A pesar de no encontrar una delimitación en el PGDUDF del Centro Metropolitano, se puede ver en el mapa E5 que sus límites son: al norte el Eje 1 Norte (Rayón), al oriente el Eje 1 Oriente (Vidal Alcocer), al sur José Ma. Izazaga y al poniente Eje Central (Lázaro Cárdenas).

¹⁰⁹ La línea más accesible es la que representa la Línea 3 del Metro, pero éstas no pueden considerarse como líneas donde se puede desarrollar la ciudad porque son túneles exclusivos para el paso de los trenes.

Otras líneas que destacan son: la Calle de Bolívar [ID 57] por ser una línea muy accesible y con un elevado número de conexiones (106); mientras que las que destacan por ser líneas muy accesibles y largas son Av. Insurgentes (norte y centro) [ID39] y el Blvd. Manuel Ávila Camacho [ID 16] (desde Cd. Satélite en Naucalpan hasta FFCC de Cuernavaca en el Distrito Federal).

De las siete líneas mencionadas anteriormente, podemos observar que cinco de ellas están dentro de los límites administrativos del Distrito Federal y las otras dos están en las dos entidades; sin embargo, la mayor parte de una línea [ID 14] está dentro del DF, mientras que la línea ID 16 está en su mayoría dentro del municipio de Naucalpan (Edo. Mex.). Este hecho podría ser un indicador de cómo se ha articulado la *ciudad interior* para conectarse con el resto de la ciudad, aún cuando se diga que no existe una jerarquización ni articulación en la estructura vial de la metrópoli (Departamento del Distrito Federal, 1985: 226) .

Si se compara el núcleo de la *ciudad accesible* (las 40 líneas más accesibles) con la red vial de la ciudad, particularmente las vialidades primarias (Mapa 13), se puede ver cómo la mayoría de las líneas más accesibles coinciden, especialmente las del Distrito Federal, cumpliendo con la función de tener un alcance metropolitano y no solo local, por lo que deberán atravesar la ciudad (Delgado et al., 2003: 58).

En el Cuadro 5.1 podemos observar que la mediana de la longitud (4.346 Km.) de las 40 líneas es por mucho, mayor a la mediana (0.160 Km.) del AUCM (aproximadamente 27 veces más), lo cual nos permite, por una parte, entender por qué son muy accesibles desde cualquier parte de la ciudad y, por otra, se podría explicar que en estas la proporción de movimiento es mayor que en otras líneas (como se vio en el Capítulo III), desafortunadamente, por limitaciones en el tiempo de esta investigación, no fue posible profundizar en este aspecto a través una comparación de los niveles de accesibilidad con los aforos reales (vehiculares o peatonales)¹¹⁰.

¹¹⁰ Esto es frecuente observarlo en estudios realizados empleando Space Syntax para corroborar el cumplimiento del principio de movimiento natural. Ejemplos donde vincula los aforos del transporte público con los niveles de accesibilidad son los realizados en la ciudad de Anápolis (Brasil) por Maha (1997) o en el área metropolitana de Nantes (Francia) por Chiaradia (2007).

Cuadro 5.1. Cuadro comparativo entre la *ciudad accesible* y el AUCM, respecto a su longitud y longitud de “frente de cuadra”.

	Accesibilidad		Longitud (Km.)		“Frente de Cuadra” (Km.)
	Mín	Máx	Mediana*	Total	Mediana*
<i>Ciudad accesible</i> (8,292 líneas) ^a	1.4702	2.0169	0.360	6,040.743	0.093
Primer intervalo (31 líneas)	1.8350	2.0169	4.346	173.281	0.086
Segundo intervalo (1,283 líneas)	1.6526	1.8350	0.623	1,580.101	0.090
Tercer intervalo (6,978 líneas)	1.4702	1.6526	0.338	4,287.361	0.094
AUCM (91,714 líneas)	0.1934	2.0169	0.160	29,216.22	0.076

^a. El número total de líneas es de 8,304, sin embargo se eliminaron las 12 correspondientes a la red del Metro (nueve de éstas estaban en el primer intervalo y tres en el segundo intervalo) porque alteran los valores que se quieren observar en este cuadro.

* Se empleó la mediana como medida de tendencia central, ya que en todos los casos los datos presentan una distribución sesgada.

Fuente: Elaboración propia

Si observamos la relación entre los valores de accesibilidad y la longitud de “frente de cuadra”, las líneas más accesibles de la ciudad de México tienen “frentes de cuadra” mas grandes en promedio que la mediana de la ciudad (la proporción es de 1:1.13), lo cual muestra coincidencia con lo planteado por Hillier (2001: 02.8): las líneas mas accesibles se localizan en manzanas cuyas dimensiones son mayores, en promedio, que la mayoría de las del sistema.

De acuerdo a los resultados observados por Siksna (1997) respecto al tipo de movimiento predominante que puede haber en estas líneas, aún cuando estas líneas son las importantes (en términos de accesibilidad) de toda el AUCM, sus dimensiones permiten que haya una proporción significativa de movimiento peatonal y que además, sus cuadras tiendan a permanecer sin cambios significativos.

El Mapa 14 muestra las 1,286 líneas del 2º intervalo de líneas mas accesibles. Lo primero que llama la atención es que, en este intervalo están las líneas que salen del núcleo y lo conectan no solo con el resto de la ciudad sino con las salidas hacia otras ciudades (Querétaro, Pachuca, Puebla, Cuernavaca y Toluca). Respecto a su localización: la mayoría de las líneas están dentro de la Ciudad Central, al grado tal que cerca del 50% de las calles de las cuatro delegaciones

aparecen en este intervalo (complementadas por algunas líneas de los intervalos superior e inferior).

Además, es posible observar concentraciones de líneas muy accesibles en las delegaciones Azcapotzalco, Coyoacán, Iztacalco, Iztapalapa y G.A. Madero, además de los municipios de Naucalpan (a lo largo del Blvd. Manuel Ávila Camacho en el área alrededor del Metro Cuatro Caminos y la zona de Ciudad Satélite) y Tlalnepantla. En estos casos (a excepción del área de Naucalpan), es evidente el efecto que tiene el Metro en la accesibilidad, ya que son las calles que corren en paralelo a las líneas de este las que sobresalen.

Comparando estos resultados con los planes y programas de desarrollo de la Zona Metropolitana podemos ver que dentro de lo propuesto por el PGDUDF respecto a los Centros Urbanos, las condiciones de accesibilidad estaban dadas en el año 2000 para que dos de los centros propuestos (ambos al sureste de la ciudad) se desarrollaran con éxito: Iztapalapa y Zaragoza, apoyados por la línea 8 el primero y por el conjunto de líneas 1, 5, 9 y A para el segundo, ya que el área determinada para este centro es el de Pantitlán. Por otra parte, el Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana proponía “alentar el crecimiento físico urbano sobre todo en el noreste de la ZMVM, correspondiendo con el programa del Estado de México PRORIENTE” (Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos, 1998: 57). En este caso (y sólo observando este intervalo), se empezaban a crear las condiciones de infraestructura de transporte necesarias para esta propuesta¹¹¹, por lo tanto, lo que se observa en el Mapa 14 es de alguna manera un análisis predictivo de lo que podría pasar en esa área.

Regresando al Cuadro 5.1, pero ahora poniendo nuestra atención en el segundo intervalo, podemos observar que en este caso la mediana de la longitud es de 0.623 Km., es decir, casi cuatro veces mayor a la del AUCM (0.160 Km.). A su vez, la mediana de la longitud de “frente de cuadra” en estas líneas es de 0.090 Km., lo cual significa 1.18 veces más que la media del AUCM, que es de 0.076 Km. Una vez mas, si consideráramos solamente este intervalo para evaluar el enunciado de Hillier respecto a las dimensiones de las manzanas correspondientes a las líneas mas accesibles, se continua afirmando que se cumple esta propiedad y que entonces, el núcleo de accesibilidad global de la Ciudad de México parece empezar a acercarse a otras ciudades.

¹¹¹ Se dice que se empezaban a dar las condiciones porque fue hasta el segundo semestre del año 2000 cuando se concluyó por completo la línea B.

El Mapa 15 muestra el tercer intervalo de las líneas mas accesibles. En este intervalo, el área de líneas accesibles se extiende a tres delegaciones mas (Coyoacán, Álvaro Obregón e Iztapalapa), pero principalmente crece hacia los municipios colindantes del Estado de México, aunque también alcanza a otros municipios mas lejanos¹¹², haciendo un total de 28 entidades (12 delegaciones y 16 municipios). De las cuales, hay un gran número de líneas dentro de los límites de siete en el Distrito Federal (Azcapotzalco, V. Carranza, Cuauhtémoc, M. Hidalgo, Iztacalco, B. Juárez, y G.A. Madero) y cuatro en el Estado de México (Ecatepec, Naucalpan, Nezahualcóyotl y Tlalnepantla de Baz).

Sin embargo, lo que mas parece destacar de este grupo de líneas son tres áreas:

1. Al norte del AUCM “aparece” la Av. José López Portillo, que une al oriente (carretera México Pachuca) con el poniente (carretera México Querétaro) de una manera muy directa; la salida hacia Pachuca (nororiental) se extiende hasta el municipio de Tecamac, y en esta misma dirección aparece la carretera hacia el municipio de Teotihuacán;
2. En el poniente de la Ciudad, también aparecen las conexiones hacia la carretera México Toluca, desde la Carretera Naucalpan – Toluca (que cruza el municipio de Naucalpan desde el Blvd. Manuel Ávila Camacho) hasta que conecta con la Autopista Cuajimalpa – Naucalpan;
3. En el oriente se observan concentraciones de líneas en dos zonas: en Ciudad Neza, las calles (dirección norte – sur) al norte de Av. Lagunas de Zempoala – Escondida y un poco mas al sur, dentro de la delegación Iztapalapa hay un conjunto de líneas casi perpendiculares al Eje 8 Sur (Ermita Iztapalapa) casi desde donde inicia la línea 8 del Metro hasta el entronque con la Autopista México Puebla.

Como se ha hecho en los dos intervalos anteriores, observemos la relación entre los valores de accesibilidad, la longitud de las líneas y la longitud de “frente de cuadra” (Cuadro 5.1). En este intervalo, las líneas son considerablemente mas cortas (0.338 Km.) que en los intervalos anteriores, pero casi dos veces mas largas que la mediana de toda la ciudad (0.160 Km.); además

¹¹² Los municipios colindantes son: Naucalpan, Ecatepec, Tlalnepantla de Baz, Tultitlán, Coacalco, Nezahualcóyotl, La Paz y Huixquilucan. Los municipios mas lejanos son: Acolman, Tecamac, Teotihuacán y Tezoyuca (al noreste), Valle de Chalco Solidaridad al sureste, Huixquilucan al suroeste y Atizapán de Zaragoza, Cuatitlán Izcalli, Tepozotlán y Coacalco (al noroeste).

se acerca a la mediana de la *ciudad accesible* (0.360 Km.) por el número de líneas que están dentro del intervalo (aproximadamente 84%).

Como se mencionó en secciones anteriores de este capítulo, esta disminución tan drástica de la longitud de las líneas que conforman la estructura vial de la ciudad evidencia cómo es que ésta se ha construido a partir de un acumulado de retículas de diferentes tamaños con muy poca continuidad, incluso la *ciudad accesible*.

Por su parte, la media de la longitud de “frente de cuadra” del intervalo es 0.094 Km., siendo aún superior a la del AUCM (0.076 Km.), por lo que en este intervalo también se cumple la relación entre las líneas más accesibles y la longitud de “frente de cuadra”: a mayor valor de accesibilidad, mayor la longitud del “frente de cuadra”.

En síntesis, al analizar la *ciudad accesible* podemos decir lo siguiente de la ciudad de México:

- La ciudad tiene una estructura con un núcleo central y con líneas muy largas que lo conectan con el resto de la ciudad, inclusive con otras ciudades. Esta caracterización confirma la idea de una centralidad metropolitana, señalada por Delgado y colegas (1997: 31), pero con el modelo se tiene la capacidad de señalar específicamente los límites físicos reales de este centro.
- La cobertura de la *ciudad accesible* es, en términos de extensión, de casi una quinta parte de totalidad de las vialidades del AUCM, mientras que en términos territoriales, son el 50% de las unidades político-administrativas que conforman el AUCM, extensión comparable con la ciudad de México del periodo comprendido entre 1950 y 1980, por lo que podemos afirmar que es posible acceder fácilmente, en términos topológicos, al centro desde la periferia. Esto podría ser aprovechado por las autoridades correspondientes para orientar el crecimiento y consolidar la ciudad hacia zonas con las condiciones adecuadas de infraestructura, permitiendo entonces la integración social y territorial de estas delegaciones y municipios, tal y como proponían los Programas de Desarrollo elaborado por el Departamento del Distrito Federal (1985) y la COMETAH (1998).
- Dentro de este conjunto de líneas están incluidas todas las salidas importantes de la ciudad.
- Comparando los niveles de accesibilidad más altos (el primer intervalo) y la longitud de las líneas correspondientes, podemos decir que éstas tienen una relación directamente proporcional, es decir, a mayor accesibilidad las líneas son más largas.

- Al observar el número de líneas muy accesibles, no sólo se evidencia el problema del congestionamiento al que hacen referencia algunos autores, sino que se agudiza debido al muy reducido número de líneas que son. Si hubiera más líneas continuas que cruzaran la ciudad, las cuales conectarán mejor al Distrito Federal y al Estado de México, seguramente los niveles de movimiento de éstas se reducirían.
- En la sección referente a longitud de las líneas se sugirió que las líneas mas largas fueran consideradas como parte de la red vial primaria. En esta sección, después de haber analizado la ciudad accesible, se sugiere que sean éstas deberían ser consideradas como la estructura primaria de la red, ya que cumplen con el objetivo de otorgar amplia conectividad a la ciudad al tránsito urbano de largo recorrido (Gobierno del Distrito Federal, 2002; Secretaría de Obras y Servicios, Gobierno del Distrito Federal, 2008),
- A partir del cálculo de los “frentes de cuadra”, se puede observar que en la ciudad de México, las líneas mas accesibles tienen “frentes de cuadra” mas largos (93 m.) que el promedio de toda la ciudad (76 m.), confirmando el enunciado de Hillier que afirma que las líneas con valores de accesibilidad mas altos tienen en promedio, manzanas mas grandes que el resto de la ciudad.
- La red del Metro, en términos de la conectividad y desde una visión metropolitana, cumple con el objetivo planteado por el Plan Maestro de 1980 (en Islas Rivera, 2000: 288) y el POZMVM (Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos, 1998): consolidar el área metropolitana, especialmente los centros de actividades principales, a partir de un transporte metropolitano que permite a los usuarios realizar viajes de largo recorrido de una manera rápida (en tiempo y conexiones). Sin embargo y coincidiendo con Víctor Islas (2000: 292), el hecho de que ambos planes pongan a esta red como el sistema estructurador de la ciudad, parece ser una “carga demasiado pesada” para una red que cubre (en términos territoriales) apenas once de todas las unidades político-administrativas.

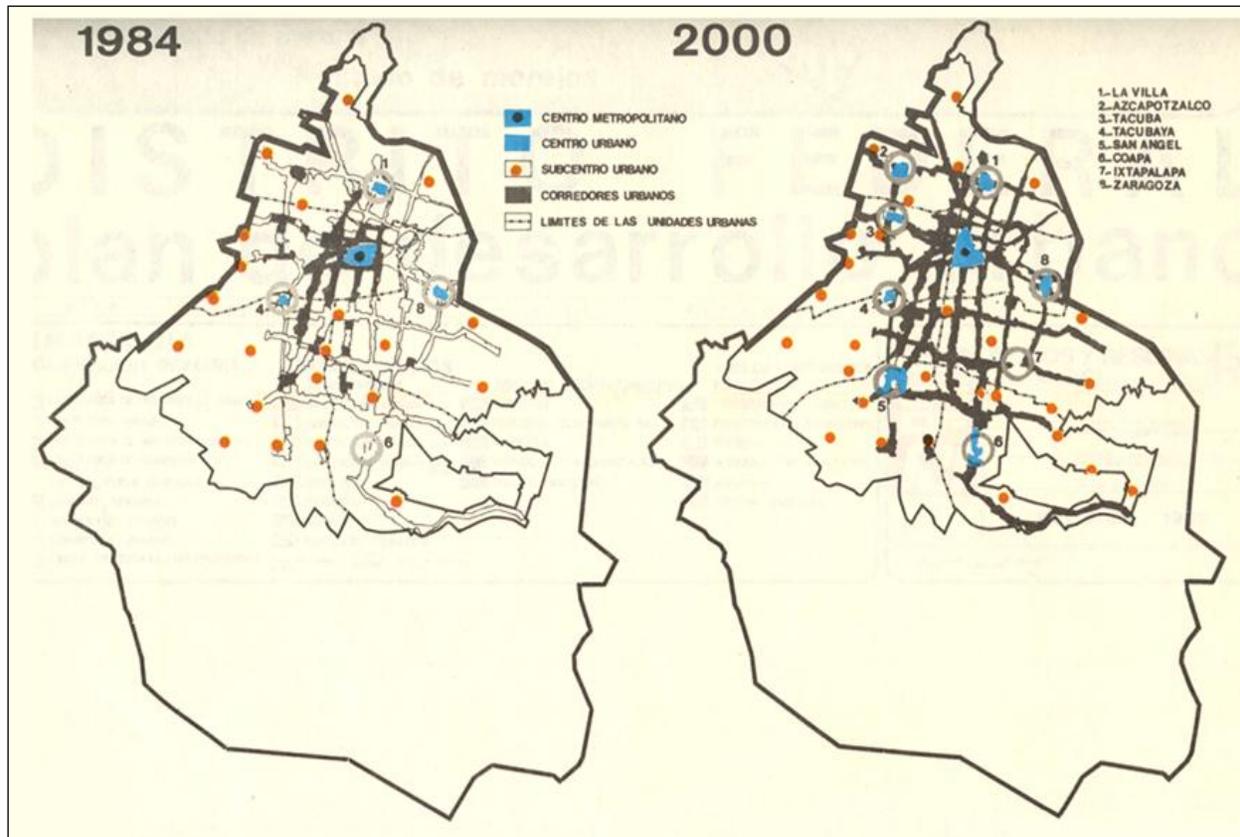
Accesibilidad local

Como se vio en el capítulo anterior, la expansión de la ciudad de México en la segunda mitad del siglo XX se dio de manera vertiginosa. A medida que la ciudad creció (especialmente a partir de la década de 1970), sus funciones evolucionaron, lo que dio origen a zonas espacialmente descentralizadas o subcentros dentro del área metropolitana donde sus habitantes obtienen

servicios y satisfacen sus necesidades cotidianas (Ward, 2004: 230). Por lo que, al reconocer este fenómeno, los planificadores propusieron áreas estratégicamente localizadas que impulsarían el desarrollo económico y proporcionarían servicios a la población, con el apoyo de todos los modos de transporte, en especial el Metro.

El Programa General de Desarrollo Urbano realizado por el Departamento del Distrito Federal (1982) propuso ocho centros urbanos (además del centro metropolitano, localizado en el centro histórico de la ciudad), apoyado por subcentros y centros de barrio y estructurados por corredores urbanos (localizados principalmente a lo largo de algunas líneas del Metro) (Figura 5.3). El propósito de los primeros era “ofrecer en todos los rumbos de la ciudad, junto con el Centro Metropolitano, un espacio situado estratégicamente para efectuar las actividades administrativas, cívicas, culturales y recreativas de mayor jerarquía, accesible por los medios de transporte masivo, en torno al cual se concentren los servicios con tal eficiencia que contribuyan a evitar largos desplazamientos en vehículos;... adecuándose a los hábitos socioeconómicos que caracterizan a cada sector de la ciudad” (ibid: 88). Mientras que el propósito de los corredores urbanos era conformar el armazón de la ciudad, siguiendo los ejes marcados por el Metro, constituyendo franjas con altas densidades de población, mayores concentraciones de servicios y fuentes de empleo intercalados con vivienda.

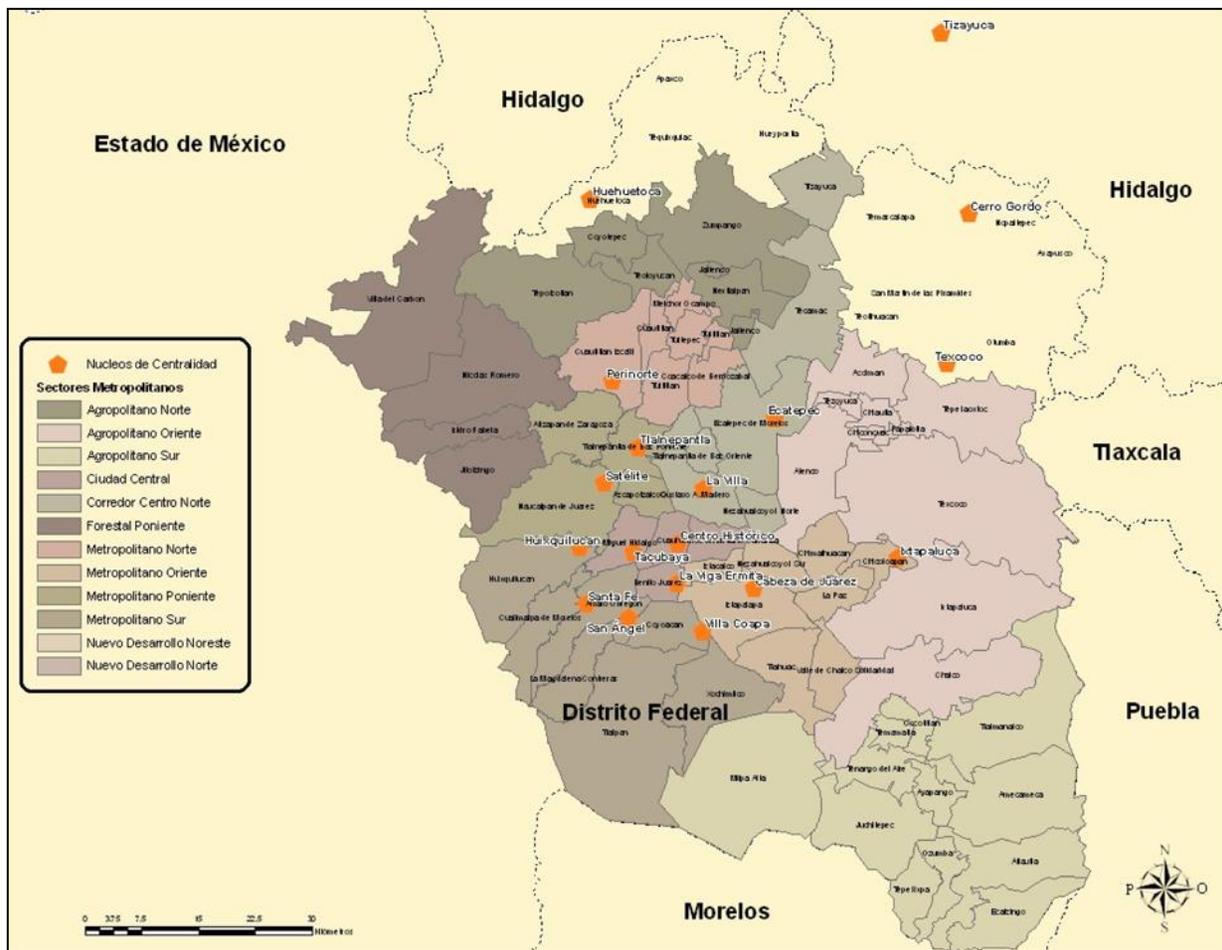
Figura 5.3. Centros y corredores urbanos en el Distrito Federal para los años 1984 y 2000



Fuente: *Plan General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal* (Departamento del Distrito Federal, 1982: Mapa 3)

Años después, la COMETAH (1998) propuso doce sectores metropolitanos para crear “nuevos patrones de ocupación futura en las áreas del Valle aún sin ocupar” (p. 148) (Figura 5.4). Su propósito era el de poder trabajar a “una escala de planeación urbana intermedia entre el nivel metropolitano y el nivel local, que involucre, en la medida de lo posible, tanto a delegaciones del Distrito Federal como a municipios del Estado de México, con el fin de garantizar una adecuada coordinación metropolitana a nivel local” (ibid). Los criterios empleados para su delimitación fueron tres: la etapa de incorporación de las delegaciones y municipios a la zona metropolitana, la intensidad funcional que existe entre éstos y el papel estructurador de las principales vías de comunicación (ibid.).

Figura 5.4. Sectores metropolitanos y sus núcleos de centralidad propuestos por la COMETAH



Ver el Anexo 2 para la definición de los sectores por unidad jurídico-administrativa. Fuente: *Metropoli 2025* (2006: 49)

Con el Plan General de Desarrollo Urbano, las autoridades buscaron consolidar e integrar los subcentros que ya existían informalmente mediante la creación de los centros urbanos y sus complementos: subcentros y centros de barrio. Esto tiene continuidad en otros planes (generales y parciales) tanto del Distrito Federal como la Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos y su Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México. Sin embargo, se han visto debilitados por su implementación muy poco efectiva, la falta de coordinación entre las dependencias de planeación (tanto del Distrito Federal como del Estado de México), los cambios en las visiones e intereses de las administraciones en curso. Esto ha producido que en nuestros

días se vea a la planeación física como “remiendos técnicos” o justificaciones de acciones políticas (Ward, 2004).

Por su parte, la academia ha analizado la ciudad tratando de definir el tipo de estructura urbana que tiene, y teniendo tres diferentes posturas. Connolly y Cruz (2004) y Javier Delgado y colegas (Delgado, Sobrino et al., 1997; Delgado, 1998; Suárez Lastra y Delgado Campos, 2007) afirman que la ciudad todavía es monocéntrica, porque aún cuando se pueden identificar algunas áreas con el potencial para ser subcentros, éstas todavía tienen una fuerte relación y dependencia con el núcleo central.

Por otra parte, Aguilar y Alvarado (2004) y Sobrino (2007) afirman que la estructura de la ciudad de México es policéntrica con una “ciudad central” que presenta importantes oportunidades locacionales para el comercio y los negocios.

Ambas conclusiones previas son resultado de investigaciones que emplean como variables de estudio la localización tanto de empleos como de residencia, mientras que para la tercera se emplearon los flujos de movimiento intraurbano como variable de estudio. Ésta postura afirma que la estructura de la ciudad esta en transición, con “un conjunto de subcentros cuyas relaciones son inciertas”, la cual se denomina hiperárquica (Graizbord, 2008: 165),

Al ser éste un análisis a partir de la estructura vial, uno podría pensar que la ciudad estará conformada exclusivamente por corredores urbanos, sin embargo, como se vio en la sección anterior y se verá en esta, es posible determinar algunos núcleos a partir de la accesibilidad de las vialidades. Como se describió en los Capítulos II y III, los estudios realizados con *Space Syntax* en diversas ciudades (Hillier, 1996b; Hillier, 1999; Hillier, 2005) muestran un índice de *accesibilidad local*, utilizando un radio topológico limitado¹¹³. Los resultados de estos análisis han podido determinar con precisión áreas con altos niveles de accesibilidad local que corresponden a los subcentros más importantes de las mismas. Esta coincidencia no es solamente topológica sino también respecto a la organización espacial de las actividades económicas y a la proporción de movimiento peatonal y vehicular en ellas. Además es posible ver la manera en que éstas se interrelacionan, ya que también se pueden caracterizar formalmente.

¹¹³ Este radio generalmente es 2 ó 3 (de acuerdo al programa empleado para el análisis), sin embargo, puede variar de acuerdo a los resultados arrojados por el análisis (en algunos casos un análisis con un radio pequeño no provee información necesaria para hacer alguna observación importante, por lo que en este caso, se incrementa el radio hasta encontrar uno que sí sea significativo) o al propósito de la investigación.

Recordemos que los objetivos de esta parte de la investigación son: identificar áreas con un alto potencial de desarrollo a partir del cálculo de sus niveles de accesibilidad; observar la manera en que éstas se relacionan (de manera física) a través de la estructura vial; comparar la localización de estas áreas con los subcentros propuestos por los programas de desarrollo urbano, empleando otras variables.

Debido a lo anterior, el análisis del AUCM hecho con *Space Syntax* se comparará con: ocho *sectores metropolitanos*¹¹⁴ propuestos por la COMETAH (1998) y cuyos *núcleos de centralidad* fueron precisados posteriormente por Metropoli 2025 (2006) y los nueve centros urbanos y los corredores urbanos propuestos en el Plan General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal (Departamento del Distrito Federal, 1982).

Los niveles de accesibilidad para esta sección fueron calculados con una profundidad de 3 conexiones. Al hacer las primeras pruebas del modelo (ver Figura 5.5), se hizo el análisis con diferentes radios, iniciando con 2 conexiones, seguido por 3, 4 y 5. Al observar los mapas se decidió descartar el primero porque la distribución de los valores de accesibilidad estaba muy sesgada a la izquierda, es decir, había una gran cantidad de líneas con valores de accesibilidad muy bajos y por lo tanto, resultaba poco indicativo para los objetivos planteados en esta investigación. Por lo tanto, observando el valor de la mediana (=3) de la distribución de las líneas del AUCM por su conectividad (Figura 4.11), se consideró la profundidad de 3 conexiones como un valor más representativo de la ciudad de México y útil para este análisis¹¹⁵.

Lo primero observado fueron los valores más significativos de la accesibilidad local en el territorio (Mapa 16) para identificar las líneas (y áreas) con los valores más altos y bajos; posteriormente se buscarán coincidencias con las áreas identificadas en los mapas de accesibilidad metropolitana.

Se puede ver cómo los altos niveles (representados en colores cálidos: rojo, naranja y amarillo) de accesibilidad local se distribuyen por casi todo el territorio, pero con una mayor concentración en el área central, principalmente dentro de los límites del Distrito Federal, y oriente del AUCM, especialmente en los municipios de Ecatepec, Nezahualcóyotl y Valle de Chalco Solidaridad; en el poniente, destaca una mancha continua de líneas accesibles que cubre

¹¹⁴ Los sectores 9, 10, 11 y 12 no están incluidos en este estudio porque para el primero no se señala ningún núcleo de centralidad, mientras que los otros 3 no se encuentran dentro del área de estudio de esta investigación.

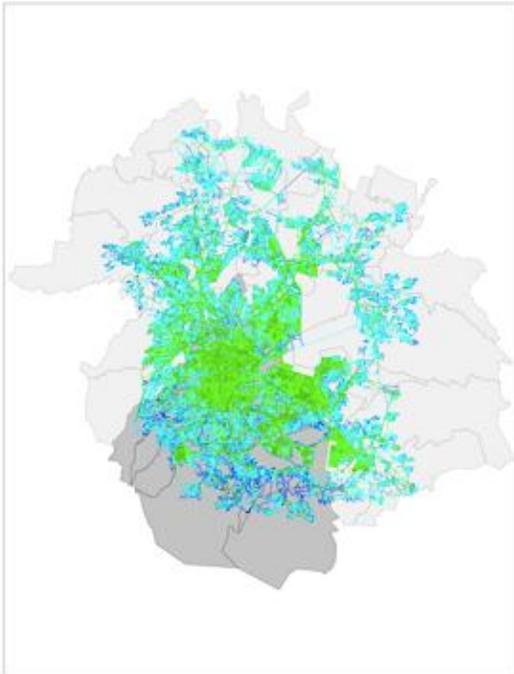
¹¹⁵ Recordemos que el cálculo de la accesibilidad depende tanto del número de líneas del sistema a analizar, como del número de conexiones de cada línea.

en los municipios de Atizapán, Cuautitlán Izcalli, Naucalpan, Tlalnepantla y Tultitlán; finalmente, en el sur destacan los bajos niveles de accesibilidad (representados con colores azules en el mapa), aún cuando existen dos núcleos de líneas con valores altos de accesibilidad (las colonias Pedregal de San Nicolás, Lomas y Héroes de Padierna -en la delegación Tlalpan- y el centro de Xochimilco) y líneas largas que conectan los diferentes asentamientos periurbanos.

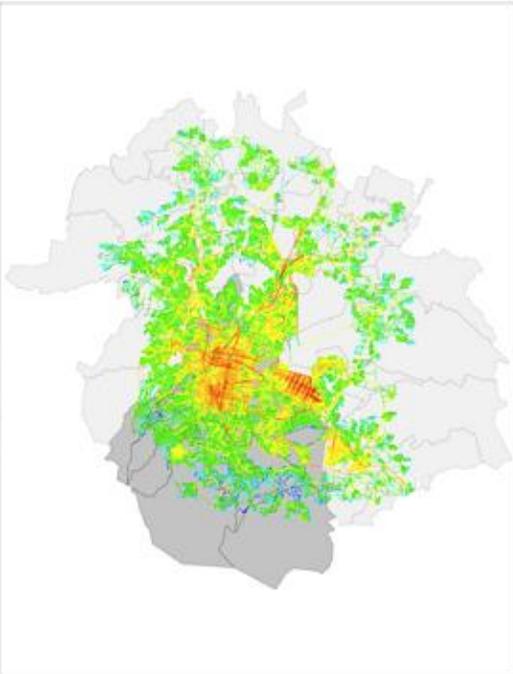
Otro resultado que llama la atención es la poca influencia que tiene el Metro para la accesibilidad local, lo que contrasta con su gran importancia en la accesibilidad metropolitana (Cuadro 5.2). En este caso sólo hay dos líneas (las líneas 3 y 8) dentro de las 27 líneas más accesibles (primer intervalo) a comparación de las siete que aparecen dentro del mismo intervalo de los valores metropolitanos; de las otras diez, siete aparecen en el segundo intervalo y las otras tres están dentro del tercer intervalo, sin embargo, en ambos casos aún cuando los valores son elevados comparados con todo el sistema, si se comparan contra su valor de accesibilidad metropolitana son bajos, como se puede ver en el Cuadro 5.2.

Figura 5.5. Pruebas del análisis de accesibilidad con diferentes radios

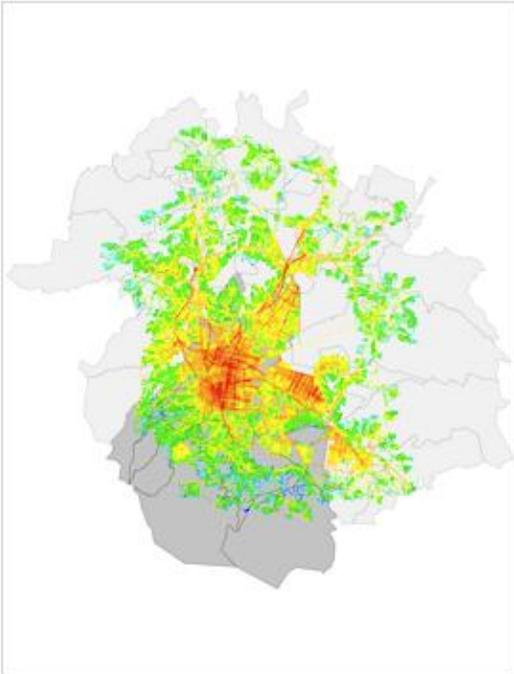
Mapa . Distribución de la accesibilidad calculada a un radio topológico 2.



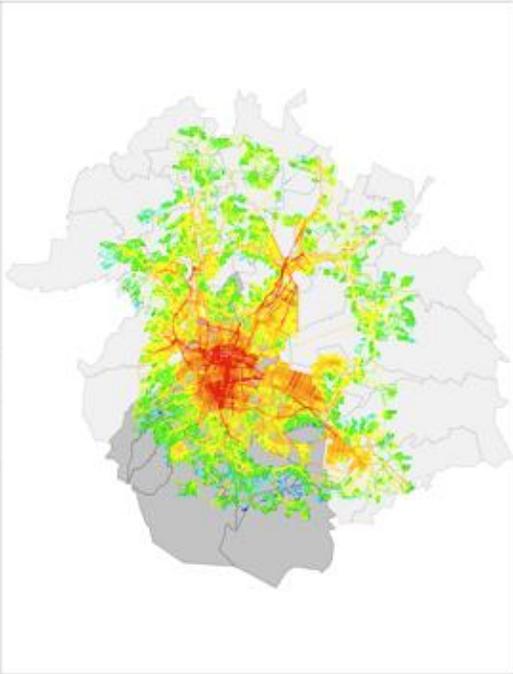
Mapa . Distribución de la accesibilidad calculada a un radio topológico 3.



Mapa . Distribución de la accesibilidad calculada a un radio topológico 4.



Mapa . Distribución de la accesibilidad calculada a un radio topológico 5.



Los mapas muestran pruebas de análisis hechos con los radios 2, 3, 4 y 5 (empezando de la esquina superior derecha) en un modelo simplificado al usado para este estudio. Fuente: Elaboración propia

A partir de estos resultados se podrían sugerir algunas cuestiones que sería necesario complementar con otros estudios para poder hacer una afirmación categórica. La primera cuestión es que la red del Metro ha sido diseñada y construida bajo una visión de gran escala, pero que la considera solamente como un sistema de movilidad que da servicio a los principales centros de actividades de la metrópoli (Borja Navarrete, 1997: 85) y no se plantea como un verdadero detonador de varias actividades organizadas a lo largo de las líneas, tal y como lo proponía el Programa General de Desarrollo Urbano (Departamento del Distrito Federal, 1982).

Cuadro 5.2. Niveles de accesibilidad (metropolitana y local) de las líneas del Metro

Línea del Metro	"Ranking" dentro de la red	
	Accesibilidad Metropolitana	Accesibilidad Local
1	6	83
2	4	104
3	1	6
4	79	493
5	21	197
6	39	229
7	9	65
8	15	21
9	31	136
A	104	1,076
B	14	39
Tren Ligero	163	1,487

Fuente: Elaboración propia

La segunda observación es respecto a cómo y por qué los habitantes usan la red del Metro, lo cual va íntimamente ligado con la forma en que la ciudad esta construida (una estructura muy fragmentada y desarticulada): al parecer, para realizar viajes largos emplean el Metro (cuando es posible) y para los cortos prefieren usar otro modo de transporte de superficie. El Metro, entonces es una red que le permite a los usuarios alcanzar sus destinos distantes rápidamente, "evitándole" trazar (mentalmente) y recorrer rutas complejas, es decir, con muchos cambios de dirección, además del ahorro en el tiempo de desplazamiento. Esta afirmación podría explicar parcialmente el alto porcentaje del uso de los "colectivos" dentro de la distribución de viajes por modos de

transporte (Figura 4.2), y complementar algunos estudios hechos (Ibarra y Lezama, 2008; Sobrino y Ibarra, 2008) donde se observa que “la gente que vive en una región tiende a trabajar preferentemente en ella” (Ibarra y Lezama, 2008: 137), lo que sugiere que éstos son viajes cortos y que además es, casi exclusivamente en el Distrito Federal donde los habitantes pueden usar el Metro.

Núcleos de accesibilidad

Si desagregamos los niveles de accesibilidad y revisamos los cuatro intervalos que tienen los valores mas altos en su conjunto (Mapa 17) podemos ver de manera mas clara estas concentraciones, de las cuales destacan ocho:

1. El núcleo Centro Histórico es el principal y cubre las delegaciones Azcapotzalco, V. Carranza, Cuauhtémoc, M.Hidalgo (parcialmente), Iztacalco, Iztapalapa (el área colindante con la delegación B. Juárez), B. Juárez y G.A. Madero (el área colindante con las delegaciones Azcapotzalco y Cuauhtémoc);
2. Localizadas al suroeste del Distrito Federal encontramos el área comprendida por las colonias Pedregal de San Nicolás, Héroes de Padierna y Lomas de Padierna (en la delegación Tlalpan), al que se le denominará San Nicolás – Padierna;
3. Al oriente, el antiguo poblado de Santa Cruz Meyehualco (en la delegación Iztapalapa), que se le llamará con el mismo nombre;
4. En el municipio de Naucalpan, el área entre la Carretera Naucalpan Toluca, el Blvd. M. Ávila Camacho y la Calz. De los Maestros (partiendo de la intersección con el Blvd. M. Ávila Camacho);
5. En el municipio de Ecatepec, se puede observar que las concentraciones se dan a lo largo de tres ejes norte-sur: la Avenida Central, la Ruta 1 Ejército del Trabajo y la Autopista México Pachuca; Ciudad Neza (del Municipio de Nezahualcóyotl);
6. En el municipio de Chimalhuacán, el área comprendida entre Av. Del Peñón y Ejido Colectivo;
7. En Valle de Chalco Solidaridad el área cubre casi en su totalidad el área urbanizada, al igual que en
8. Ciudad Neza en el municipio de Nezahualcóyotl.

De estas ocho, cinco (el núcleo central, Ecatepec, Iztapalaca, Naucalpan y Ciudad Neza) también tienen la propiedad de ser parte de la *ciudad accesible*, mientras que las otras tres adquieren un valor importante a nivel local.

Como la extensión del núcleo Centro Histórico resulta ser muy grande, será necesario desagregar mas este conjunto, para ver si es posible identificar áreas con el potencial para desarrollarse como subcentros o corredores urbanos. El Mapa 18 muestra los dos primeros intervalos de las líneas mas accesibles a esta escala. El primer intervalo (las 27 líneas mas accesibles) esta representado en color rojo; de éstas podemos señalar que 16 están dentro del Distrito Federal y las otras 9 en tres municipios del Estado de México (Ecatepec, Nezahualcóyotl y Valle de Chalco Solidaridad, los tres al oriente del AUCM) y 2 son líneas de la red del Metro (líneas 3 y 8).

Al revisar los valores de accesibilidad metropolitana, conectividad y longitud de las 27 líneas más accesibles a esta escala podemos ver que doce líneas presentan altos niveles de accesibilidad a las dos escalas, doce líneas son de las 25 más conectadas, diez son de las 27 más largas de toda la red y finalmente, 2 líneas están dentro de los 25 valores más altos de las cuatro mediciones (Cuadro 5.3). En los siguientes párrafos observaremos lo que sugieren estos resultados.

Cuadro 5.3. Las 27 líneas más accesibles de la Ciudad de México a escala local.

ID	Calle (Nomenclatura)	Accesibilidad Local (R3)	Longitud (km)	Conectividad	Frente de cuadra (km)
47	Av. Adolfo López Mateos [Mpo. Ecatepec]	6.0191	9.339	161 *	0.058
10	Circuito Interior: Av. Río Consulado * – Paseo de las Jacarandas – Av. Instituto Técnico Industrial – Calz. Melchor Ocampo – Av. José Vasconcelos – Arq. Carlos Lazo	5.9394 *	13.8372 *	226 *	0.061
6	Vía Tapo Express – Av. Bordo de Xochiaca – Av. Lázaro Cárdenas [Mpo. De Nezahualcóyotl y Del. V. Carranza]	5.8685	14.7691 *	179 *	0.083
14	Av. Morelos – Av. 16 de Septiembre – Calz. San Bartolo Naucalpan – Calz. México Tacuba – Av. Ribera San Cosme – Puente de Alvarado – Av. Hidalgo (hasta República de Argentina)	5.73631 *	12.9208 *	156 *	0.083
62	Calle Bolívar (desde Calle Tacuba hasta Av. Antonio Rodríguez)	5.6678 *	8.277	103	0.081
91641	Metro: Línea 3	5.61301 *	20.6261 *	59	n / a
40		5.6107	9.952	85	0.118
39	Av. Insurgentes Norte (desde casi intersección con Av. Acueducto) hasta Av. Insurgentes Centro (intersección con Av. Chapultepec)	5.60446 *	10.168	70	0.147
21	Av. Miguel Hidalgo – Av. De las Granjas – Eje 3 Norte Av. Cuitlahuac – Calz. Gral. Mariano Escobedo [Mpo. De Tlalnepan de Baz y Delegs. Azcapotzalco y M. Hidalgo]	5.6040	11.6666 *	99	0.119
29	Eje 1 Norte: Jose Antonio Alzate – Mosqueta – Rayón – Héroes de Granaditas – Av. Del Trabajo – Alpañiles – Norte 17 – Hangares de Aviación – Miguel Lebrija	5.59912 *	10.952	129 *	0.086
73	Calz. De los Misterios - Paseo de la Reforma (hasta Antonio Caso)	5.59525 *	7.559	87	0.088
57	Calle Bolívar (desde Calle Tacuba hasta Av. Río Churubusco)	5.5935 *	8.767	106	0.083
41	Av. Chimalhuacan [Mpo. Nezahualcóyotl]	5.5750	9.751	279 *	0.035
26	Av. División del Norte (desde Viad. M. Alemán hasta Calz. Del Hueso)	5.55543 *	11.256	140 *	0.081
3	Autopista México Pachuca [Mpos. De Tecámac y Ecatepec]	5.5361	17.738 *	168 *	0.106
51		5.5281	9.198	122	0.076
5	Av. México Pachuca – Vía José María Morelos – Carr. México Laredo [Mpos. De Ecatepec]	5.5157	15.445 *	126 *	0.124
50	Eje 2 Norte desde intersección con Eje 3 Norte (Calz. Camarones) hasta la intersección con Calle E. Zapata [Delegs. Azcapotzalco, Cuauhtémoc y V. Carranza]	5.4999	9.203	135 *	0.069
97	Av. Pantitlán [Mpo. Nezahualcóyotl]	5.4936	6.782	222 *	0.031
8	Av. México Pachuca – Vía José María Morelos – Carr. México Laredo [Mpo. De Ecatepec]	5.4924	14.2295 *	116	0.124
91670	Metro: Línea 8	5.48674 *	16.448 *	55	n / a
146		5.46306 *	5.711	67	0.087
13	Eje 8 Sur. Calz. Ermita Iztapala (desde Eje 3 Oriente hasta Calz. Ignacio Zaragoza) [Del. Iztapalapa]	5.4622	13.1846 *	194 *	0.068
63	Av. Marina Nacional (desde Calz. México-Tacuba) - Antonio Caso - Artículo 123 - Manzanares (esq. Av. Rosario)	5.46067 *	8.271	91	0.092
144		5.4541	5.748	95	0.061
136		5.4534	5.872	81	0.073
275		5.45148	4.37459	38	0.118232
	MEDIANA DEL INTERVALO	n / a	9.85	124	0.083
	MEDIANA DEL AUCM	n / a	0.16	3	0.121

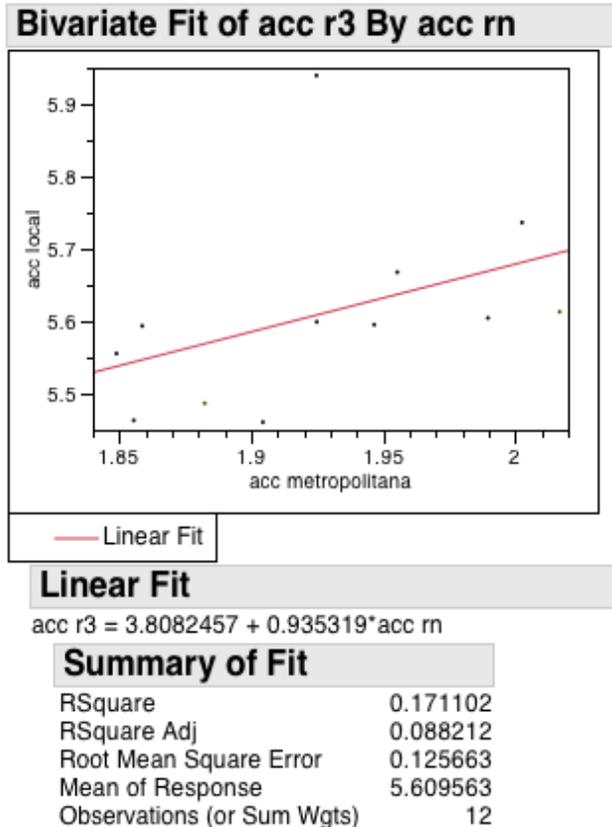
* Estos valores coinciden con los 25 valores más altos de la medida observada, en el caso de la accesibilidad el comparativo es con los valores de accesibilidad metropolitana.

Nota: Se empleó la mediana como medida de tendencia central, ya que en todos los casos los datos presentan una distribución sesgada.

Fuente: Elaboración propia

La relación entre los niveles de accesibilidad en las dos escalas se pueden determinar con mayor precisión usando la medición de *sinergia*, con la cual podemos observar cómo áreas importantes a nivel local se relacionan físicamente con la estructura metropolitana. Con los datos observados en el Cuadro 5.3, uno esperaría encontrar un relación muy fuerte, sin embargo, al observar la sinergia entre ambos niveles de accesibilidad (Figura 5.6) podemos observar que no la hay (el valor de la $R^2=0.17$). Parece ser que este resultado evidencia una vez mas el hecho de que la ciudad de México tiene una estructura muy fragmentada y desarticulada.

Figura 5.6. Sinergia de las 12 líneas más accesibles a nivel local y metropolitana



Fuente: Elaboración propia

Con ayuda de los siguientes tres intervalos (el segundo intervalo se muestra en el Mapa 18 en color naranja) es posible distinguir entre los polígonos y los corredores de alta accesibilidad local. Para los polígonos se decidió hacer una categorización que permitiera diferenciar la importancia de cada uno. El procedimiento para esta categorización se basó en la agregación de líneas y fue el siguiente: empleando como base los dos primeros intervalos (262 líneas), se observó si había alguna concentración de líneas que sugiriera la existencia de un núcleo de accesibilidad, a estos polígonos se les denominó *Núcleos categoría 1 (N1)*. Después, a los dos intervalos se le añadió el tercer intervalo y se observaron dos fenómenos: los N1 se poblaron con más líneas, reforzando su dominio o presencia, y “aparecieron” otros núcleos alrededor de líneas de los 2 primeros intervalos que no eran evidentes en la categoría anterior, por lo que se les llamó *Núcleos categoría 2 (N2)*. Finalmente, al agregarse el cuarto intervalo de líneas más accesibles aparecieron otros núcleos o concentraciones de líneas a los cuales se les nombró *Núcleos*

categoría 3 (N3). En los siguientes párrafos se hará una descripción de estos, para después compararlos con los programas mencionados en párrafos anteriores.

Núcleos categoría 1

El polígono Centro Histórico destaca por estar claramente delimitado y cruzado por once de 27 líneas del primer intervalo, siendo incluso más extenso que el localizado en esa área en el análisis de la escala metropolitana y cubre una superficie de aproximadamente 15.5 Km² y sus límites son: el Circuito Interior al norte y poniente, al sur por la calle Antonio Caso – Venustiano Carranza y al oriente por el Eje 1 Oriente, y es atravesado longitudinalmente por los ejes viales 1 Norte (Mosqueta – Rayón) y 2 Norte (E. Guzmán – Canal del Norte), mientras que Av. Insurgentes Centro, Av. Paseo de la Reforma y los Ejes 1 Poniente (Guerrero) y Central (Lázaro Cárdenas) lo hacen transversalmente.

El segundo polígono que se distingue está localizado en su totalidad dentro de la Delegación B. Juárez, al cual se le ha llamado Núcleo Del Valle, siendo sus límites la calle Luz Saviñón al norte y el Eje 8 Sur (José Ma. Rico) al sur, mientras que la Av. Insurgentes Sur es el límite poniente y el oriente es la calle de Simón Bolívar, su superficie es de aproximadamente 9.8 km² y también se puede sobreponer al segundo polígono encontrado a partir de los valores de accesibilidad metropolitana. La atraviesan diagonalmente la Av. División del Norte y en sentido norte – sur son siete calles y la línea 3 del Metro; de estas siete calles, cuatro (Eje 1 Pte: Av. Cuauhtémoc, Calles de Bolívar e Isabel la Católica y la Calz. Tlalpan) unen este polígono con el descrito en el párrafo anterior. En el otro sentido (oriente – poniente) son 6 líneas las que atraviesan, destacando los ejes viales 5, 6 y 7 Sur que conectan este polígono con otro núcleo localizado en la delegación Iztapalapa.

La tercer área destacada es la que está dentro del municipio de Nezahualcóyotl, en la zona de Ciudad Neza, articulada a partir de tres ejes oriente – poniente¹¹⁶ que son atravesados por muchas calles en sentido norte – sur. Su extensión es la mayor de los tres polígonos de esta categoría, con una superficie aproximada que cubre es de 17.5 km², lo cual nos indica el potencial que tiene para el oriente de la ciudad. Sus límites son: al norte la Av. Bordo de Xochiaca, al

¹¹⁶ Estos tres ejes son Av. Bordo de Xochiaca, Av. Chimalhuacán y Av. La Escondida, los cuales están dentro del primer intervalo de líneas más accesibles a nivel local.

oriente las avenidas Lázaro Cárdenas – John F. Kennedy, al sur Av. Texcoco y al poniente Av. Nezahualcóyotl.

Las tres siguientes destacan no por ser polígonos, sino mas bien un nodo vial y de transporte. En ésta convergen avenidas importantes para la ciudad, líneas del Metro y albergan un Cetram. Hay dos nodos en el poniente, el primero es el de Tacuba, donde se intersectan la Av. Marina Nacional, Av. Legaria y la Calz. México Tacuba y las líneas del Metro 2 (Cuatro Caminos – Tasqueña) y 7 (Rosario – Barranca del Muerto), además que es posible abordar colectivos cuyos direcciones principales son: hacia el norte Izcalli, al oriente a Pantitlán, al poniente hasta el Blvd. M.A. Camacho Periférico en su límite con el Estado de México. El segundo nodo es el de Tacubaya, al cual confluyen Av. Parque Lira, Av. Jalisco, Av. Observatorio (las cuales son importantes porque sirven de conexión para todas la colonias del poniente de la ciudad), tres líneas del Metro (1, 7 y 9), muchas rutas de transporte tienen como origen el Cetram ubicado aquí¹¹⁷, además de que la Av. Revolución y el Blvd. López Mateos (Periférico) están muy cerca de éste (no más de 500 metros), las cuales son vialidades principales de la ciudad. El tercer nodo que destaca es el ubicado en el área de Pantitlán, contiguo al Circuito Interior y la Av. Miguel Lebrija, su gran importancia radica en ser una de las estaciones de correspondencia “transfronteriza” con mayor afluencia (Sistema de Transporte Colectivo, 2010) donde convergen 4 líneas del Metro (1, 5, 9 y A), de las cuales la línea A proviene de los municipios al oriente del AUCM, la línea 5 se mueve en dirección norte y las líneas 1 y 9 en dirección poniente, lo cual facilita la movilidad de los habitantes a diferentes partes de la ciudad¹¹⁸, eso sin considerar las rutas que salen del Cetram (ya sea al Distrito Federal o al Estado de México).

Sin embargo, como se puede observar en el Mapa 18, estos polígonos no están aislados o desconectados uno del otro, sino existen vialidades que conectan a cada polígono con el resto de la ciudad y con los otros núcleos, dándoles propiedades *glocales* (Hillier, 1999). Es así que podemos decir que la ciudad se articula para facilitar la posibilidad de moverse de un centro a otro fácilmente, sugiriendo así una posible interacción y/o co-dependencia entre las actividades que concentran. Veamos el ejemplo del núcleo Centro Histórico (por su importancia a escala

¹¹⁷ Las rutas de transporte “colectivos” que salen del Cetram Tacubaya se dirigen hacia muchas direcciones, p.e. Atizapán (Edo. Mex.), pero principalmente conectan a la zona poniente de la ciudad (delegaciones Cuajimalpa, M. Hidalgo, A. Obregón).

¹¹⁸ Esto es debido a las correspondencias que tienen estas tres líneas con otras líneas de la red.

metropolitana y local), éste se conecta con los otros núcleos de la siguiente manera: con el núcleo Del Valle principalmente por la calle de Bolívar y el Eje Central Lázaro Cárdenas; con el núcleo Cd. Neza se liga a partir de una serie de conexiones que parten del Eje 1 Norte, el cual se conecta al Circuito Interior (en su tramo oriente) y este a su vez con las avenidas Chimalhuacán y Bordo de Xochiaca, las cuales llegan al corazón de Cd. Neza; con el nodo de Tacubaya, usando el Circuito Interior (en su tramo poniente) como su conector más directo; con el de Tacuba por dos vialidades, la Calz. México Tacuba y la calle de Antonio Caso – Av. Marina Nacional; y finalmente se conecta con el nodo Pantitlán por el Eje 1 Norte (en el tramo Norte 17).

Núcleos categorías 2 y 3

Los *Núcleos categoría 2* son zonas constituidas por muchas líneas de los intervalos tres y cuatro de la accesibilidad local, pero donde unas cuantas líneas de los primeros intervalos (especialmente el primero) las estructuran y delimitan. En el caso de los *Núcleos categoría 3*, no hay líneas del primer intervalo que atraviesen el área, por lo que están estructuradas a partir de líneas de los intervalos 2, 3 y 4, a excepción del Núcleo Santa Cruz Meyehualco, el cual está constituido casi en su totalidad por líneas con valores pertenecientes al cuarto intervalo de accesibilidad, pero organizado a lo largo de una línea del primer intervalo (Eje 8 Sur Calz. Ermita Iztaplapa) (ver Mapa 19).

De los *Núcleos categoría 2*, se identificaron cuatro, de los cuales dos son adyacentes al núcleo Centro Histórico y los otros 2 están en los municipios de Ecatepec y Valle de Chalco Solidaridad. Respecto a los dos primeros núcleos (Anáhuac-Anzures y Col. Obrera) son áreas principalmente de tipo habitacional desde principios del siglo XX, ubicados entre *núcleos categoría 1* y por lo tanto, se pueden entender como barrios cuya vida interna está consolidada y que complementan su vida con los servicios y oportunidades que ofrece el Centro Histórico.

Los núcleos del Estado de México -Ecatepec y Valle de Chalco Solidaridad- (Mapa 19) son totalmente diferentes en sus orígenes a los anteriores, los municipios a los que pertenecen tienen su origen en la migración (tanto de habitantes del Distrito Federal como de otras entidades del país) a partir de 1960¹¹⁹. Entonces, es necesario verlas como zonas espacialmente

¹¹⁹ En 1954 se prohibió en el Distrito Federal la aprobación de fraccionamientos de bajos ingresos, lo que produjo desplazamientos hacia esta zona de la ciudad, donde se “disponía” de un mercado de suelo barato (Ward, 2004:110) para asentarse de una manera irregular (pero con una traza bien dispuesta).

descentralizadas dentro del área metropolitana donde sus habitantes obtienen servicios y satisfacen sus necesidades cotidianas (Ward, 2004: 230), las cuales pueden ser similares (e incluso mayores) al núcleo Centro Histórico solamente en su extensión¹²⁰, no así en las condiciones socio-económicas ni el equipamiento y/o infraestructura.

El otro núcleo diferente a los anteriores es el nodo vial de Naucalpan, el cual permite acceder a las principales vialidades del municipio de Naucalpan desde el Anillo Periférico y conectándose con el núcleo Centro Histórico de una manera directa, usando la vía Morelos que se va transformando hasta ser calle Allende que llega a un costado del Zócalo.

De los *núcleos categoría 3* se identificaron nueve concentraciones, cuya otra característica, además de la mencionada respecto a los valores de accesibilidad de las líneas que la conforman, es la de ser áreas no mayores a los 8 km², lo cual nos remite a la observación de que la ciudad se ha construido de una manera muy fragmentada. Otra cuestión que debemos destacar es la ubicación dentro de la ciudad de éstos: cinco de ellos (Piedad Narvarte, Roma-Condesa, Constituyentes-Observatorio, Polanco y Lomas de Chapultepec) son prácticamente contiguos y se encuentran dentro o muy cerca de *la ciudad accesible*; los cuatro restantes están en la periferia del AUCM, dos en el sur, San Nicolás–Padierna (en la delegación Tlalpan) y Santa Cruz Meyehualco (en la delegación Iztapala), y los otros dos están en las cabeceras municipales de Texcoco y Chimalhuacán, Estado de México.

Estos núcleos no se encuentran aislados del resto de la estructura urbana sin embargo, en el caso de los de categoría 2 y 3, resulta que el número de posibilidades para conectarse con los otros núcleos empieza a verse limitado, lo que una vez mas muestra la manera en que en la ciudad se han construido retículas de diferentes tamaños sin continuidad ni conectividad. Veamos dos ejemplos (uno de cada categoría):

1. Ecatepec -N2- (Figura 5.7) esta delimitado por una vialidad muy accesible (la vía José Ma. Morelos – México Pachuca) y se conecta¹²¹ por cinco vialidades dirección norte sur, de las cuales dos están en el primer intervalo de accesibilidad local (Av. R-1 y Av. Central en su tramo poniente) y las otras tres están en el segundo intervalo, dos de las cuales corren a cada lado del Gran Canal (Av. Manzanillo al poniente y Av. Gran

¹²⁰ La extensión del Centro Histórico es de 15.5 km², mientras que la de Ecatepec es de 10.4 km² y la de Valle de Chalco Solidaridad es de 18.1 km² aproximadamente.

¹²¹ En este caso, al decir que se conecta el núcleo se esta considerando que las vialidades mencionadas van mas allá de los límites del mismo núcleo, lo que le permite a éste conectarse con el resto de la estructura vial.

Canal al oriente) y la otra calle es el tramo oriente de Av. Central; en la otra dirección (oriente poniente) solamente dos vialidades lo conectan con el resto de la estructura: la Av. México – La Gobernadora (al norte) y la Av. de los Aztecas (al sur).

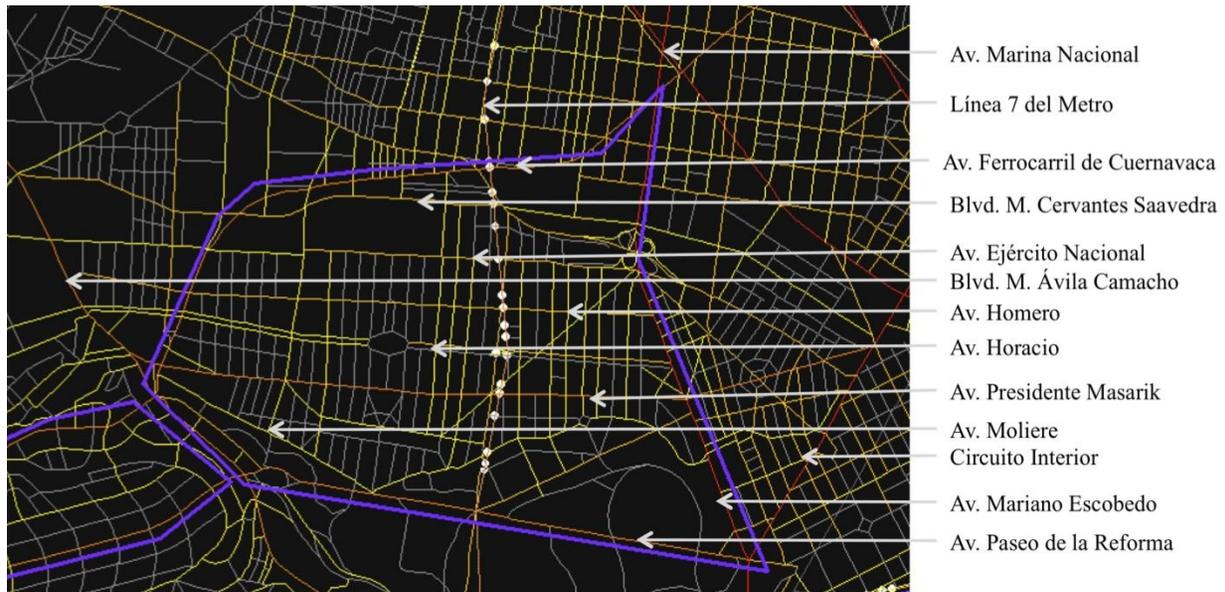
Figura 5.7. Conexión del núcleo Ecatepec (N2) con la estructura vial



Las líneas en color gris pertenecen al 5 intervalo o menor. Fuente: Elaboración propia

2. Polanco -N3- (Figura 5.8) está limitado por vialidades con los valores de accesibilidad más altos del núcleo: FC de Cuernavaca al norte y poniente, Av. Paseo de la Reforma al sur y Av. Mariano Escobedo al oriente. Casi todas las vialidades que cruzan al núcleo son dirección oriente poniente, siendo la única manera de cruzar Polanco de norte a sur, sin tener que cambiar de línea, es usando la línea 7 del Metro.

Figura 5.8. Conexión del núcleo Polanco (N3) con la estructura vial



Las líneas en color gris pertenecen al 5 intervalo o menor. Fuente: Elaboración propia

Si relacionamos la localización de los núcleos presentados con la distribución poblacional de acuerdo a los niveles de ingresos y el diagrama de zonas “ecológicas” presentados por Ward (2004) en su estudio de la ciudad de México, podemos ver el tipo de población que habita el núcleo y por lo tanto, darnos una idea del tipo de servicios y comercios que la población necesita para satisfacer sus necesidades (Cuadro 5.4), esto porque según los hallazgos encontrados usando *Space Syntax*, las zonas accesibles a nivel local son aquellas áreas que concentran las actividades económicas que necesitan la interacción directa con sus clientes (altos niveles de movimiento) y por lo tanto, se benefician con sus efectos económicos (Hillier, 1999: 06.1).

Lo observado en este cuadro requiere de un estudio mucho mas profundo donde se comparen los niveles de accesibilidad obtenidos con: las características socioeconómicas de la población que habita cada núcleo, los usos de suelo reales y el equipamiento con el que cuentan para poder hacer una planeación integral adecuada a las necesidades reales del territorio y sus habitantes.

Cuadro 5.4 Núcleos de accesibilidad y tipo de población que los habita

NÚCLEOS		POBLACION Ingresos (Tipo de vivienda)
Categoría	Nomenclatura	
N1	Centro Histórico	Zona comercial
	Cd. Neza	Proletaria (popular nueva)
	Del Valle	Media alta (residencia de primera clase, lujo y gran lujo)
N2	Anahuac – Anzures	Élite con “infiltraciones” (residencia de primera clase)
	Chalco	Proletaria (popular nueva)
	Ecatepec	Proletaria (residencia media)
	Naucalpan	Proletaria (residencia popular)
	Obrera	“Invasión” (residencia popular)
N3	Chimalhuacán	No aparece en el mapa ni en diagrama
	Constituyentes Observatorio	– Elite con “infiltraciones” (residencia de lujo)
	Lomas de Chapultepec	Elite (residencia de gran lujo)
	Piedad Narvarte	“Invasión” (residencia media)
	Polanco	Elite con “infiltraciones” (residencia de lujo)
	Roma - Condesa	“Invasión” (residencia de lujo)
	San Nicolás – Padierna	Proletaria (popular nueva)
	Sta. Cruz Meyehualco	Proletaria (popular nueva)
	Texcoco	No aparece en el mapa ni en diagrama

Por “infiltración” se entiende el proceso en el que grupos de ingresos medios-altos ocupan residencias y predios de zonas exclusivas (de élite), bajando de categoría en el mercado inmobiliario ; mientras que por “invasión “ se entiende el proceso de cambios en el uso de suelo (de residencial a comercial, de servicios e incluso vivienda multifamiliar). Fuente: Peter Ward (2004: 145).

Corredores urbanos

Los corredores urbanos son de gran importancia para las ciudades, ya que son desarrollos lineales que concentran altas densidades de población y concentran actividades económicas (generalmente establecimientos comerciales y de servicios, como oficinas, incluso algo de industria); es ahí también donde se da una gran proporción del movimiento de personas y mercancías, y en cuestiones formales, son lo que le dan la fisonomía a la ciudad.

En el caso del crecimiento de la ciudad de México (a partir de 1950) se ha considerado como corredores urbanos a las cinco carreteras (Cuernavaca, Pachuca, Puebla, Querétaro y Toluca), las cuales han servido de ejes de crecimiento hacia la periferia, mientras que las vialidades de acceso controlado (como el Anillo Periférico y el Circuito Interior), los ejes viales, la red del Metro (principalmente las líneas que corren a nivel de calle) y otras avenidas que comunican al Estado de México con el Distrito Federal han sido consideradas como los principales corredores intraurbanos.

Sin embargo, no se ha dado la importancia debida a éstos como los grandes elementos estructuradores del desarrollo urbano, capaces de integrar los usos de suelo con el transporte, sino solamente como arterias que facilitan la movilidad, convirtiéndolos en corredores de transporte. El PGDUDF (Departamento del Distrito Federal, 1982) proponía una nueva organización de la ciudad (en este caso para el Distrito Federal exclusivamente) en función de dos componentes: los Centros Urbanos y los Corredores Urbanos, con el apoyo del transporte, sin embargo y como es el caso de la planeación en México, la implementación no fue eficaz, además que a la llegada de una nueva administración este programa se dejó a un lado.

Regresando al análisis de accesibilidad local, empleando el criterio de las líneas más accesibles (primero y segundo intervalos), se identificaron 63 corredores que respondían de mejor manera a la definición de corredor urbano (Mapa 20), es decir que fueran líneas largas que conectaran distintas áreas de la ciudad, pero excluyendo las autopistas (por ser vías de alta velocidad) y las líneas del Metro (porque no puede haber actividades económicas a lo largo de los túneles, mientras que las líneas de superficie y “aéreas” corren a lo largo de vialidades que funcionan como corredores urbanos).

De los corredores identificados, solamente cuatro son “transfronterizos”, es decir, empiezan en una entidad y terminan en la otra, mientras que 26 están dentro de los límites del Estado de México; los 33 restantes están en el Distrito Federal. Es necesario notar algunas cuestiones respecto a éstos:

1. De los 33 localizados dentro del Distrito Federal, aproximadamente la mitad (16) son secciones de ejes viales, lo cual nos habla del valor que tienen estos como elementos para una planeación integral de la ciudad, y no solamente como corredores para la movilidad.
2. La mayoría de los corredores están dentro de la ciudad central, es decir, las delegaciones V. Carranza, Cuauhtémoc, M. Hidalgo y B. Juárez, pero más importante es que todos están dentro de *la ciudad accesible*, a excepción de tres: el Corredor Eje 6 Sur en el tramo entre el Eje 3 Oriente (Fco. Del Paso y Troncoso), el Eje 8 Sur (Ermita Iztapalapa) y el Corredor Tláhuac Chalco.
3. Este último corredor tiene la función de conectar los poblados periurbanos de la delegación Tláhuac con la zona de Chalco de Díaz Covarrubias (la cual es diferente a Valle de Chalco Solidaridad).

4. La zona sur de la Ciudad de México no cuenta con corredores urbanos con dirección oriente – poniente, lo cual nos habla de una zona con vialidades discontinuas, que complican los desplazamientos en la ciudad.
5. Como se puede ver en el Mapa 21, las vialidades del sur de la ciudad tales como el Anillo Periférico, Tlalpan (Calzada y Viaducto), Calz. Del Hueso, Av. Acoxta, Calz. De las Bombas y Av. Tláhuac entre otras aparecen con valores de accesibilidad que los ubica dentro de los intervalos 3 y 4, por lo que no satisficieron el criterio para ser consideradas como corredores urbanos¹²².
6. De los 26 corredores localizados en el Estado de México, la mayoría se concentran en cuatro municipios: al poniente, Naucalpan y Tlalnepantla, que fueron de los primeros municipios en integrarse a la zona metropolitana y donde se localizaron las industrias en la década de 1970 (incluso todavía hay algunas); mientras que al oriente Ecatepec y Nezahualcóyotl, los cuales pueden alojar los servicios necesarios para los habitantes de estos dos asentamientos.
7. Un corredor en el Estado de México que ha llamado la atención desde el análisis de accesibilidad metropolitana es la Vía José López Portillo que conecta al Blvd. A. López Mateos (Anillo Periférico Norte) con la Carretera México Pachuca (en el municipio de Ecatepec).

Finalmente en el Mapa 21 se puede apreciar la estructura vial del AUCM con los niveles de accesibilidad local y los núcleos de accesibilidad y los corredores urbanos superimpuestos. De aquí podemos observar que son las áreas periféricas del AUCM las que “carecen” de corredores urbanos y de núcleos de accesibilidad. Se pone entre comillas la palabra carecen debido a que no se cree que en verdad sea así, si uno observa con mayor detenimiento, uno podría observar que existen líneas que conforman núcleos o nodos y que al mismo tiempo funcionan como corredores urbanos.

Los problemas que, al parecer se presentan en esta ocasión son dos: la escala de análisis y el tipo de representación que se seleccionó (mapa de líneas continuas). El primero se refiere a que

¹²² El caso particular del Anillo Periférico esto sucede debido a la manera en que esta representada la vialidad desde la cartografía digital utilizada como base para hacer el análisis de accesibilidad. Es decir, la línea que representa el eje de calle presenta algunas discontinuidades que no permitieron al software hacer la agregación correctamente.

al hacer un análisis topológico de una zona metropolitana tan extensa como la ciudad de México, áreas periféricas tan pequeñas como los poblados al norte (Zumpango, Huehuetoca o San Martín de las Pirámides, por nombrar unos) “perderán” algunas de las propiedades, lo cual nos lleva al problema del tipo de mapa seleccionado para este análisis.

Para esta investigación, la decisión fue tomada mas por una cuestión de factibilidad de correr el modelo y lograr algunos resultados usando exclusivamente la medición de la accesibilidad, ya que la medida de “selección de rutas” en el modelo de líneas continuas no ha sido desarrollado adecuadamente, y además, sus autores argumentan que las líneas más accesibles representan también líneas de movimiento en la ciudad (Figueiredo y Amorim, 2004).

Comparación con los objetivos de dos programas de desarrollo urbano

Los resultados obtenidos con el análisis de accesibilidad local se compararon con dos programas de desarrollo urbano: el Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal elaborado por la Secretaría de Obras y Servicios y la Dirección General de Planificación del Distrito Federal (1982), el cual sirvió de base para los programas posteriores; el segundo es el Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México realizado por la Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos (1998), el cual ya planteaba de una manera real, la necesidad de resolver los problemas a un nivel metropolitano, además de haber sido el programa integral más cercano al año de análisis de esta investigación.

Programa de General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal –PGDUDF-

El Programa hacía la distinción de núcleos y corredores urbanos, porque los consideraba como elementos estratégicos para el desarrollo de la ciudad. Sin embargo solamente se enuncian los nueve centros urbanos, pero no los subcentros o los corredores urbanos, por lo que no es posible tener la localización precisa de estos, así que se hizo una superposición del mapa de accesibilidad local y del PGDUDF (Figura 5.9) para poder identificar las coincidencias y las diferencias entre los centros, subcentros y corredores urbanos y los núcleos de accesibilidad y corredores urbanos resultantes del análisis de esta investigación.

De los núcleos y corredores encontrados en el análisis de accesibilidad, solamente consideraremos los que están dentro de los límites del Distrito Federal debido a que el programa

es para esta entidad, de esta manera solo se considerarán 14 núcleos de accesibilidad y 37 corredores urbanos.

Al comparar los centros urbanos –C.U.- del PGDUDF con las mediciones de accesibilidad local, especialmente con los núcleos y corredores, observamos lo siguiente: el Centro metropolitano y los centros urbanos Tacuba, Tacubaya y Zaragoza coinciden con los encontrados a partir de los niveles de accesibilidad local; La Villa, Azcapotzalco e Iztapalapa se encuentran sobre los corredores urbanos identificados a partir de la accesibilidad (los dos primeros coinciden con el corredor Av. Montevideo y el tercero con corredor Ermita Iztapalapa –Eje 8 Sur-); el C.U. San Ángel esta localizado muy cerca al Corredor Insurgentes Sur, sin embargo las líneas que cruzan el corredor y llegan hasta el área de San Ángel tienen bajos o medianos niveles de accesibilidad (representados en los colores verdes); finalmente, la configuración de la estructura vial no facilitaría un buen desarrollo para el C.U. Coapa¹²³.

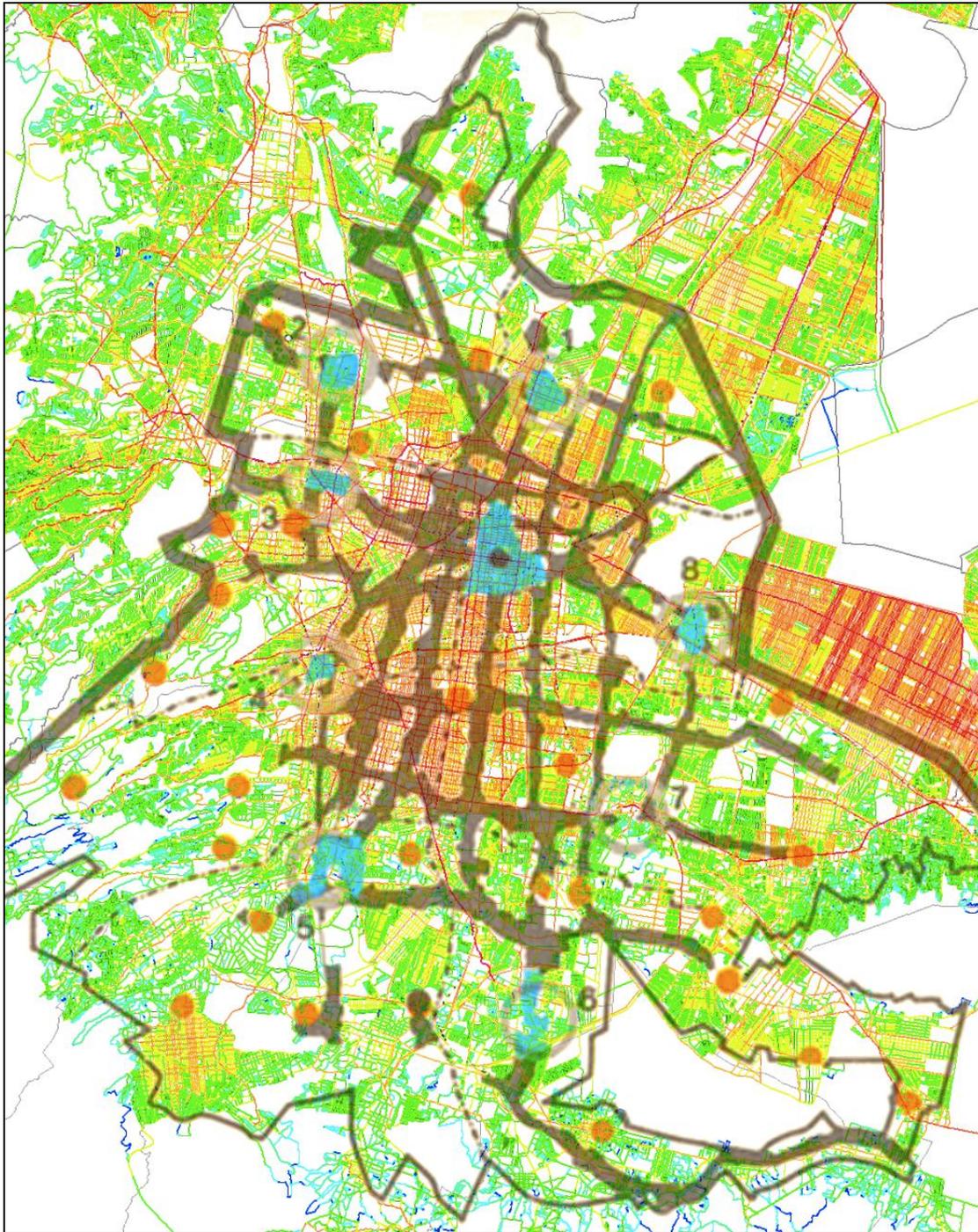
Si comparamos los núcleos de accesibilidad (de los tres tipos) con los centros y subcentros propuestos por el PGDUDF podemos ver que de los cinco núcleos categoría 1 (N1) solamente el núcleo Del Valle no coincide con ningún centro urbano propuesto (Cuadro 5.5); sin embargo, cerca de este se propone un subcentro y cuatro corredores urbanos que lo atraviesan¹²⁴, por lo que el área también podría considerarse con un alto potencial de desarrollo de acuerdo a este programa.

De los dos núcleos categoría 2 (N2), ninguno corresponde con un centro o subcentro urbano, pero al igual que el núcleo Del Valle, los atraviesan o limitan corredores urbanos. La posible razón para que esto suceda es su cercanía inmediata con el Centro Metropolitano.

¹²³ Sin embargo, en esta zona, particularmente en el cruce de Av. Acoxta y Eje 1 Ote. Canal de Miramontes, hay grandes establecimientos comerciales que proveen de bienes y servicios a los habitantes de sus alrededores.

¹²⁴ Al parecer el PGDUDF proponía un subcentro en el cruce de Calzada de Tlalpan y Eje 4 Sur (Xola) y los cuatro corredores eran: Eje 4 Sur, Av. Universidad, Eje 8 Sur y Av. Insurgentes Sur.

Figura 5.9. Comparación de los centros urbanos, subcentros y corredores urbanos propuestos por el PGDUDF y los niveles de accesibilidad local de la estructura vial



En primer plano esta el plano del PGDUDF donde se señalan los centros urbanos, subcentros y corredores. En éste, las áreas en color cian (y con número) corresponden a los centros urbanos, los puntos naranjas son los subcentros y las líneas semi-transparentes en color gris son los corredores. En segundo plano esta el mapa de accesibilidad local, con la gradiente de colores comúnmente usada: los colores cálidos corresponde a las líneas más accesibles y los colores fríos a las menos. Fuente: Elaboración propia a partir del mapa de accesibilidad local y del Mapa E-2 de PGDUDF (Departamento del Distrito Federal, 1982).

Respecto de los siete núcleos categoría 3 (N3), cuatro (Sta. Cruz Meyehualco, San Nicolás-Padierna, Lomas de Chapultepec y Polanco) coinciden con subcentros propuestos por el PGDUDF, el núcleo Roma-Condesa esta muy cercano al C.U. Tacubaya y esta rodeado por tres corredores y los dos restantes (Constituyentes-Observatorio y Piedad Narvarte) no coinciden con ningún centro o subcentro.

Cuadro 5.5. Cuadro comparativo de núcleos de accesibilidad y centros propuestos por el PGDUDF

Núcleo de accesibilidad	Centro de PGDUDF
Centro Histórico (N1)	C.U. Centro Metropolitano
Del Valle (N1)	Cercano a subcentro
Tacuba (N1)	C.U. Tacuba
Pantitlán (N1)	C.U. Zaragoza
Tacubaya (N1)	C.U. Tacubaya
Obrera (N2)	s/c
Anahuac – Anzures (N2)	s/c
Santa Cruz Meyehualco (N3)	Cercano a C.U. Ixtapalapa
San Nicolás – Padierna (N3)	Subcentro
Lomas de Chapultepec (N3)	Subcentro
Constituyentes – Observatorio (N3)	s/c
Piedad – Narvarte (N3)	s/c
Roma – Condesa (N3)	Cercano a C.U. Tacubaya
Polanco (N3)	Subcentro

“C.U.” significa Centro Urbano y “s/c” significa “sin coincidencia”. Fuente: Elaboración propia

Respecto a los corredores propuestos por las autoridades del Distrito Federal, fue posible identificar 20, los cuales se enlistan en el Cuadro 5.6, donde también se señala si hay alguna coincidencia con los encontrados en el análisis usando *Space Syntax*. En algunos casos los corredores propuestos cubren vialidades completas, a diferencia del mapa de accesibilidad donde algunas vialidades han sido seccionadas ya sea por la presencia de otros elementos urbanos (como las glorietas) o por defectos del mapa base (como ya se explicó anteriormente).

Cuadro 5.6. Corredores urbanos propuestos por el PGDUDF y su coincidencia con los corredores urbanos (por accesibilidad)

Corredor Urbano	Coincidencia con corredores (por accesibilidad)
Av. Montevideo	Parcial. El corredor propuesto es mayor al obtenido por accesibilidad
Eje 3 Ote. Av. Eduardo Molina	Total
Eje 2 Nte. Av. Congreso de la Unión y Calz. De la Viga	Parcial. Los corredores no son una línea en el mapa de accesibilidad, por lo que se muestran como dos corredores
Calz. De los Misterios – Calz. De Tlalpan	Parcial. Calz. De los Misterios corresponde a un corredor y Calz. De Tlalpan a otro
Insurgentes	Parcial. Av. De los Insurgentes esta dividida en 3 tramos en el mapa de accesibilidad, no coincidiendo el tramo Insurgentes Centro
Circuito Interior	Parcial. Si dividimos el Circuito en norte, sur, oriente y poniente, entonces los tramos norte y poniente están cubiertos, mientras que el sur y oriente solo están parcialmente
Av. Ixtacala – Av. FFCC Nacionales	Parcial. El corredor propuesto es menor al obtenido por accesibilidad
Eje 8 Sur	Parcial. El corredor propuesto es menor al obtenido por accesibilidad
Eje 5 Sur	Total
Av. V. Carranza – Calz. I. Zaragoza	Parcial. El corredor propuesto incluye un tramo de Río San Joaquín
Av. Marina Nacional	Total
Av. Morelos – Av. Hidalgo – Calle de Allende	Total
Eje 2 Norte	Parcial. El corredor propuesto incluye Av. Oceanía y en el de accesibilidad son diferentes
Eje 1 Norte	Total
Av. Revolución	s/c
Coapa – Tláhuac	s/c
Iztapalapa – Zaragoza	s/c
Eje Central	s/c
Perisur	s/c
Santa Úrsula Coapa	s/c

“s/c” significa “sin coincidencia”. Fuente: Elaboración propia

Al observar con detenimiento los cuadros anteriores y la figura 5.9, nos podremos dar cuenta de las siguientes cuestiones:

- Las condiciones de accesibilidad estaban dadas para que los 8 centros urbanos, los subcentros e incluso los corredores urbanos propuestos por el PGDUDF se pudieran desarrollar, ya que casi todos están ubicados sobre líneas de colores cálidos (amarillo, naranja o rojo) –de los cuatro intervalos con valores de accesibilidad local mas elevados-,
- No hay centros urbanos propuestos por el Programa fuera del Anillo Periférico, en su tramo poniente y sur, pero sí existen propuestas para 10 subcentros fuera de esta vialidad,

- Los corredores urbanos al sur sí están limitados por el Anillo Periférico, a excepción del corredor Coapa – Tláhuac y dos, cuya definición no es muy clara entre corredor y subcentro: Perisur y Santa Úrsula Coapa.

Programa de Ordenación de la ZMVM –POZMVM-

Este programa propuso doce sectores metropolitanos y sus núcleos (Figura 5.4) considerando la relación funcional que había entre ellos y el papel que juegan las vialidades en la estructuración de la ciudad. Cada uno de estos eran parte de una estrategia que proponía “equilibrar la intensidad de las actividades, disminuir el número y extensión de viajes y tiempo de recorrido, mejorar la calidad y diversidad de servicios y productos y rescatar y dignificar los sitios y monumentos históricos” (Metropoli 2025, 2006: 28).

En un estudio anterior y en un área mas pequeña (delimitada por el Circuito Interior), Ortiz y Garnica (2008) compararon los núcleos de centralidad propuestos en el POZMVM con núcleos de accesibilidad obtenidos a partir de una modelación más detallada del área (empleando un mapa de líneas axiales y usando la medida de selección de rutas). Cuatro núcleos de centralidad coincidieron y además, se mostraron otros tres con el potencial para ser núcleos también: el Eje 2 Norte (Manuel González), Av. Fray Servando y el Eje 3 Sur Baja California (Figura 5.10).

Figura 5.10. Núcleos de accesibilidad dentro del Circuito Interior.



Los núcleos con letras blancas coinciden con los planeados por el POZMVM, mientras que los escritos en letras amarillas solamente se identificaron utilizando la herramienta “selección de ruta” . Fuente: Ortiz y Garnica (2008: 767).

En el Cuadro 5.7 se comparan los ocho sectores (con sus respectivos núcleos) que coinciden con el área de estudio con los núcleos de accesibilidad y corredores urbanos encontrados en esta investigación. De los 17 núcleos de centralidad mencionados en el POZMVM, solamente cinco coinciden con algún núcleo de accesibilidad, otros cinco no

coinciden con ningún núcleo ni corredor y los siete faltantes tienen alguna correspondencia con los corredores urbanos mencionados¹²⁵.

En la mayoría de los casos, el POZMVM enlista posibles áreas con potencial de reciclamiento, de desarrollo y de mejoramiento dentro de cada uno de los sectores metropolitanos (1998) sin embargo, por basarse en los programas de cada entidad o planes regionales (ibid: 150), los criterios para la determinación de cada área seguramente varían (dependiendo de los criterios empleados por planificadores y autoridades).

Si comparamos algunas de estas áreas con los hallazgos de esta investigación podemos encontrar algunas coincidencias. Por ejemplo, las áreas de Dos Lagos y Granada (en el sector Ciudad Central) y Pantaco-Ferrería y Refinería (en el sector Metropolitano Poniente) tienen el potencial para desarrollarse según el POZMVM. Al cotejar esto con los núcleos de accesibilidad y corredores urbanos identificados, podemos ver que las dos primeras están dentro del Núcleo Anáhuac-Anzures (categoría 2), mientras que las siguientes dos concuerdan con cuatro corredores urbanos y están muy cerca del Núcleo Tacuba (categoría 1).

Algunas diferencias notables entre los núcleos de centralidad y los núcleos de accesibilidad y corredores urbanos son: a) los núcleos de centralidad ubicados en el sur de la ciudad se encuentran contenidos dentro del Anillo Periférico, a diferencia de los núcleos de accesibilidad que logra distinguir al menos uno fuera del este perímetro: San Nicolás – Padierna; b) de los 17 núcleos que nombra el POZMVM, solamente tres correspondan con nodos de transporte (Tacubaya, San Ángel y la Villa), siendo que el transporte juega un papel fundamental en la estructuración de la ciudad; c) aún cuando los municipios de Nezahualcóyotl y Valle de Chalco Solidaridad albergan un gran porcentaje de la población de la ciudad, en ellos no se consideró la posibilidad de promover un núcleo de centralidad, a diferencia de Ixtapaluca, lo cual se deba probablemente a las variables socio-económicas que se emplearon para su determinación.

¹²⁵ El total de núcleos de accesibilidad encontrados utilizando *Space Syntax* son 19, mientras que el total de corredores son 63.

Cuadro 5.7 Coincidencias entre los Sectores Metropolitanos y Núcleos de accesibilidad y Corredores Urbanos

Sector metropolitano –SM- y núcleos de centralidad –NC-	Núcleos de accesibilidad	Corredores urbanos
1. SM Ciudad Central		
NC Centro Histórico	N1 Centro Histórico	CU Circuito Interior Nte. y Pte. CU Eje 2 Norte CU Eje 1 Norte CU Morelos 16 de Sept. México-Tacuba CU Marina Nacional V. Carranza CU Insurgentes Norte CU Misterios Reforma CU Bolívar CU Eje 1 Oriente
NC Polanco	N3 Polanco	CU Mariano Escobedo – Av. Las Granjas
NC Tacubaya	N1 Tacubaya	CU Circuito Interior Nte. Y Pte.
2. SM Corredor Centro norte		
NC Ecatepec	N2 Ecatepec	CU Ferrocarril CU Ruta 1 CU Av. Central
NC La Villa	s/c	CU Misterios Reforma CU Av. Montevideo CU Insurgentes Norte
3. SM Metropolitano norte		
NC Perinorte	s/c	CU Autopista México Querétaro CU Vía López Portillo
4. SM Metropolitano poniente		
NC Satélite	s/c	CU Blvd. López Mateos CU Periférico Norte
NC Tlalnepantla	s/c	CU Av. Ceylán – Mario Colín CU Gustavo Baz CU Periférico Norte
5. SM Metropolitano poniente		
NC Huixquilucan	s/c	s/c
NC San Ángel	s/c	CU Insurgentes Sur (cercano)
NC Santa Fé	s/c	s/c
NC Villa Coapa	s/c	s/c
6. SM Metropolitano oriente		
NC Cabeza de Juárez	s/c	s/c
NC Ixtapaluca	s/c	CU Carr. Fed. México Puebla (cercano)
NC La Viga Ermita	s/c	CU Eje 6 Sur CU Eje 8 Sur
7. SM Agropolitano oriente		
NC Texcoco	N3 Texcoco	s/c
8. SM Nuevo desarrollo noreste		
NC Cerro Gordo	s/c	s/c

Fuente: COMETAH (1998) y *Metrópoli 2025* (2006).

Conclusiones

A partir de estudios usando el modelo *Space Syntax* se ha observado que la configuración de la ciudad condiciona, hasta cierto grado, la organización espacial de las actividades y el movimiento que se da en ellas, por lo que este pone a prueba la capacidad del modelo para hacer un diagnóstico y poderse emplear como una instrumento para la planeación. En este capítulo se calcularon y analizaron los niveles de accesibilidad que tiene cada línea que conforma la estructura vial de la ciudad de México utilizando *Space Syntax*, para presentar un diagnóstico de cómo los habitantes, desarrolladores y autoridades han construido la ciudad para facilitar el acceso a sus actividades y necesidades cotidianas usando cualquier modo de transporte.

Tratar de entender la ciudad de México desde una sola escala resultaría en una visión parcial (Jacobs, 1964), ya que en ella suceden un sin fin de procesos sociales a múltiples escalas al mismo tiempo, por lo que fue necesario hacer un análisis cuando menos a dos escalas: la metropolitana y la local (o barrial). Cada análisis se adecúa a diferentes tipos de movimiento, mientras que la escala metropolitana esta ligada con viajes largos en vehículos, la escala local lo está con viajes cortos en cualquier modo de transporte (incluso el peatonal).

El análisis de accesibilidad a escala metropolitana permitió:

- Entender la ciudad como una entidad con elementos (vialidades) que la identifican y dan un sentido de organización y de habitabilidad a la sociedad que la vive,
- Entender como se organizan algunas actividades económicas y los desplazamientos en vehículos o sistemas de transporte masivos (como el Metro),
- Distinguir un núcleo muy extenso que cubre una superficie un poco mayor a la cuarta parte del área estudiada y una quinta parte de la estructura vial de la misma, al que se le denominó *ciudad accesible*, y además tiene la capacidad de conectarse con otras ciudades de una manera relativamente sencilla,
- Observar cómo los postulados planteados a partir del empleo de *Space Syntax* se cumplen en la estructura de la ciudad de México, en particular el de la *rueda deformada*; además, empleando estudios anteriores de la ciudad, se pudo apuntar hacia la presencia de una *economía del movimiento* y el *movimiento natural*, postulados fundamentales para entender los procesos de creación de las ciudades,

- Advertir que algunos de los principales objetivos del Metro (planteados en los planes maestros de 1980 y 1985) han sido alcanzados. Sin embargo, para poder ser uno de los principales elementos estructuradores de la ciudad sería necesario invertir en el crecimiento de la red (o en modos de alta capacidad complementarios), especialmente hacia los municipios conurbados y el sur del Distrito Federal, tal y como lo proponían los programas del metro (Departamento del Distrito Federal, 1982; Domínguez Pommerencke, 1987).

Por su parte, el análisis de accesibilidad a escala local permitió:

- Identificar 20 núcleos de accesibilidad distribuidos en todo el territorio, pero con una concentración importante dentro de la ciudad accesible (de la escala metropolitana),
- Precisar los límites de cada núcleo de accesibilidad, cuestión que no quedaba del todo clara en los estudios revisados, e incluso sus radios de influencia,
- Distinguir la relevancia de los núcleos de acuerdo a la escala que se observa o estudia, lo cual nos permite comprender que no todos los núcleos responden a las mismas demandas socio-económicas ni albergarían las mismas actividades (Salingaros, 2005),
- Observar la manera en que los núcleos de accesibilidad se conectan físicamente a partir de ciertas vialidades, con una relativa sencillez (es decir, empleando sólo una o dos líneas para llegar de un núcleo a otro), lo cual nos habla de la codependencia funcional que puede existir entre estos, así como de la manera en que los habitantes han solucionado esto de una manera física, es decir, de la configuración espacial,
- Señalar las vialidades (con sus tramos específicos) con alto potencial para ser corredores urbanos, independientemente si son parte de un núcleo de accesibilidad o solamente son corredores,
- Identificar cuatro nodos relevantes para el transporte en términos territoriales, los cuales podrían funcionar de mejor manera como áreas concentradoras de flujos de mercancías y personas que se mueven por la ciudad, y además podrían garantizar el ordenamiento y funcionamiento eficiente del transporte público,
- Hacer algunas observaciones respecto a las razones del uso de diferentes modos de transporte público en la ciudad en relación con la configuración de la estructura vial de la ciudad, apoyado con otros estudios de transporte de la ciudad: el metro es usado principalmente para viajes largos porque facilita el desplazamiento entre el origen y el

destino; los “colectivos”, autobuses de ruta y taxis son usados para viajes cortos, ya que, por un lado, este tipo de viajes son los que mas se hacen dentro del área de estudio (ver Ibarra y Lezama, 2008; Sobrino y Ibarra, 2008) , y por otro lado, estos modos se adaptan fácilmente a las características físicas de la red y las condiciones de tránsito.

Los resultados obtenidos en ambos casos mostraron que la ciudad de México es una estructura policéntrica articulada y jerárquica, es decir con un núcleo central (el Centro Histórico) de gran importancia y múltiples centros (de diferentes tamaños) conectados todos por líneas muy accesibles que facilitan el movimiento de sus habitantes.

Respecto a las unidades político-administrativas (UPA) que tienen presencia a las dos escalas son: en el Distrito Federal, las delegaciones V. Carranza, Cuauhtémoc, M. Hidalgo, Iztapalapa, Iztacalco, B. Juárez y G.A. Madero, mientras que las del Estado de México son Ecatepec, Naucalpan, Nezahualcóyotl, Tlalnepantla y Valle de Chalco Solidaridad. Este punto nos habla de la importancia física que tienen estas UPAs en el territorio, por lo que habría que considerar para la elaboración de futuros planes de desarrollo el hecho que son concentradores reales de actividades tanto a escala local como metropolitana.

Las zonas menos accesibles en ambos casos fueron principalmente los asentamientos periféricos del sur (en las delegaciones de Tlalpan, Tláhuac y Milpa Alta) debido a la gran fragmentación de su red vial por la topografía del área y por sus características peri-urbanas, es decir, son comunidades que están en la transición entre lo urbano y lo rural o también por ser grandes conjuntos habitacionales cerrados o centros comerciales con una o pocas conexiones a la estructura vial.

CONCLUSIONES

El potencial de la accesibilidad y la pertinencia de *Space Syntax* como modelo de análisis

Espacialmente las ciudades modernas se entienden como el conjunto de actividades (residencial, laboral, educación, compras, recreativas, etc.) de sus habitantes unidas por un sistema continuo de espacios abiertos y de acceso público. La dispersión de las primeras en el territorio ha generado la necesidad de optimizar las posibilidades de conexión entre estas, por parte de sus habitantes, recurriendo al empleo de algún medio de transporte. Este fenómeno ha dado pie, en términos de la planificación, a planteamientos para la organización eficiente de las ciudades. Sin embargo, actualmente la mayoría de las ciudades hacen su planeación de una manera sectorizada (usos de suelo, vialidad, transporte, desarrollo económico, etc.), lo que ha conducido a la omisión de los efectos que puedan tener sus acciones en los otros sectores.

Para entender la relación entre los usos de suelo y el transporte es necesario primero entender a la ciudad como un sistema dinámico, sujeto a influencias externas (tecnológicas, políticas, económicas, demográficas), cuyo campo de actuación es espacial y temporal, en el cual se generan relaciones con efectos que no pueden ser determinados de manera unívoca y que además son específicos para cada caso. Bajo esta visión, la organización espacial de las ciudades es resultante de la interacción entre las actividades (realizadas por los ciudadanos y manifestadas en los usos de suelo) y el transporte (materializado en los modos, la infraestructura y el equipamiento necesario). Una manera de medir esta interacción es a partir de la accesibilidad.

El concepto de accesibilidad ha estado presente en la planeación desde sus inicios como ciencia, pero ha evolucionado o variado de acuerdo a nuevas formas de pensamiento y avances tecnológicos. Al hacer referencia a la accesibilidad se debe entender como un concepto totalmente relacionado con las tres dimensiones urbanas: el espacio, la sociedad y el tiempo, y no sólo como un índice que asocia las oportunidades distribuidas en el territorio. En esta investigación se ha decidido tener una definición ubicada en este marco conceptual, de tal manera que abarque cualquier propósito u operacionalización, por lo que:

“accesibilidad es la facilidad que tiene la población para alcanzar las oportunidades (destinos) distribuidas en el territorio desde cualquier otro punto (orígenes) empleando la red de infraestructura para los transportes”.

Uno de los principales problemas de la accesibilidad es que no existe una teoría unificadora que permita a los expertos “hablar el mismo idioma” (Batty, 2009), por lo que dependiendo del propósito del estudio se selecciona la técnica. En el caso de esta investigación, el propósito era advertir el potencial de la ciudad, a escalas metropolitana y de barrio, para una localización más eficiente de las actividades, empleando la proximidad topológica y la conectividad de la estructura vial, por lo que se seleccionó *Space Syntax* como el modelo para realizar el análisis, cuyos fundamentos se presentaron en los capítulos II y III de este documento. Será en las siguientes líneas donde se harán algunas reflexiones respecto a la pertinencia de la técnica respecto al marco conceptual presentado en el capítulo I. La discusión girará en torno a dos aspectos relevantes: la definición y la dimensionalidad de la accesibilidad.

Aún cuando en el modelo *Space Syntax* se empleó inicialmente el término *integration* para referirse a la accesibilidad (y hacer el cálculo), podemos comparar su definición a la propuesta para accesibilidad en esta investigación de dos maneras:

- a. Se ha observado que cuando los individuos “navegan” una red desde un origen hacia un destino, el factor más importante para decidir la ruta a seguir no está relacionada con la distancia métrica, sino con el número de cambios de dirección para llegar al destino (Kunz B., 2003).
- b. En los análisis de redes, al grado de centralidad o cercanía de cada línea con respecto a la red se le denomina proximidad o accesibilidad, con el cual se determina el potencial de atracción que tiene cada nodo (Freeman, 1977) . En esta definición podemos ver también, que al calcular la proximidad de una línea (o de toda la red) estamos obteniendo un índice útil para determinar la facilidad para alcanzar los destinos deseados (u oportunidades).

Respecto a los orígenes y destinos y los usos de suelo, al usar un análisis topológico el modelo *Space Syntax*:

- Considera cada línea como origen y destino al mismo tiempo, por lo que se calcula la accesibilidad para todas y cada una de las líneas. El resultado en los mapas (que tienen

un valor numérico) es una representación de los niveles de accesibilidad de cada elemento de la red analizada.

- No asigna ningún valor o ponderación a las líneas por un determinado uso de suelo o densidad poblacional, por lo que la representación del potencial de accesibilidad “encuentra” las concentraciones de accesibilidad a lo largo y ancho del territorio analizado solamente por su relación configuracional.

El segundo tema con el que se confronta *Space Syntax* es la dimensionalidad de la accesibilidad. Como en este tema son tres esferas las que la constituyen entonces, se hará una breve comparación con éstas.

Referente a la esfera espacial, cuyo componente es el uso de suelo, *Space Syntax* considera cada uno de los elementos del ambiente de circulación tanto del sistema de circulación como del medio construido (Figura 1.4). Asimismo, y a pesar de que el modelo no incorpora directamente los usos de suelo, estudios han probado (empíricamente) que existe una relación directa entre los niveles de accesibilidad y los usos de suelo relacionados (p.e. altos niveles de accesibilidad están asociados con usos de suelo comercial o de servicios).

Como se mencionó respecto a la esfera social, cuyo componente es el individuo, los modelos que representen la facilidad para alcanzar las oportunidades traen consigo el atributo individual, y como se vio en párrafos anteriores, el modelo de *Space Syntax* representa esta facilidad, por lo que considera al individuo. Otro punto para reforzar esto, es que los mapas axiales (en cualquier de sus variaciones: axial, de líneas continuas o de segmentos) son una representación del movimiento de los individuos en el espacio (en cualquier modo de transporte). A diferencia de otras técnicas de medición de la accesibilidad, este modelo no incorpora dentro de su análisis inicial ningún tipo de datos socio-económicos, sino que es posterior al procesamiento y determinación de los niveles de accesibilidad que se agregan, sin embargo, los estudios han demostrado que un sistema (o red) con altos niveles de accesibilidad tiene, generalmente, una buena correlación con las condiciones sociales, demográficas y económicas de los habitantes de las ciudades.

La esfera temporal y sus componentes (los arcos temporales a corto y largo plazo), no están incorporados de ninguna manera en el modelo de *Space Syntax*, pero lo que éste reconoce es que la ciudad es el reflejo de los procesos sociales, económicos, políticos e históricos de una

sociedad. A diferencia de otros modelos que sí incorporan la temporalidad inmediata como un elemento de fricción, el modelo de *Space Syntax* no lo hace, ya que es un análisis topológico. Existen dos posibilidades de modelar el tiempo (de manera indirecta): 1) si se busca evaluar los resultados que podrían tener ciertas modificaciones en el ambiente de circulación se hacen dos modelos: uno en el estado original y otro en el estado propuesto, pero una vez más, resulta muy difícil estimar el arco temporal y 2) en los mapas de segmentos se ha modelado la accesibilidad combinada con una distancia métrica (para determinar de mejor manera los núcleos de accesibilidad), por lo que de manera indirecta, al saber la relación entre distancia recorrida y el tiempo que implica recorrer esa distancia en un modo de transporte específico, se puede representar el arco temporal inmediato.

Finalmente, podemos volvernos a preguntar ¿existe coherencia entre el marco conceptual de la accesibilidad y la herramienta empleada para el análisis? La respuesta es que hay consistencia entre lo que se establece como el marco conceptual de esta investigación y el modelo *Space Syntax*, sin embargo éste tiene algunas limitaciones como se ha visto en los párrafos anteriores, pero particularmente su aplicación en el caso de estudio se ha visto restringido por cuestiones de tiempo y recursos.

La estructura de la Ciudad de México

A la discusión en torno al tipo de estructura que tiene la Ciudad de México, esta investigación aporta una aproximación diferente, a partir del análisis de su estructura vial y la medición de los niveles de accesibilidad que tiene cada calle, lo que permite señalar el potencial que tiene cada una de éstas para el establecimiento de ciertas actividades económicas (de acuerdo al grado de interacción necesario con los clientes).

La discusión se ha basado fundamentalmente en la función económica de las ciudades usando variables como el empleo y la localización de los servicios (Aguilar y Alvarado, 2004). Es así que existen diferentes opiniones, de acuerdo a lo observado, unos sostienen que el Ciudad de México tiene, todavía, una estructura monocéntrica¹²⁶ (Connolly y Cruz, 2004; Delgado, 1998; Suárez Lastra y Delgado Campos, 2007), otros afirman que es una estructura policéntrica

¹²⁶ A pesar que sus estudios apoyan han encontrado que la extensión del núcleo concentrador es mucho mayor que solamente el Centro Histórico y por lo tanto, heterogéneo, siguen hablando de un modelo monocéntrica, a partir de lo que denominan *policéntrica concentradora*.

con un centro ampliado, que presenta importantes oportunidades locacionales para el comercio y los negocios (Aguilar y Alvarado, 2004; Sobrino, 2007), y otros la ven como una estructura hiperárquica de subcentros cuyas relaciones son inciertas (Graizbord, 2008).

El análisis territorial aquí presentado muestra a la Ciudad de México de dos maneras, dependiendo de la escala de estudio: la metropolitana o la local.

A la escala metropolitana encontramos una ciudad con un núcleo muy extenso, al que se le llamó *ciudad accesible*, constituido por muy pocas líneas, pero que está conectado con las principales salidas de la ciudad a partir de líneas que se originan casi en su centro, y que abarca ocho delegaciones y cinco municipios. Los niveles potenciales de accesibilidad posteriores se distribuyen casi en una gradiente concéntrica hasta llegar a los límites del AUCM.

De primera impresión, uno podría argumentar entonces que la estructura de la ciudad de México es monocéntrica, pero en sentido estricto esta debería estar conformado por el Distrito Central de Negocios (o CBD por su nomenclatura en inglés) o Centro Histórico de la ciudad (Graizbord, 2008: 53)¹²⁷, lo cual no se manifiesta en los resultados presentados en esta investigación.

Dada esta situación, fue necesario revisar el potencial de la accesibilidad a escala local. Los resultados esta vez mostraron una estructura policéntrica con un núcleo central muy amplio, muy similar a *la ciudad accesible*, pero con núcleos de accesibilidad mucho más definidos y distribuidos no solamente dentro de esta área, sino en casi todo el territorio. Es notable cómo el tamaño de los núcleos de accesibilidad que se presentan en el Estado de México están localizados todos en los municipios del oriente del AUCM, y en el caso de los tres principales (Ecatepec, Ciudad Neza y Valle de Chalco Solidaridad) son muy extensos y se encuentran muy distantes (comparados con los del Distrito Federal), por lo que parece que cada uno de estos tendría la capacidad de comportarse como una pequeña ciudad funcionalmente independiente del resto de la ciudad¹²⁸. Por su parte, los núcleos localizados en el Distrito Federal están muy interconectados (a excepción del núcleo San Nicolás – Padierna) con los corredores urbanos encontrados en este análisis.

¹²⁷ Graizbord define al CBD como “el área de la ciudad donde se han concentrado los servicios financieros y profesionales, las principales tiendas comerciales, en donde convergen la mayoría de las líneas de transporte, y donde se registran la mayor demanda de construcciones y los más altos valores del suelo”.

¹²⁸ Aunque se sabe que eso no es cierto, ya que en estas áreas vive un gran número de personas que diariamente se tienen que desplazar a otras partes (especialmente la ciudad accesible) para trabajar.

Cada núcleo de accesibilidad, como se mencionó en el Capítulo V, debe responder a demandas sociales, económicas, políticas e históricas, por lo que sus actividades, tamaño y forma varían para responder de la mejor forma a éstas, sin embargo, la restricción en el tiempo de esta investigación no permitió profundizar más en este tema.

Además de los núcleos de accesibilidad, la estructura de la ciudad de México esta compuesta por corredores, cuya función es facilitar la interacción de los habitantes de las diferentes zonas y marcan la dependencia entre las diversas actividades que se realizan en ellos; a pesar de esto, es posible encontrar diferencias entre éstos respecto a su función: unos atraviesan los núcleos de accesibilidad, reforzando su potencial y conectándolos con otros núcleos o zonas de la ciudad, por lo que pueden considerarse articuladores de zonas (Guevara Martínez, 2007); otros solo promueven la movilidad ya que a lo largo de ellos encontraremos una gran oferta de transportación, por lo que su función es la de ser distribuidores, como es el caso de los ubicados en el norte de la ciudad.

Esta estructura podría compararse con los modelos urbanos híbridos (como el de Walter Isard) que afirman que por conveniencia algunos usos de suelo se organizan a partir del transporte (infraestructura y modos), mientras que otros (como la industria y el comercio) se ubican en núcleos para aprovechar las economías de escala y de aglomeración (Rodrigue et al., 2009).

Por lo que podemos concluir que la estructura de la ciudad de México es una estructura hiperárquica con relaciones físicas claras y muy evidentes entre los núcleos (o subcentros).

Las diferentes escalas de la Ciudad de México y los efectos recíprocos con el transporte de alta capacidad

Para entender la ciudad es necesario tener presente el tema de la escala de análisis, la cual esta relacionada con la forma de desplazamiento (o modo de transporte) que los habitantes emplean para alcanzar sus destinos. El modelo empleado en esta investigación (el mapa de los ejes de calle) fue empleado para revelar el potencial que tiene la ciudad, en términos de accesibilidad (lo que implica movimiento y usos de suelo), a dos escalas: la metropolitana y la local.

En el caso de la accesibilidad metropolitana, ésta representa de mejor manera el potencial que tiene la estructura vial para moverse usando automóvil o un sistema de transporte como el

Metro, ya que los mapas de líneas continuas representan de manera mas fidedigna cómo los individuos simplifican rutas complejas en una sola línea (Figueiredo y Amorim, 2004).

La accesibilidad local parece representar de mejor manera los viajes cortos (usando modos de transporte como los “colectivos”, taxis, bicicleta o a pie) y por lo tanto, la manera en que los habitantes logran entender el área en donde realizan sus actividades cotidianas.

Las áreas periféricas del AUCM son las que “carecen” de corredores urbanos y de núcleos de centralidad. Se pone entre comillas la palabra carecen debido a que no se cree que en verdad sea así, si uno observa con mayor detenimiento, uno podría observar que existen líneas que conforman núcleos o nodos y que al mismo tiempo funcionan como corredores urbanos.

El Metro

Es indudable la importancia que tiene un sistema de transporte masivo en la ciudad como lo es el Metro. En esta investigación se han observado un par de cuestiones que relevantes respecto a este tipo de sistemas (u otros similares como pueden ser los trenes suburbanos):

1. Sus objetivos deberían fortalecer la movilidad y el desarrollo urbano a nivel metropolitano, ya que como se vio en el análisis metropolitano, resultan fundamentales para conectar áreas muy distantes y por lo tanto proveen de accesibilidad a las zonas cercanas a las estaciones.
2. Al parecer los habitantes ven a este modo de transporte útil para realizar viajes largos, los cuales son los menos de acuerdo a estudios realizados (Graizbord y Acuña, 2004; Ibarra y Lezama, 2008), por lo que se explicaría el hecho de los modos seleccionados para realizar viajes cortos, los cuales conforman la mayoría de los viajes hechos dentro de la ciudad, especialmente en los colectivos (Ver Figura 4.2. Distribución de viajes por modo de transporte).
3. Lo relevante de un sistema de estos no solo son las conexiones que tiene con la estructura vial, sino la localización de éstas.
4. Para poder lograr líneas exitosas, no solamente se debe considerar una línea con uno o dos destinos importantes y múltiples orígenes, sino que deberá pensarse en cada estación como un lugar con una gran oferta de servicios (tal y como lo propone el Desarrollo Orientado al Transporte –TOD-), por lo que la presencia de ésta deberá implicar una mejor planeación respecto a los usos de suelo en un radio determinado.

Posibles investigaciones en el futuro

Debido a las limitaciones de tiempo (principalmente) o los objetivos de esta investigación, en combinación con el potencial que presenta el modelo *Space Syntax*, han surgido mas preguntas que serían objeto de una investigación mas profunda o enfocada a otros propósitos, algunas de éstas son:

- El modelo presentado en esta investigación fue el de Mapa de Líneas Continuas, a partir de una mapa de ejes de calle; sin embargo surge la interrogante si es que al analizar la ciudad con cualquiera de los otros dos tipos de mapas, el axial y/o el de segmentos, se podrían observar resultados más precisos. Los resultados obtenidos por Hillier y sus colegas, empleando los mapas de segmentos (y combinando el análisis topológico con el métrico), lo sugieren, especialmente en la determinación de los núcleos de centralidad, ya que el nivel de agregación de las líneas es el menor posible (Hillier et al., 2007), lo cual podría también satisfacer la inquietud presentada por Graizbord (2008: 175), donde sugiere la posibilidad de medir la eficiencia de la red a partir de un índice que incorporara las distancias reales y el peso (absoluto o relativo) de cada nodo.
- ¿Existe una relación real entre el potencial que tiene la estructura vial de la ciudad y los usos de suelo (y sus densidades)? Una investigación con una respuesta afirmativa, pero limitada (por el área de estudio y el tipo de uso de suelo estudiado¹²⁹) la hace Claudia Ortiz (Ortiz Chao y Hillier, 2007; Ortiz Chao, 2008), por lo que sería necesario ampliar esta investigación en términos de la extensión del área de estudio y de incluir todas las categorías de usos de suelo.
- La otra parte considerada dentro de la accesibilidad es el movimiento (y el transporte), por lo que la otra pregunta que surge es: ¿El modelo tiene la capacidad de ser un indicador de movimiento para la ciudad de México? Los resultados obtenidos en esta investigación sugieren de manera muy general que sí, sin embargo será necesario comparar los aforos reales (tanto vehiculares como peatonales) con los niveles de accesibilidad a las dos escalas.

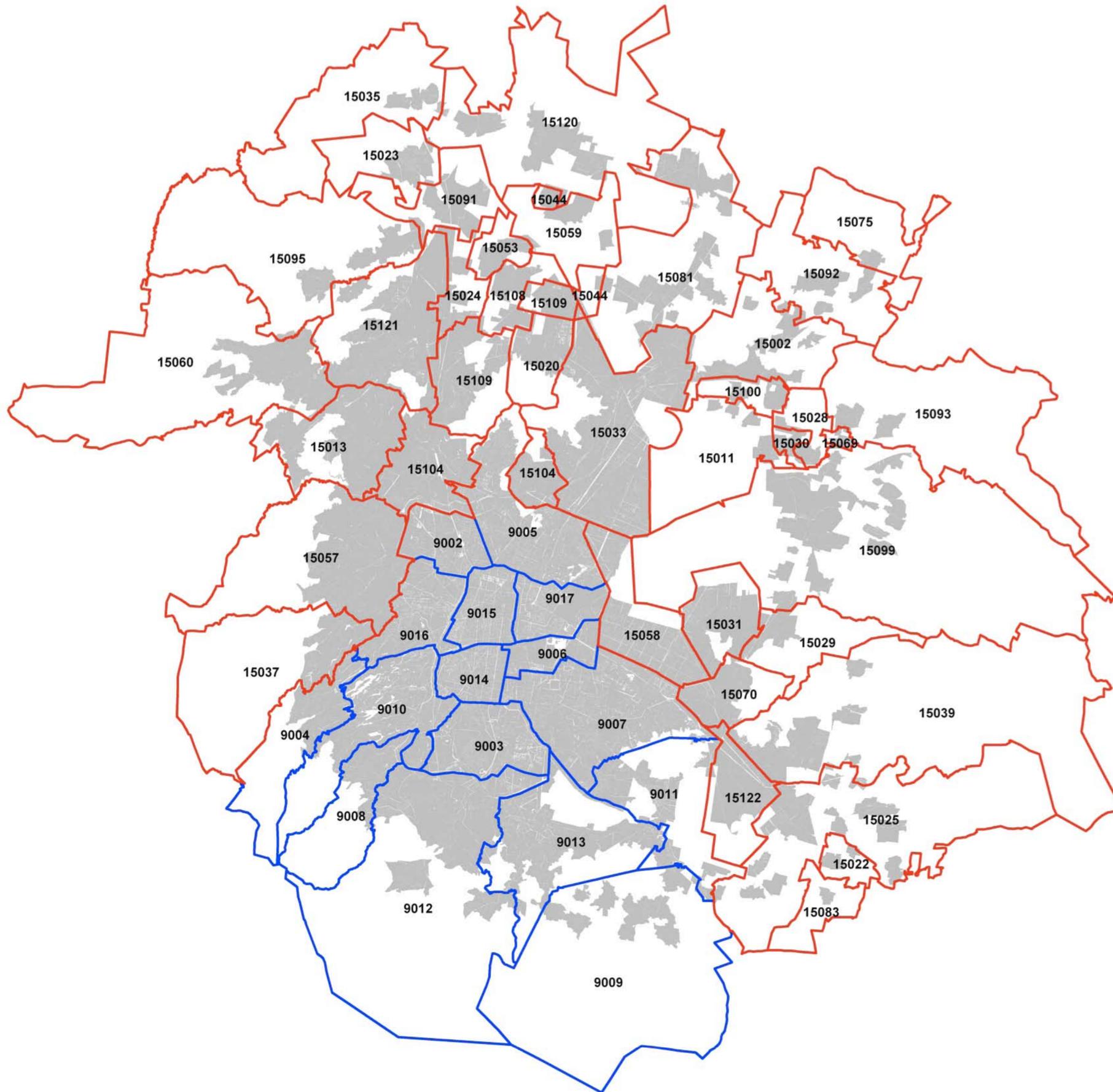
¹²⁹ El área de estudio esta limitada por el Circuito Interior, mientras que el tipo de uso de suelo que se utilizó para la investigación fue el comercial, utilizando la información catastral.

- Estudiar las condiciones sociales y las actividades económicas de cada núcleo de accesibilidad y de los corredores urbanos para ver si existe otra relación entre estos además de la física, presentada en esta investigación.

MAPA 1. Área Urbana de la Ciudad de México

SIMBOLOGÍA

	Distrito Federal
	Estado de México



Clave	Municipio
09002	Azcapotzalco
09003	Coyoacán
09004	Cuajimalpa de Morelos
09005	Gustavo A. Madero
09006	Iztacalco
09007	Iztapalapa
09008	La Magdalena Contreras
09009	Milpa Alta
09010	Álvaro Obregón
09011	Tláhuac
09012	Tlalpan
09013	Xochimilco
09014	Benito Juárez
09015	Cuauhtémoc
09016	Miguel Hidalgo
09017	Venustiano Carranza
15002	Acolman
15011	Atenco
15013	Atizapán de Zaragoza
15020	Coacalco de Berriozábal
15022	Cocotitlán
15023	Coyotepec
15024	Cuautitlán
15025	Chalco
15028	Chiautla
15029	Chicoloapan
15030	Chiconcuac
15031	Chimalhuacán

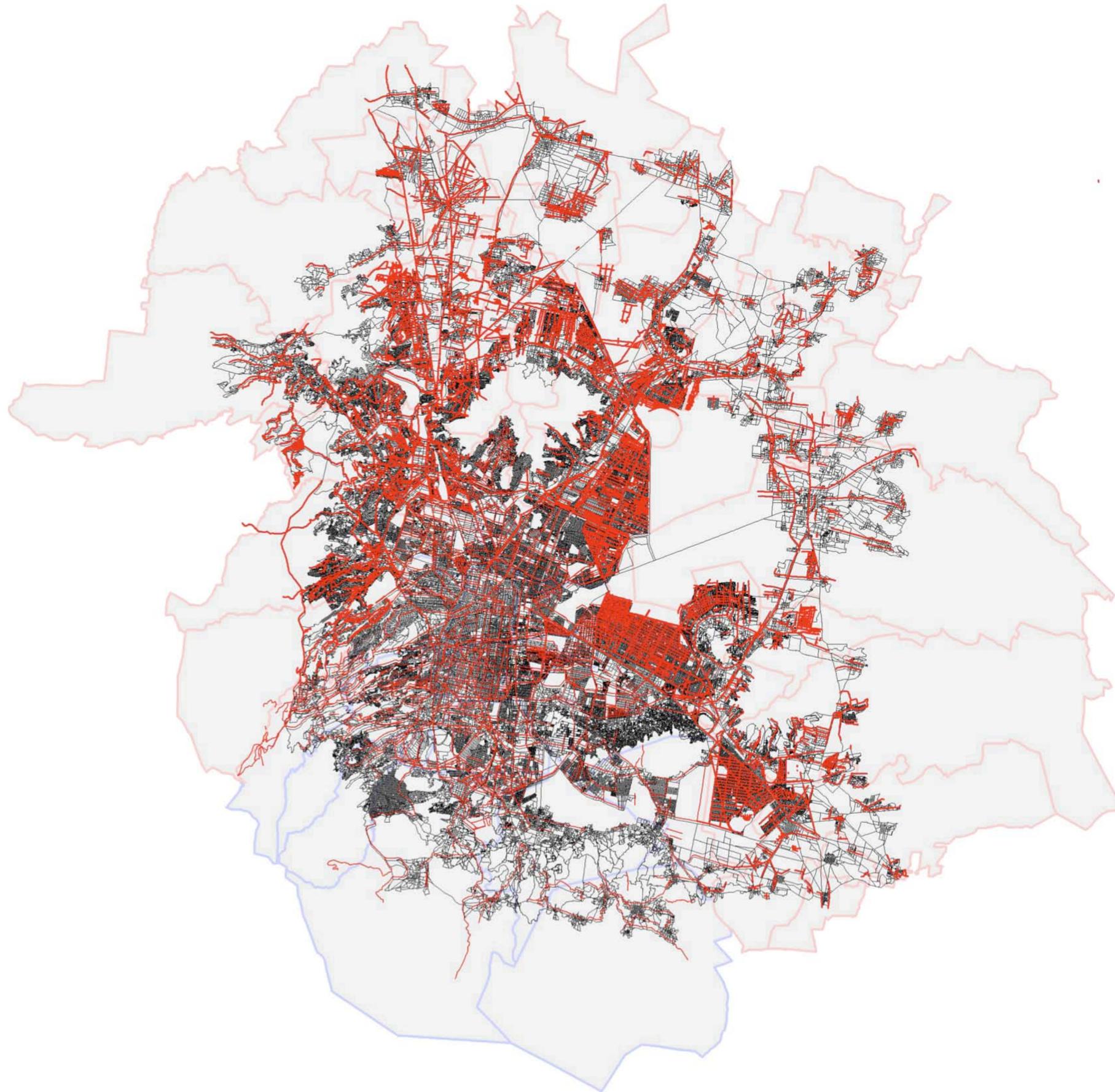
Clave	Municipio
15033	Ecatepec de Morelos
15035	Huehuetoca
15037	Huixquilucan
15039	Ixtapaluca
15044	Jaltenco
15053	Melchor Ocampo
15057	Naucalpan de Juárez
15058	Nezahualcóyotl
15059	Nextlalpan
15060	Nicolás Romero
15069	Papalotla
15070	La Paz
15075	San Martín de las Pirámides
15081	Tecámac
15083	Temamatla
15091	Teoloyucán
15092	Teotihuacán
15093	Tepetlaoxtoc
15095	Tepotzotlán
15099	Texcoco
15100	Tezoyuca
15104	Tlalnepantla de Baz
15108	Tultepec
15109	Tultitlán
15120	Zumpango
15121	Cuautitlán Izcalli
15122	Valle de Chalco Solidaridad

MAPA 2. Estructura vial del AUCM

SIMBOLOGÍA

	Distrito Federal
	Estado de México

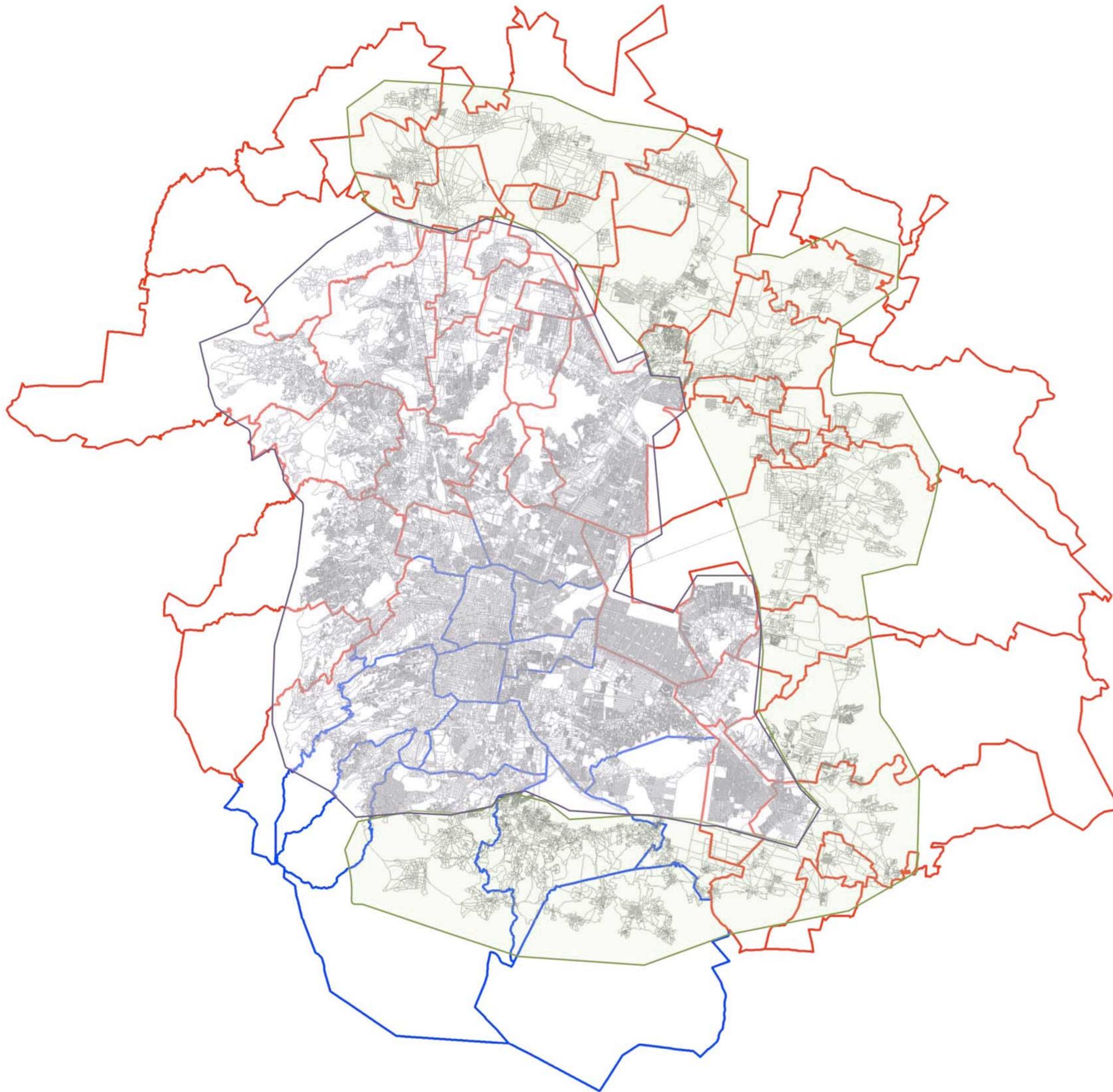
<u>Estructura vial</u>	
	Vialidad Primaria
	Vialidades

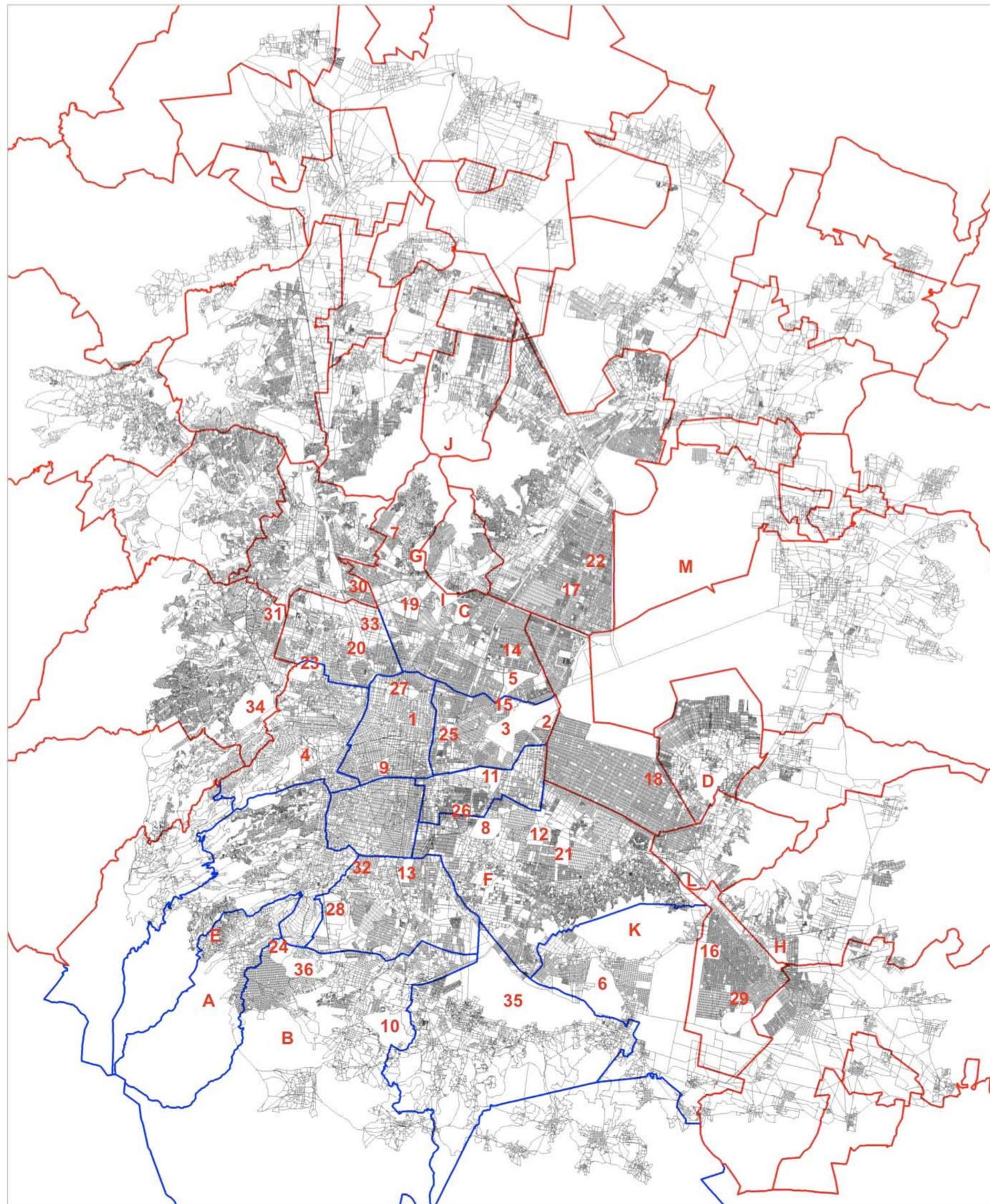


MAPA 3. Área compacta y área dispersa del AUCM

SIMBOLOGÍA

	Distrito Federal
	Estado de México
	Estructura vial
	Área compacta
	Área dispersa





MAPA 4. Grandes “vacíos” dentro de la estructura vial del AUCM. Equipamiento, parques naturales y principales elevaciones.

SIMBOLOGÍA

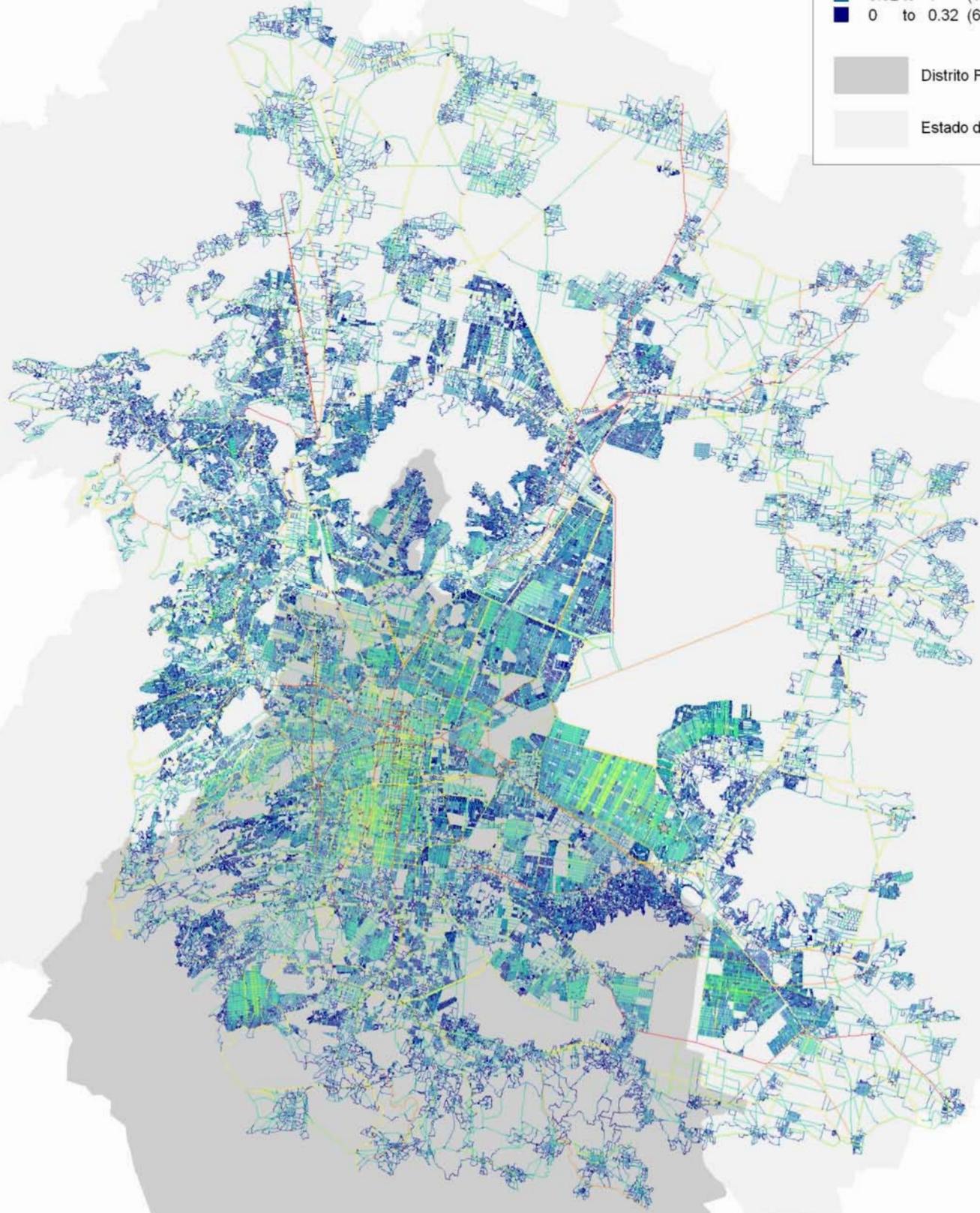
Distrito Federal		Estado de México		Estructura vial	
	Equipamiento		Equipamiento		Parques naturales y principales elevaciones
1	Plaza de la Constitución	19	Instituto Politécnico Nacional	A	Parque Desierto de los Leones
2	Alameda Oriente	20	Área de Pantaco	B	Parque Nac. El Ajusco
3	Aeropuerto Int. Benito Juárez	21	Parques Cuitalhuac y Sta. Cruz Meyehualco	C	Parque Nac. El Tepeyac
4	Bosque de Chapultepec	22	Plaza Aragón	D	Cerro Chimalhuadle
5	Bosque de Aragón	23	Refinería Azcapotzalco	E	Cerro del Judío
6	Bosque de Tláhuac	24	Reserva ecológica / UPN / Colmex / FCE	F	Cerro de la Estrella
7	Carcel	25	San Lázaro (Palacio legislativo, Palacio de Justicia Federal y TAPO)	G	Cerro El Chiquihuite
8	Central de Abasto	26	U.H. Iztacalco	H	Cerro El Elefante
9	Centro Médico y Hospital General	27	U.H. Tlatelolco	I	Cerro Zacatenco
10	Colegio Militar	28	U.N.A.M. (Ciudad Universitaria)	J	Sierra de Guadalupe
11	Ciudad Deportiva	29	Unidad Deportiva	K	Volcán Guadalupe
12	Contel (Conjunto de telefonía)	30	Vaso Regulador Carretas	L	Volcán La Caldera
13	Country Club (Taxqueña)	31	Vaso Regulador El Cristo	M	Lago de Texcoco
14	Deportivo Galeana	32	Viveros de Coyoacán		
15	Deportivo Oceanía	33	Zona Industrial Vallejo		
16	Escuela	34	Zona Militar		
17	Escuela / Hospital	35	Xochimilco		
18	Estadio Neza 86	36	Bosque de Tlalpan		

Fuente: Elaboración propia a partir de la cartografía vectorial de localidades urbanas correspondiente a la Zona Metropolitana del Valle de México (INEGI, 2005) y GuíaRoji (2010)

Mapa 5. AUCM
Longitud de líneas (Km)

■	15	to 27	(13)
■	10	to 15	(38)
■	5	to 10	(165)
■	3	to 5	(453)
■	1	to 3	(4509)
■	0.32	to 1	(18939)
■	0	to 0.32	(67597)

■ Distrito Federal
■ Estado de México



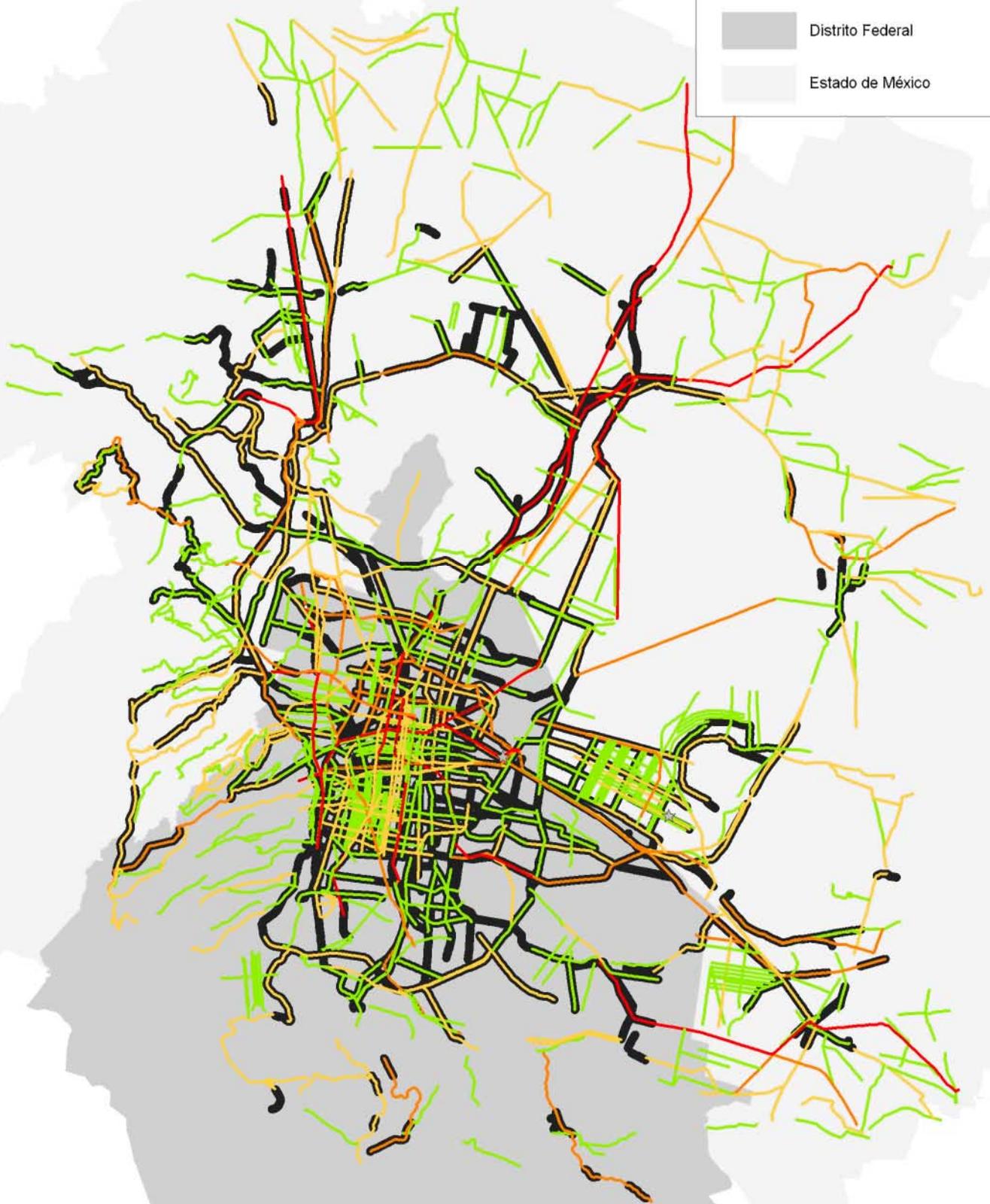
Mapa 6. AUCM. Comparativo entre líneas mayores a 3Km. y vialidades primarias

- 15 to 27 (13)
- 10 to 15 (38)
- 5 to 10 (165)
- 3 to 5 (453)

— Vialidad Primaria

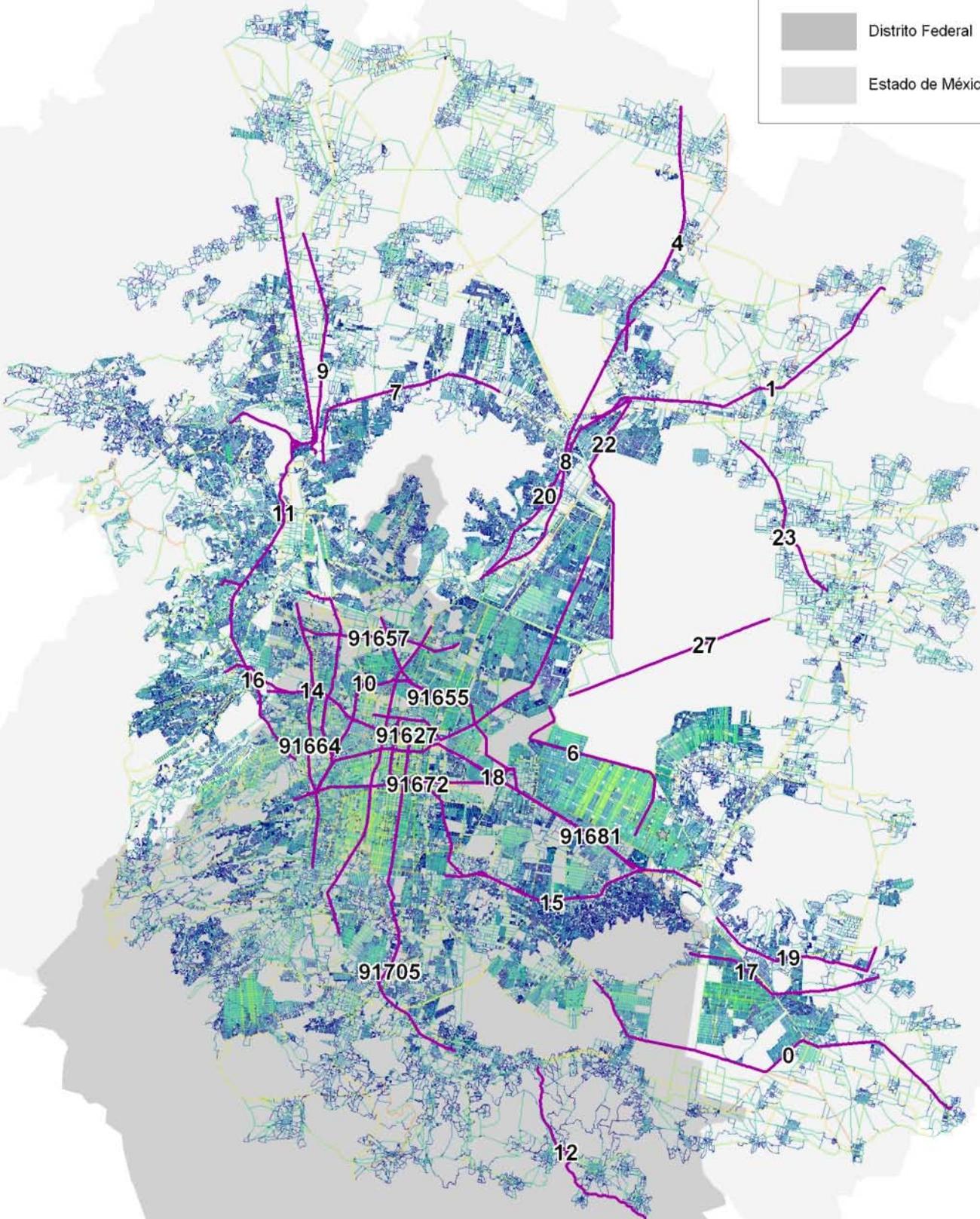
■ Distrito Federal

■ Estado de México

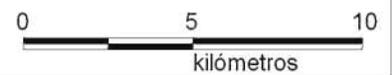
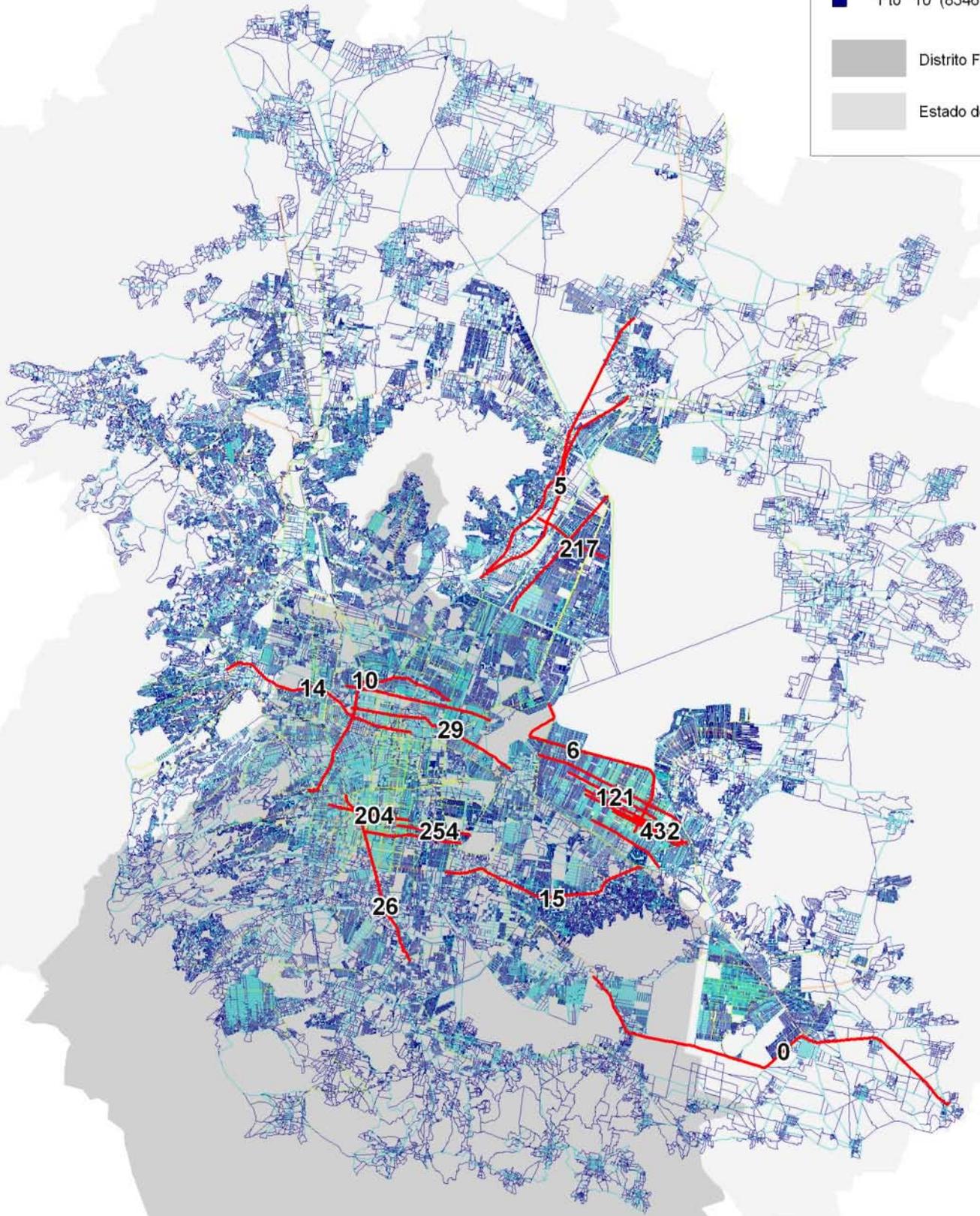
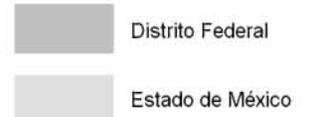
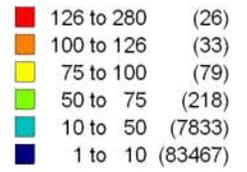


0 5 10
kilómetros

MAPA 7. AUCM. 35 líneas más largas



Mapa 8. AUCM
Conectividad

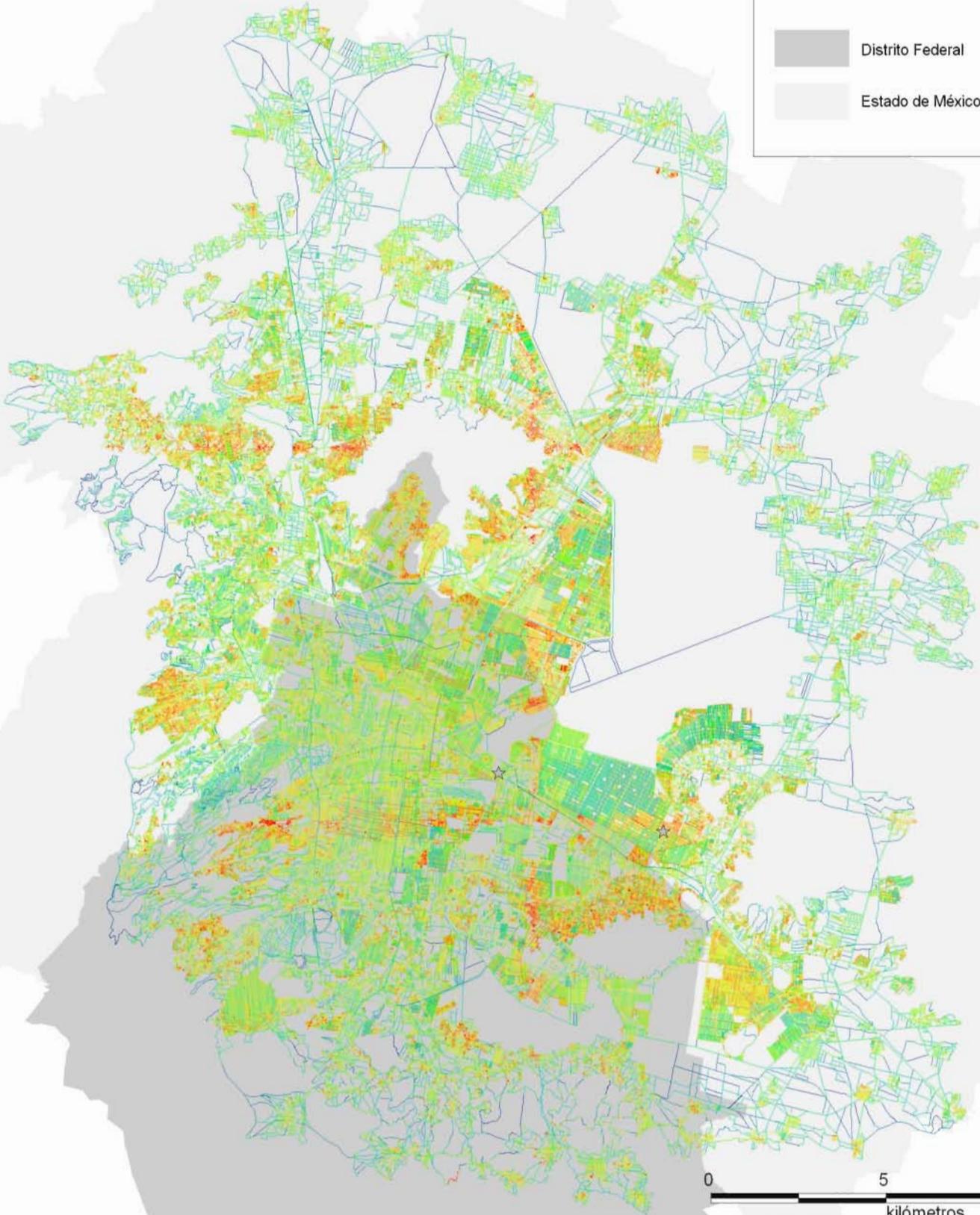


Mapa 9. AUCM
Longitud de "frente de cuadra" (Km)

■	0.005 to 0.025	(7303)
■	0.025 to 0.05	(18892)
■	0.05 to 0.075	(18478)
■	0.075 to 0.1	(13948)
■	0.1 to 0.15	(17099)
■	0.15 to 0.2	(7292)
■	0.2 to 0.3	(5093)
■	0.3 to 0.5	(1750)
■	0.5 to 1	(601)
■	1 to 3.5	(116)

■ Distrito Federal

■ Estado de México

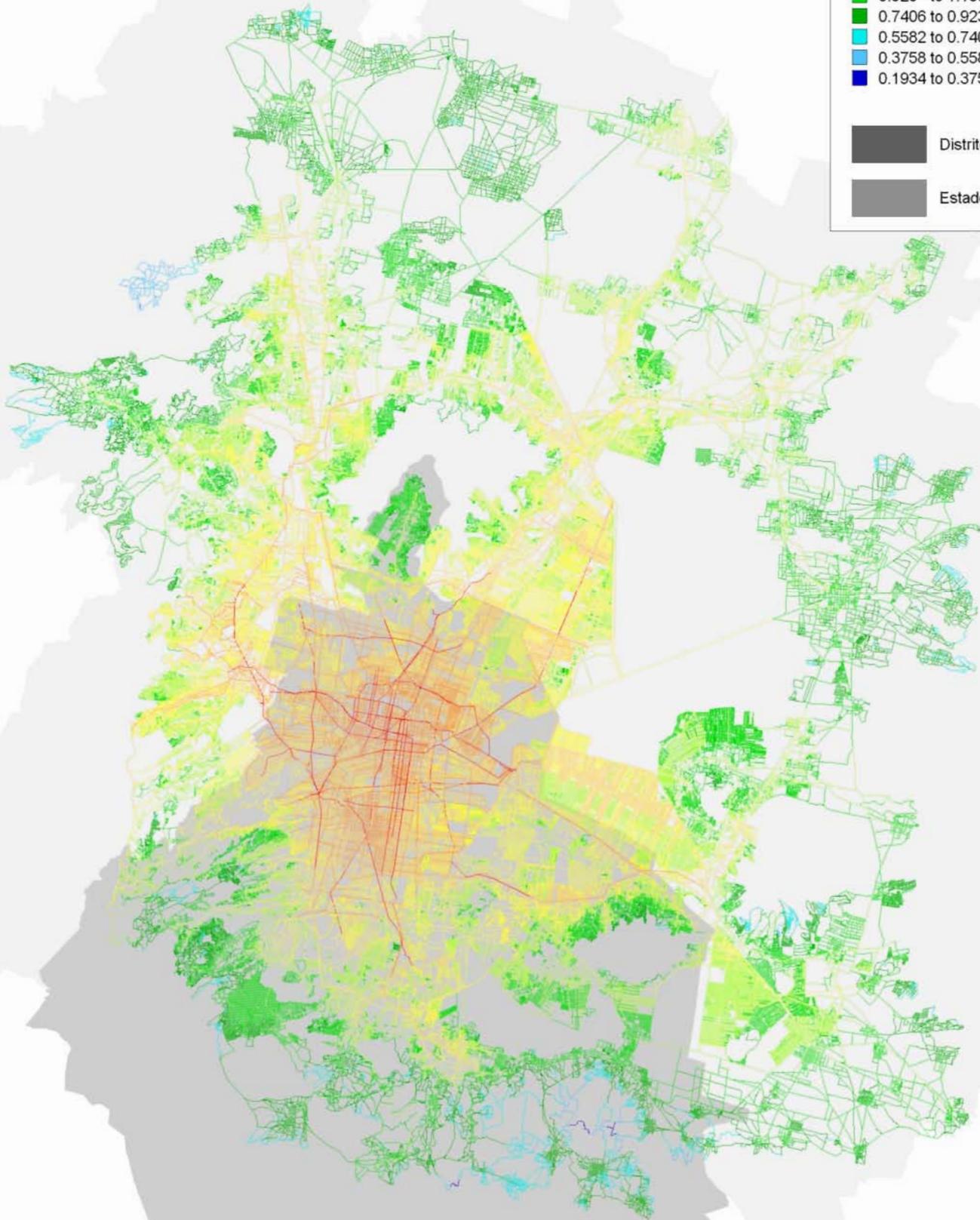


Mapa 10. AUCM
Accesibilidad metropolitana

■	1.835 to 2.0169	(40)
■	1.6526 to 1.835	(1286)
■	1.4702 to 1.6526	(6978)
■	1.2878 to 1.4702	(17501)
■	1.1054 to 1.2878	(25809)
■	0.923 to 1.1054	(22647)
■	0.7406 to 0.923	(13569)
■	0.5582 to 0.7406	(3289)
■	0.3758 to 0.5582	(483)
■	0.1934 to 0.3758	(112)

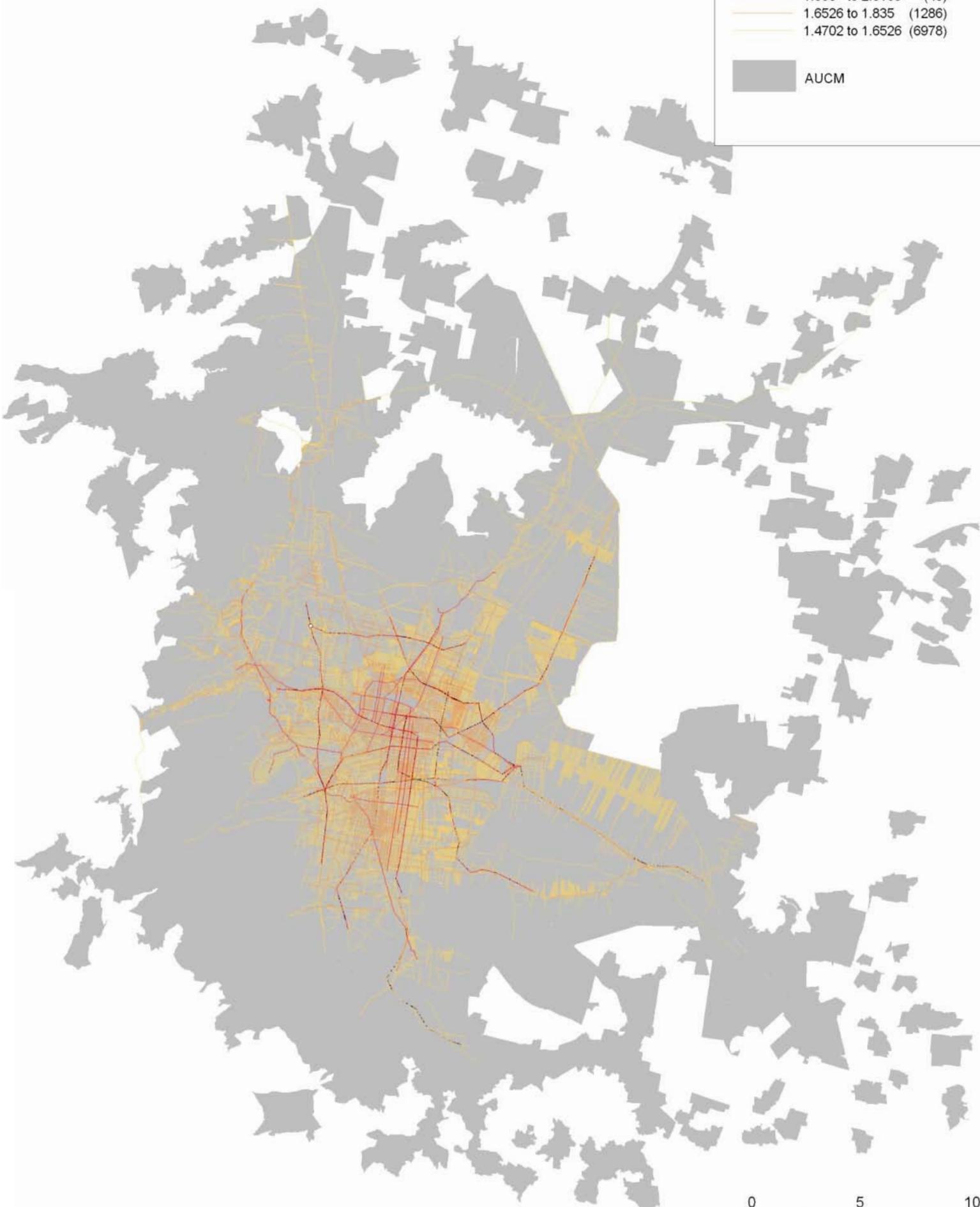
■ Distrito Federal

■ Estado de México



0 5 10
kilómetros

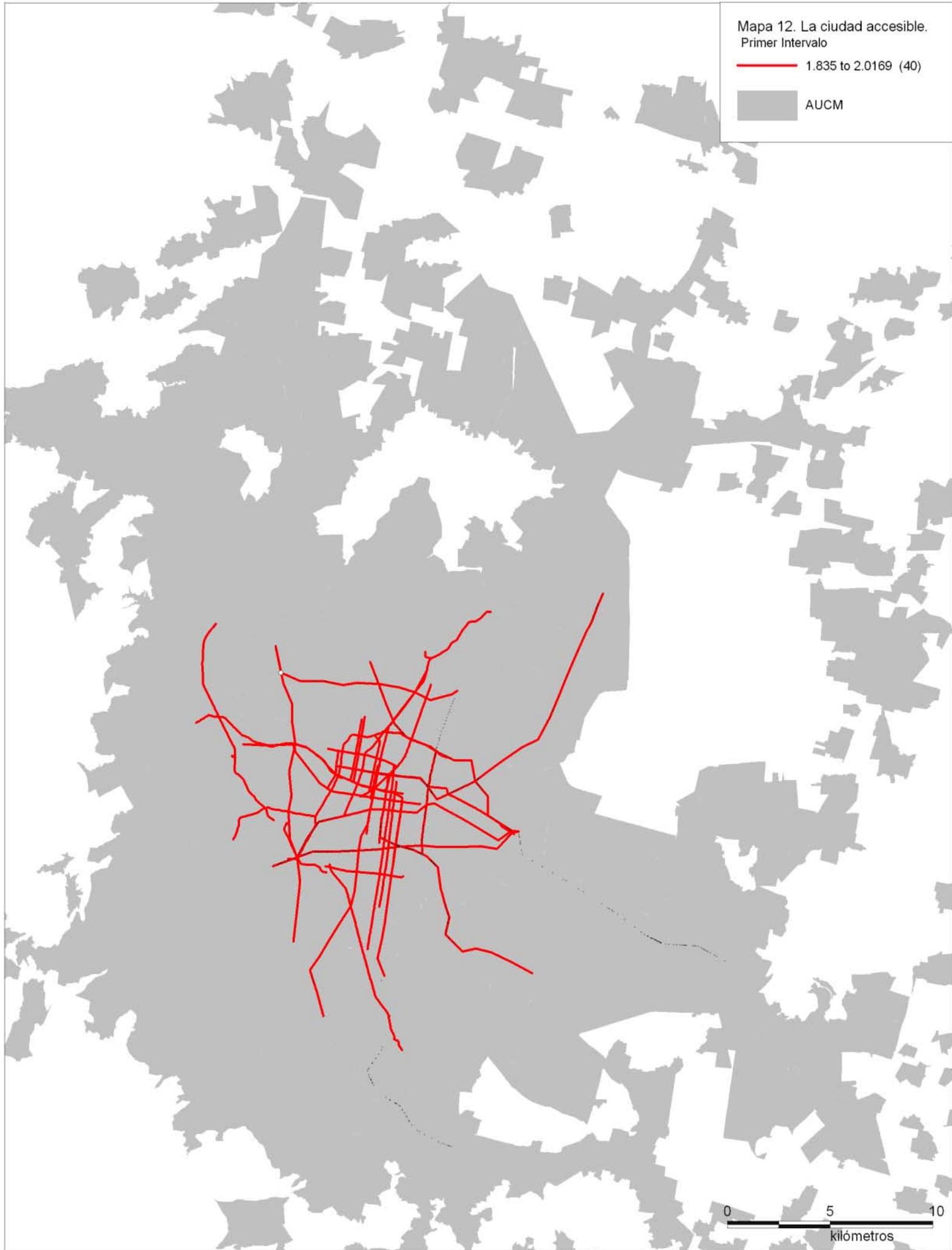
Mapa 11. Accesibilidad metropolitana
La ciudad accesible



Mapa 12. La ciudad accesible.
Primer Intervalo

1.835 to 2.0169 (40)

AUCM

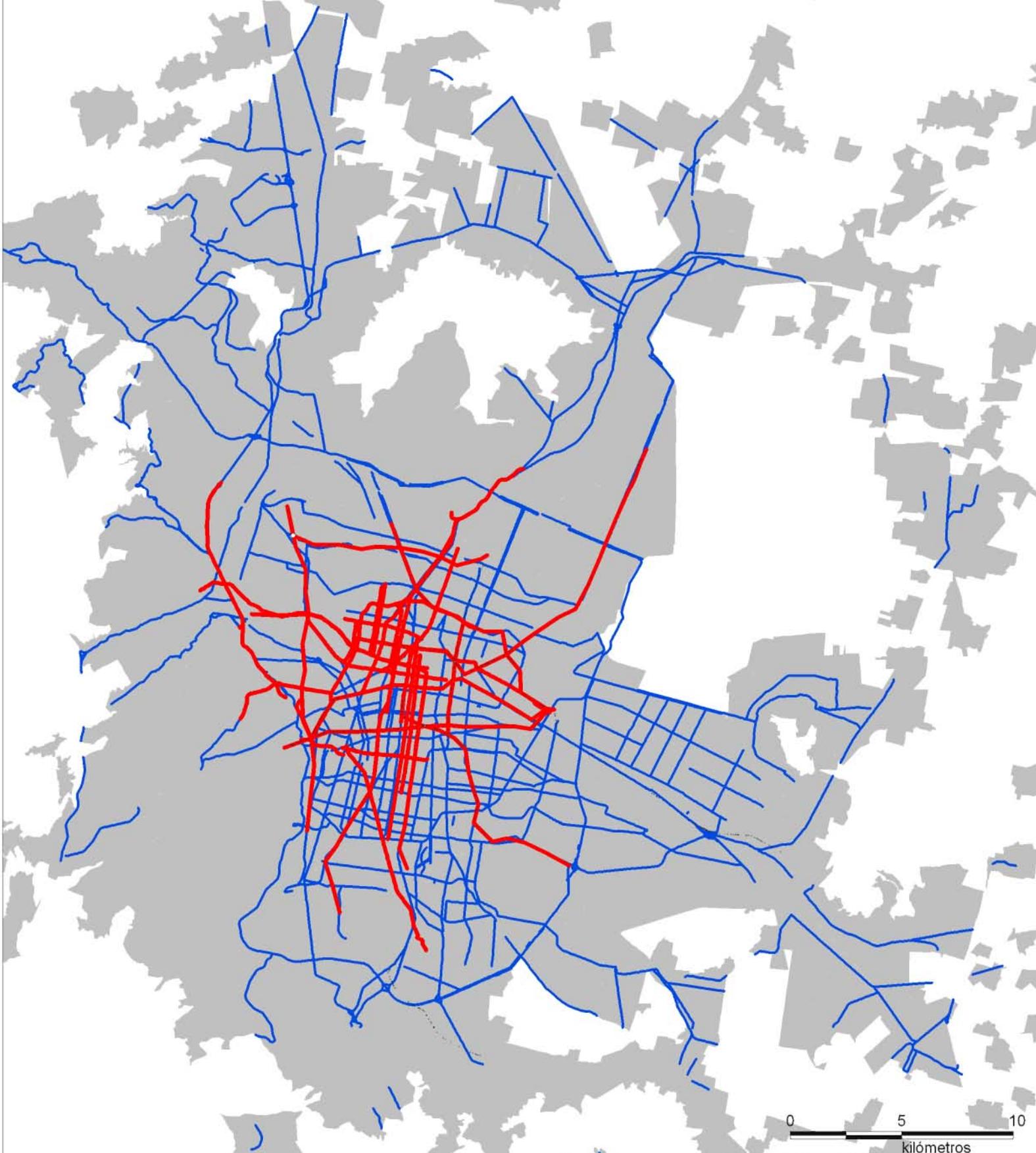


Mapa 13. La ciudad accesible. Primer intervalo comparado con las vialidades principales

— 1.835 to 2.0169 (40)

— Vialidad principal

■ AUCM



0 5 10
kilómetros

Mapa 14. La ciudad accesible
Segundo intervalo

1.6526 to 1.835 (1286)

AUCM

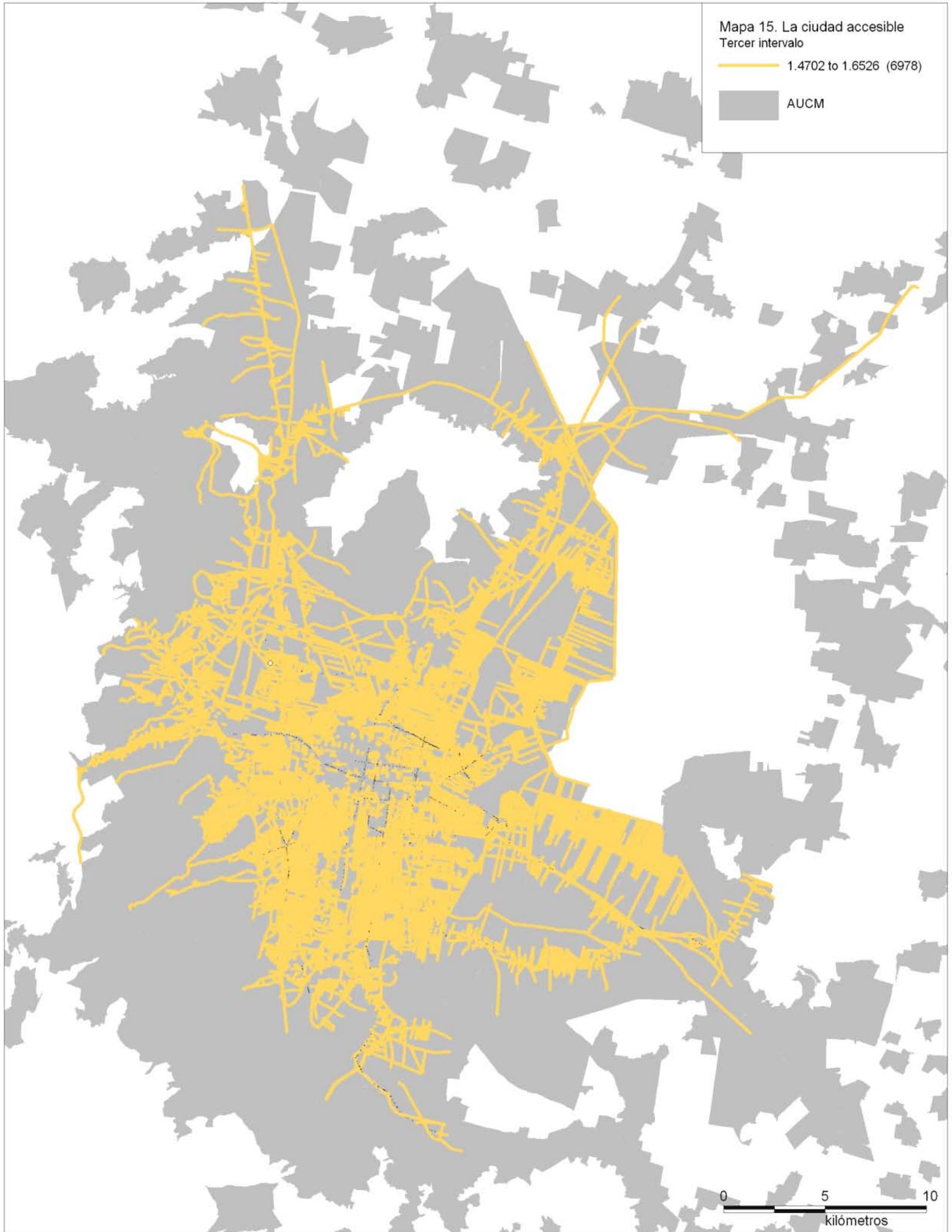


0 5 10
kilómetros

Mapa 15. La ciudad accesible
Tercer intervalo

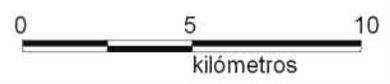
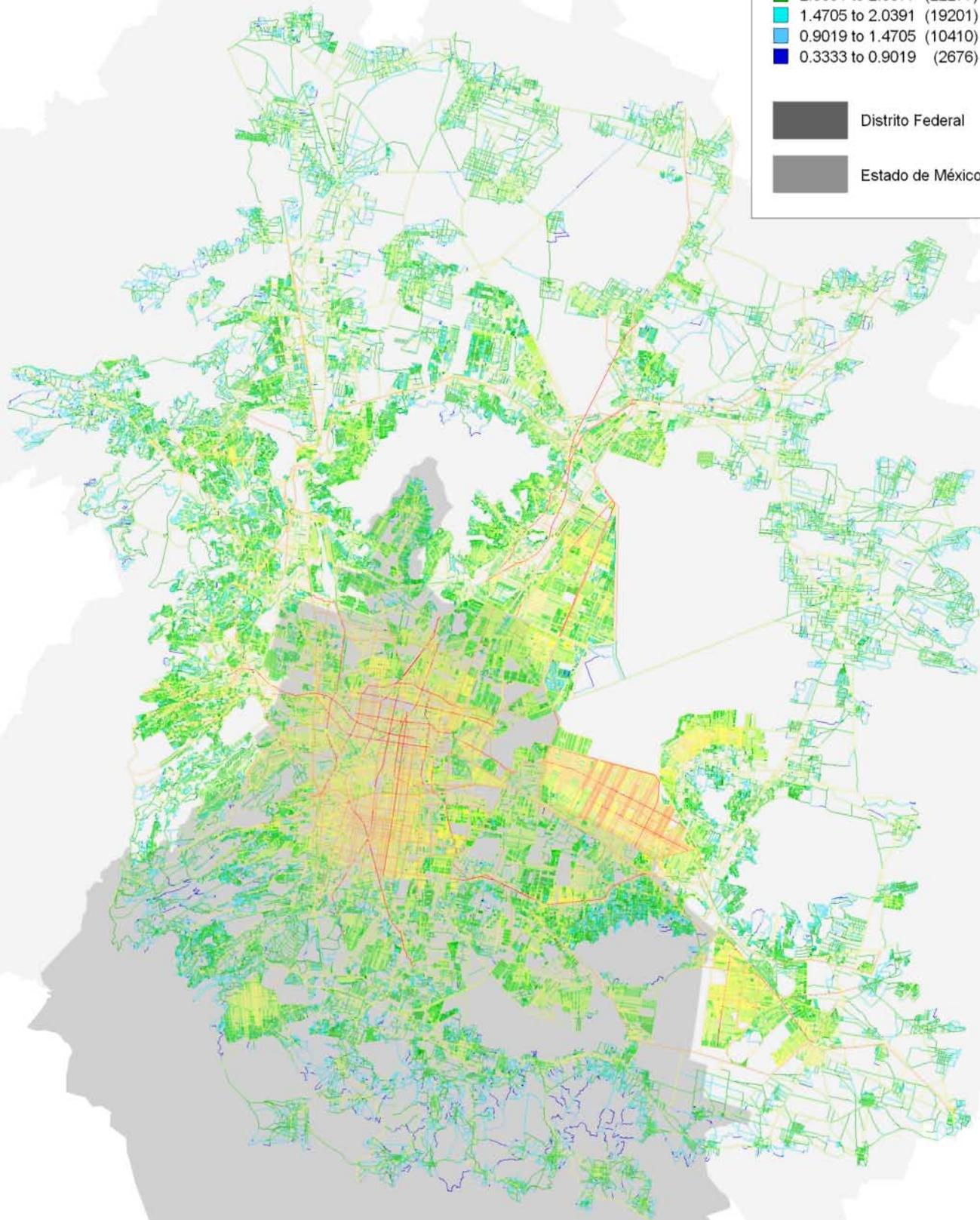
1.4702 to 1.6526 (6978)

AUCM



0 5 10
kilómetros

Mapa 16. Accesibilidad local (R3)



Mapa 17. Accesibilidad local
Lineas mas accesibles (9%)

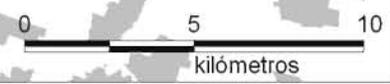
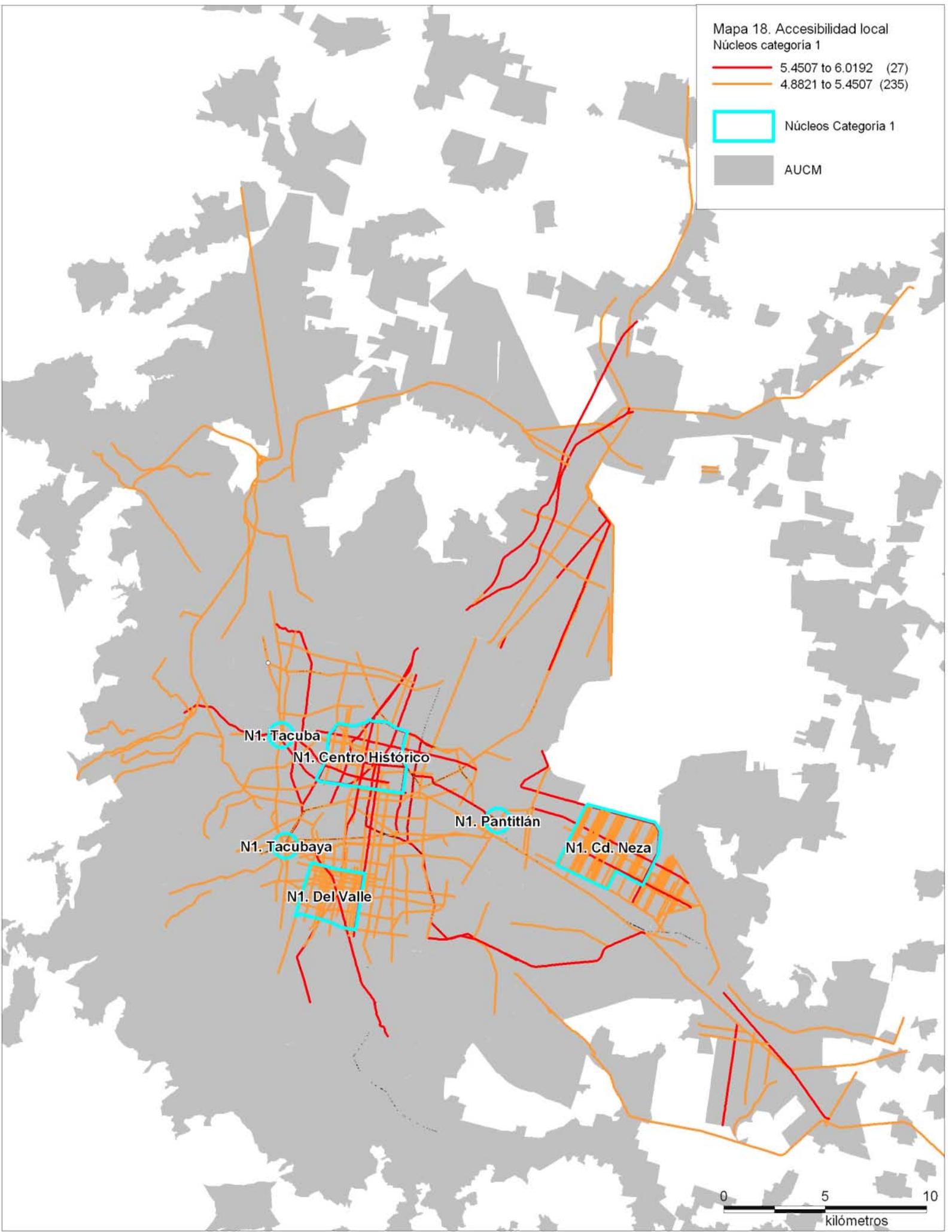
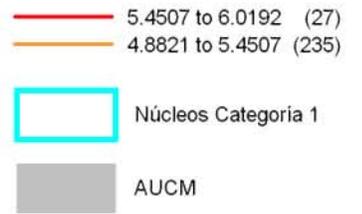
- 5.4507 to 6.0192 (27)
- 4.8821 to 5.4507 (235)
- 4.3135 to 4.8821 (1375)
- 3.7449 to 4.3135 (5566)

AUCM



0 5 10
kilómetros

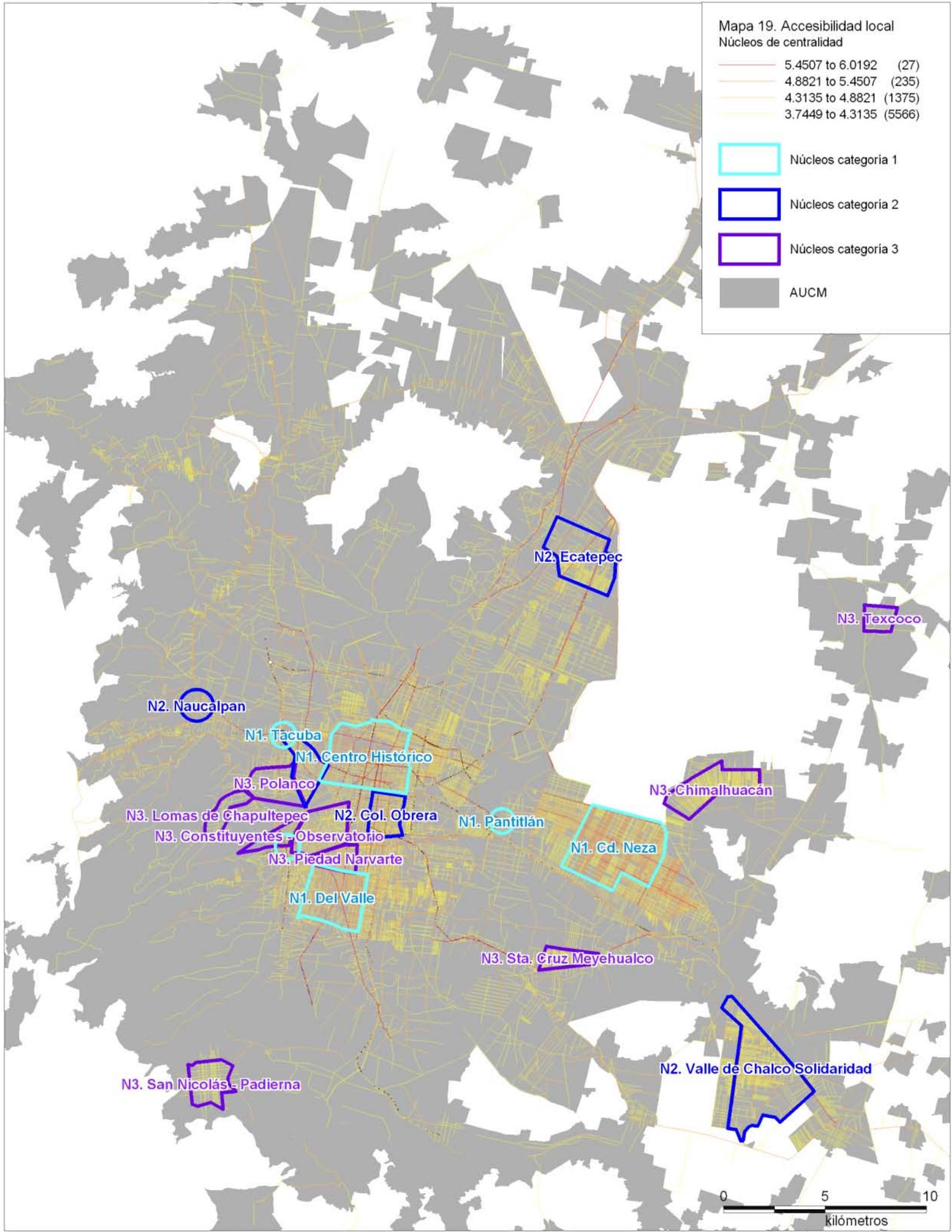
Mapa 18. Accesibilidad local
Núcleos categoría 1



Mapa 19. Accesibilidad local
Núcleos de centralidad

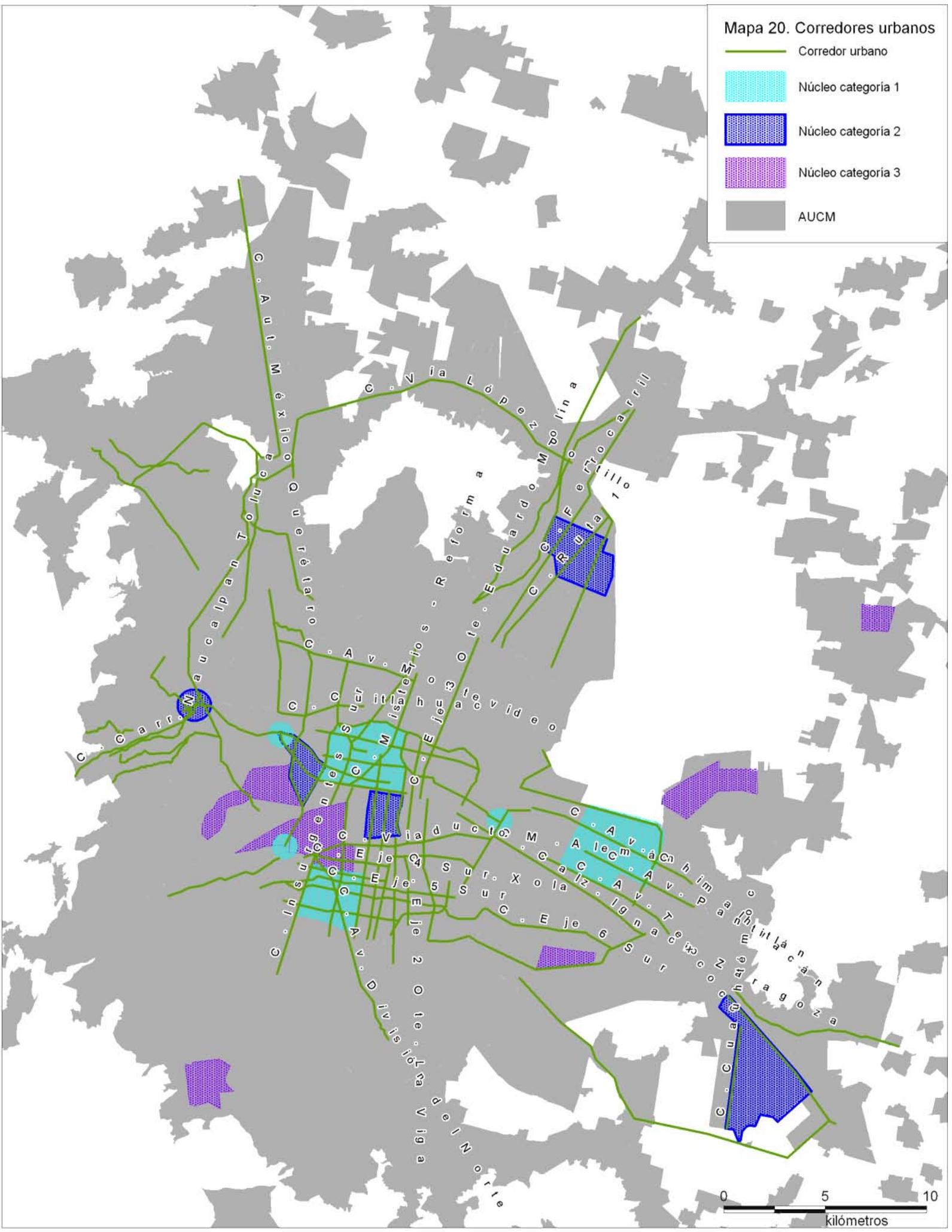
	5.4507 to 6.0192	(27)
	4.8821 to 5.4507	(235)
	4.3135 to 4.8821	(1375)
	3.7449 to 4.3135	(5566)

	Núcleos categoría 1
	Núcleos categoría 2
	Núcleos categoría 3
	AUCM

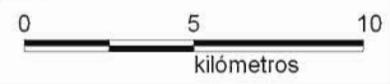
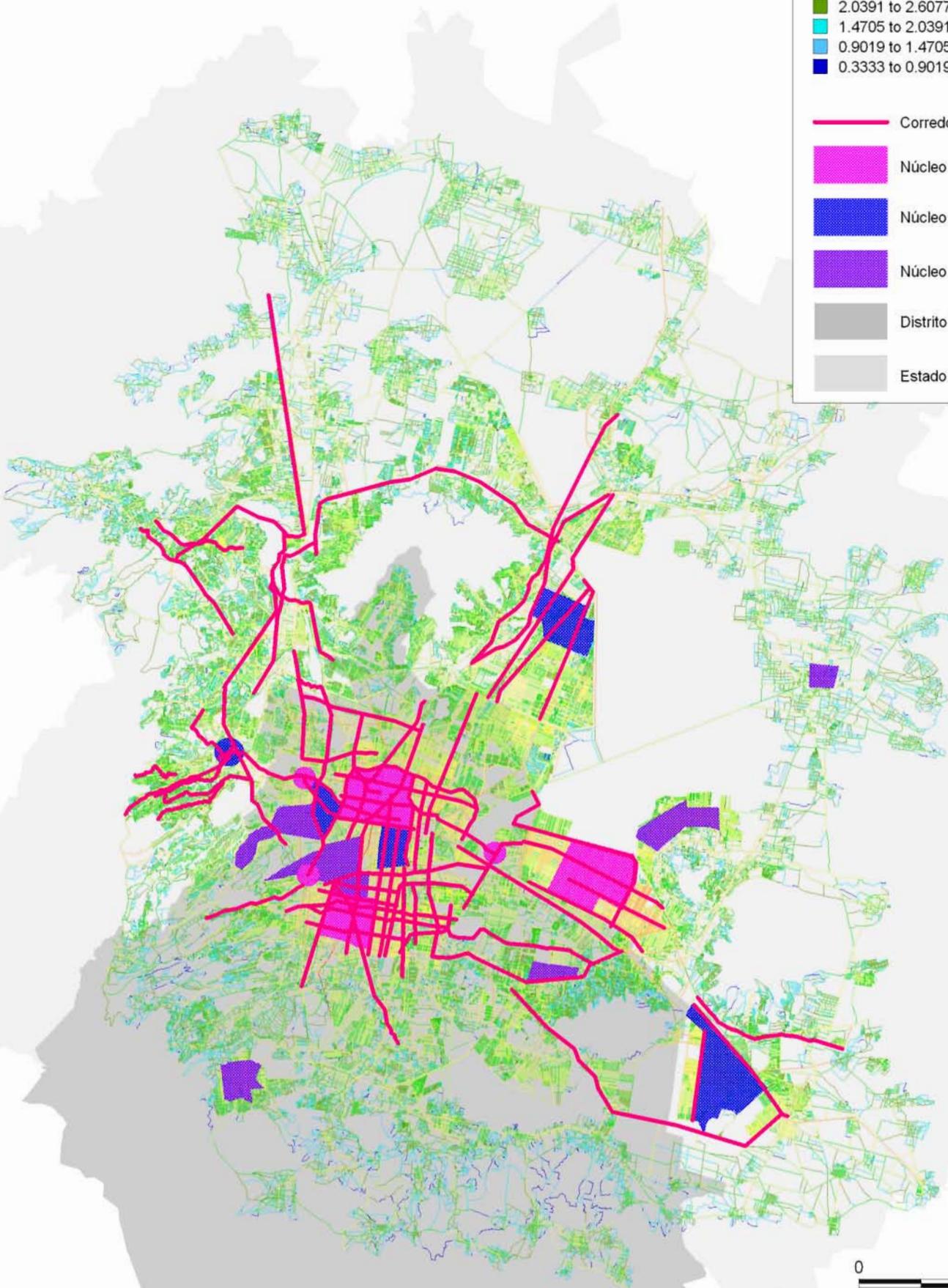
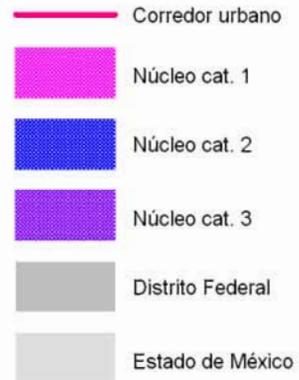
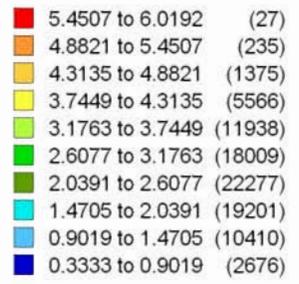


Mapa 20. Corredores urbanos

- Corredor urbano
- Núcleo categoría 1
- Núcleo categoría 2
- Núcleo categoría 3
- AUCM



Mapa 21. Accesibilidad local + Núcleos de centralidad + Corredores urbanos



Anexo A: Metodología para la elaboración del mapa de líneas continuas del AUCM

Cartografía.

El caso de estudio de esta investigación corresponde a un área comprendida dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México del año 2000, determinada por SEDESOL, CONAPO e INEGI (2004), la cual incluye tres entidades federativas (Distrito Federal, Estado de México e Hidalgo) y esta conformada por 76 unidades político-administrativas (16 delegaciones y 60 municipios), dentro de los cuales hay 219 localidades urbanas en 4,984 AGEBs urbanas. A partir de esta delimitación se decidió reducir el área de estudio a un zona mas compacta, la cual se denominará Área Urbana de la Ciudad de México (AUCM). Aún cuando existe un criterio de conurbación física establecido (op. cit.), el cual sirvió de referencia para la determinación del AUCM, se decidió contar con un criterio propio¹³⁰, el cual consiste en la conurbación y la contigüidad de las AGEBs que constituyeran una mancha urbana continua, por lo que el AUCM incluye 4,730 AGEBs urbanas distribuidas en las 16 delegaciones del Distrito Federal y 40 municipios del Estado de México, lo cual hace un total de 56 unidades político-administrativas, sin embargo en diez de éstas algunas de sus AGEBs no fueron consideradas por no cumplir los criterios de contigüidad y continuidad en la mancha urbana (ver Cuadro A.1).

Cuadro A.1. Cuadro indicativa de las delegaciones y municipios considerados en el AUCM y la ZMVM del año 2000.

	ENTIDAD	DELEGACIÓN / MUNICIPIO	Incluidos en el AUCM	AGEBs urbanos incluidos total (T) o parcialmente (P)
1	D.F.	Azcapotzalco	SI	T

¹³⁰ Basado en una inspección visual del mapa correspondiente al área de estudio

2	D.F.	Coyoacán	SI	T
3	D.F.	Cuajimalpa de Morelos	SI	T
4	D.F.	Gustavo A. Madero	SI	T
5	D.F.	Iztacalco	SI	T
6	D.F.	Iztapalapa	SI	T
7	D.F.	La Magdalena Contreras	SI	T
8	D.F.	Milpa Alta	SI	T
9	D.F.	Álvaro Obregón	SI	T
10	D.F.	Tláhuac	SI	T
11	D.F.	Tlalpan	SI	T
12	D.F.	Xochimilco	SI	T
13	D.F.	Benito Juárez	SI	T
14	D.F.	Cuauhtémoc	SI	T
15	D.F.	Miguel Hidalgo	SI	T
16	D.F.	Venustiano Carranza	SI	T
17	Hidalgo	Tizayuca	NO	-
18	Edo. Mex.	Acolman	SI	T
19	Edo. Mex.	Amecameca	NO	-
20	Edo. Mex.	Apaxco	NO	-
21	Edo. Mex.	Atenco	SI	P
22	Edo. Mex.	Atizapán de Zaragoza	SI	T
23	Edo. Mex.	Atlautla	NO	-
24	Edo. Mex.	Axapusco	NO	-
25	Edo. Mex.	Ayapango	NO	-
26	Edo. Mex.	Coacalco de Berriozábal	SI	T
27	Edo. Mex.	Cocotitlán	SI	T
28	Edo. Mex.	Coyotepec	SI	T
29	Edo. Mex.	Cuautitlán	SI	T

30	Edo. Mex.	Chalco	SI	T
3SI	Edo. Mex.	Chiautla	SI	T
32	Edo. Mex.	Chicoloapan	SI	T
33	Edo. Mex.	Chiconcuac	SI	T
34	Edo. Mex.	Chimalhuacán	SI	T
35	Edo. Mex.	Ecatepec de Morelos	SI	T
36	Edo. Mex.	Ecatzingo	NO	-
37	Edo. Mex.	Huehuetoca	SI	T
38	Edo. Mex.	Hueyoxtla	NO	T
39	Edo. Mex.	Huixquilucan	SI	P
40	Edo. Mex.	Isidro Fabela	NO	-
4SI	Edo. Mex.	Ixtapaluca	SI	P
42	Edo. Mex.	Jaltenco	SI	T
43	Edo. Mex.	Jilotzingo	NO	-
44	Edo. Mex.	Juchitepec	NO	-
45	Edo. Mex.	Melchor Ocampo	SI	T
46	Edo. Mex.	Naucalpan de Juárez	SI	P
47	Edo. Mex.	Nezahualcóyotl	SI	T
48	Edo. Mex.	Nextlalpan	SI	T
49	Edo. Mex.	Nicolás Romero	SI	P
50	Edo. Mex.	Nopaltepec	NO	-
5I	Edo. Mex.	Otumba	NO	-
52	Edo. Mex.	Ozumba	NO	-
53	Edo. Mex.	Papalotla	SI	T
54	Edo. Mex.	La Paz	SI	T
55	Edo. Mex.	San Martín de las Pirámides	SI	T
56	Edo. Mex.	Tecámac	SI	T
57	Edo. Mex.	Temamatla	SI	T
58	Edo. Mex.	Tecamascalpa	NO	-

59	Edo. Mex.	Tenango del Aire	NO	-
60	Edo. Mex.	Teoloyucán	SI	T
6SI	Edo. Mex.	Teotihuacán	SI	T
62	Edo. Mex.	Tepetlaoxtoc	SI	P
63	Edo. Mex.	Tepetlixpa	NO	-
64	Edo. Mex.	Tepotztlán	SI	P
65	Edo. Mex.	Tequixquiac	NO	-
66	Edo. Mex.	Texcoco	SI	P
67	Edo. Mex.	Tezoyuca	SI	T
68	Edo. Mex.	Tlalmanalco	NO	-
69	Edo. Mex.	Tlalnepantla de Baz	SI	T
70	Edo. Mex.	Tultepec	SI	T
71	Edo. Mex.	Tultitlán	SI	T
72	Edo. Mex.	Villa del Carbón	NO	-
73	Edo. Mex.	Zumpango	SI	P
74	Edo. Mex.	Cuautitlán Izcalli	SI	T
76	Edo. Mex.	Valle de Chalco Solidaridad	SI	T

Fuente: Elaboración propia a partir de la Delimitación de la Zona Metropolitana del Valle de México (SEDESOL et al., 2004).

El mapa base del AUCM se creó empleando la cartografía urbana digital del XII Censo General de Población y Vivienda del Distrito Federal y el Estado de México (INEGI, 2002a; INEGI, 2002b correspondientemente). De ésta se usaron las manzanas¹³¹ para tener la estructura vial o configuración de la ciudad.

Por otra parte y para realizar el análisis de accesibilidad del AUCM se empleó el mapa correspondiente a los ejes de calle de la cartografía vectorial de localidades urbanas correspondiente a la Zona Metropolitana del Valle de México (INEGI, 2005), ajustándolo a la estructura urbana del año 2000. La principal corrección consistió en la eliminación de las

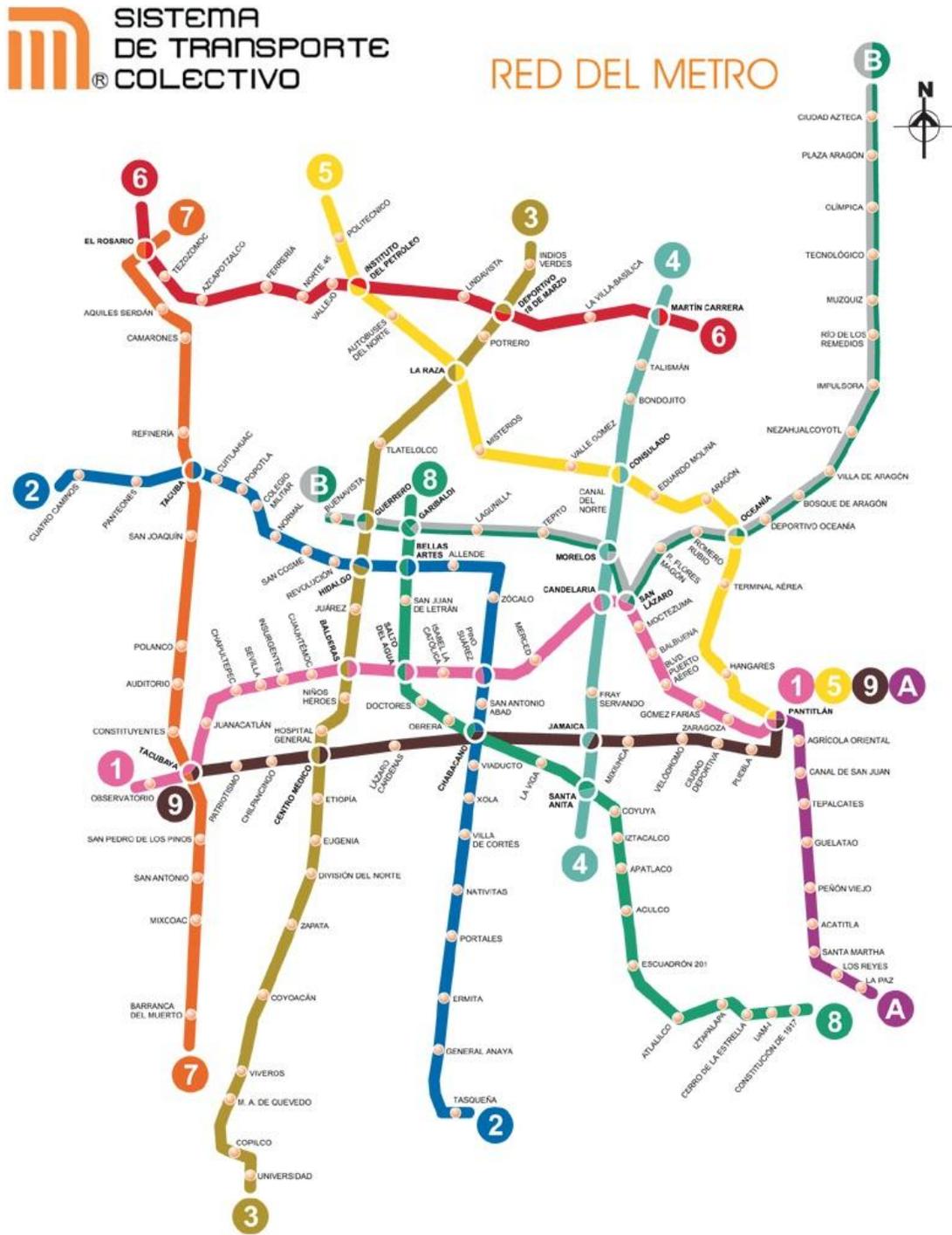
¹³¹ La capa “manzanas” incluye algunos parques y camellones de dimensiones considerables, así como la configuración de algunos conjuntos habitacionales.

polilíneas de las calles (el mapa original consta de 142,411 polilíneas) ya sea porque no están comprendidas dentro del AUCM o porque éstas fueron creadas después del año 2000. El número de polilíneas del AUCM es de 91,586.

La decisión de emplear los ejes de calle y no generar un mapa axial propio se fundamenta en el estudio hecho por Turner (2007), el cual demuestra que, a partir de una normalización de los segmentos analizados, es posible tener una mejor correlación entre los valores de accesibilidad obtenidos y los flujos reales (especialmente los vehiculares) y por lo tanto, obtener un modelo de accesibilidad de la ciudad más certero.

El análisis realizado incorpora la red del Sistema de Transporte Colectivo (conocido como Metro, término que se empleará para denominar a este medio de transporte en este documento) por lo que fue necesario localizar las estaciones y con mayor precisión los accesos a estas. Para hacer el trazo de la red completa se consultó la página web del Sistema de Transporte Colectivo (2010) para obtener la información del número de líneas (y estaciones de cada una de éstas) construidas hasta el año 2000. La red del Metro, hasta el año 2000, constaba de once líneas y 175 estaciones (ver Figura A.1 y Cuadro A.2). En el caso de la localización precisa de los accesos a las estaciones, se emplearon los mapas digitales de Google Maps (Google Maps, 2011).

Figura A.1. Red del Metro (año 2000)



Fuente: Sistema de Transporte Colectivo (2010)

Cuadro A.2. Características de las once líneas del Metro

Línea	Terminales	Características
1	Observatorio – Pantitlán	Longitud: 16.654 Km Estaciones: 20, 7 de ellas de correspondencia, 12 de paso y dos terminales.
2	Cuatro Caminos – Taxqueña	Longitud: 20.713 Km Estaciones: 24, 5 de ellas de correspondencia, 17 de paso y dos terminales
3	Indios Verdes – Universidad	Longitud: 21.278 Km Estaciones: 21, 6 de ellas de correspondencia, 13 de paso y 2 terminales
4	Martín Carrera – Santa Anita	Longitud: 9.363 Km Estaciones: 10, 6 de ellas de correspondencia -incluidas dos terminales-, y 4 de paso
5	Pantitlán – Politécnico	Longitud: 14.435 Km Estaciones: 13, 5 de ellas de correspondencia -incluida una de sus terminales -, 7 de paso y una terminal más
6	El Rosario – Martín Carrera	Longitud: 11.434 Km Estaciones: 11, 4 de ellas de correspondencia -incluidas las dos terminales-, 7 de paso
7	El Rosario – Barranca del Muerto	Longitud: 17.011 Km Estaciones: 14, 3 de ellas de correspondencia -incluida una de sus terminales-, 10 de paso y una terminal más
8	Garibaldi – Constitución de 1917	Longitud: 17.679 Km Estaciones: 19, 5 de ellas de correspondencia -incluida una de sus terminales-, 13 de paso y una terminal más
9	Tacubaya - Pantitlan	Longitud: 13.033 Km Estaciones: 12, 5 de ellas de correspondencia -incluidas las dos terminales-, 7 de paso
A	Pantitlan – La Paz	Longitud: 14.893 Km Estaciones: 10, 8 de ellas de paso y dos terminales, una con correspondencia
B	Ciudad Azteca – Buenavista	Longitud: 20.278 Km Estaciones: 21, 5 de ellas de correspondencia, 14 de paso y dos terminales

Fuente: Sistema de Transporte Colectivo (2010)

Criterios para la elaboración de los mapas.

Con el fin de poder hacer el análisis de accesibilidad del AUCM empleando *Space Syntax* como herramienta fue necesario hacer ajustes adicionales al mapa de ejes de calle de INEGI.

El primer ajuste fue la eliminación de aquellas polilíneas que no forman anillos de circulación, es decir, sólo contaban con una conexión con el resto de la red (Figura A.2.a). La razón de esto es en el espacio representado por estas líneas no es posible comunicarse o desplazarse a otro espacio, por lo que serían la representación solamente de las actividades que suceden en ese espacio y no de las posibilidades de movimiento en la red, por lo que eliminar esta conexión no hace una diferencia significativa para el análisis del sistema o red restante (Hillier, 1996b: 250).

Figura A.2. Comparativo de mapas mostrando la eliminación de polilíneas que no formaban anillos de circulación.

Figura A.2.a. Mapa de ejes de calle original

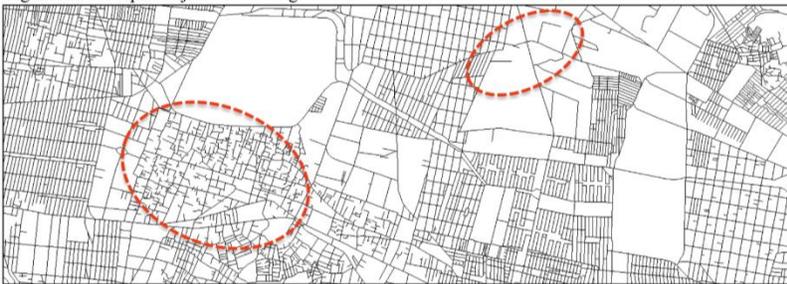
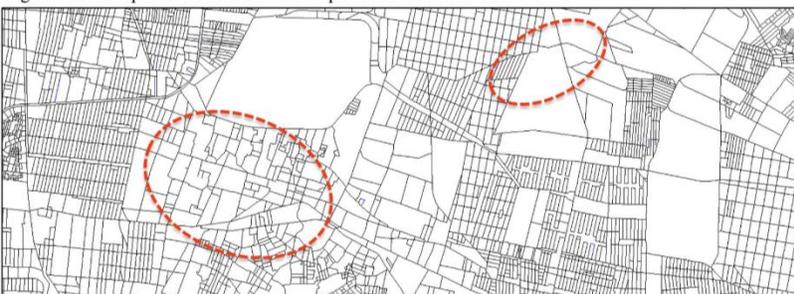


Figura A.2.b. Mapa modificado eliminando polilíneas con una sola conexión



Fuente: Elaboración propia a partir del mapa de ejes de calle (INEGI, 2005).

Debido a que hasta el momento de los ajustes del mapa se desconocía si el análisis se haría con mapas de segmentos o de líneas continuas, se decidió realizar el segundo ajuste, el cual fue relativo a las glorietas o rotondas. En el mapa original de ejes de calle, las glorietas están representadas por polilíneas constituidas por un gran número de pequeños segmentos rectos para poder generar una línea curva, sin embargo debido al tipo análisis que se realizaría (topológico)

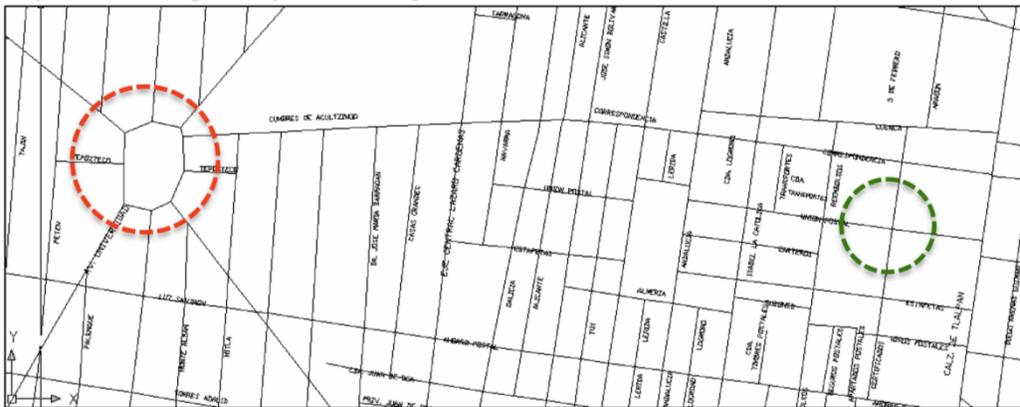
se consideró que podrían alterar los resultados¹³². Por esta razón se decidió simplificar las glorietas y rotondas considerando el número de conexiones que implicaba en la red vial con el siguiente criterio: en caso de que en la glorieta solo hubiera la intersección de dos calles se eliminaría ésta y solo se harían las conexiones correspondientes (Figura A.3.b); mientras que si a la glorieta confluyen mas de dos calles, entonces se representaría como un polígono cuyos vértices conectarían a las calles que convergen en ese espacio (Figura A.3.b).

Figura A.3. Comparativo de mapas mostrando la simplificación de las glorietas

Figura A.3.a. Mapa de ejes de calle original



Figura A.3.b. Mapa con glorietas simplificadas



La figura A.3.a. muestra los dos casos de glorietas que se simplificaron: en el círculo rojo se muestra una glorieta con múltiples intersecciones, y en el círculo verde una donde sólo confluyen dos calles. La figura A.3.b. muestra cómo se simplificaron ambos casos: la glorieta con múltiples intersecciones es ahora un polígono que une a todas las calles y en el segundo caso, se elimina la glorieta y sólo se hacen las conexiones correspondientes. Fuente: Elaboración propia a partir del mapa de ejes de calle (INEGI, 2005).

¹³² Recordemos que en un análisis topológico el número de nodos y sus conexiones son determinantes.

El tercer ajuste corresponde a la representación de la red del Metro, lo cual incluye las estaciones (algunas con múltiples salidas), los enlaces o “correspondencias” entre líneas y el recorrido. Para esto se hicieron las consideraciones siguientes:

1. El usuario al utilizar la red, no percibe las estaciones intermedias a su destino, como conexiones, sino que entiende el viaje como uno solo desde su origen hasta que llega a la estación destino, es decir solo hubo una conexión; en caso de tener que hacer una transferencia entre líneas, la estación de transferencia es entendida como una conexión, por lo que el número de conexiones en su mente son 2 (o más en el caso de que tenga que cambiar mas de una vez de línea): la estación de transferencia y la estación destino. Es así como la distancia real “se elimina” de la percepción del usuario, por lo que un viaje puede ser corto o largo en términos reales, pero en términos perceptuales depende del número de estaciones que tenga que usar para llegar a su destino. Por esto cada línea de la red del Metro es una línea continua agregada con conexiones en cada una de las estaciones y correspondencias
2. Las estaciones. La red del Metro se incorporó a la red de ejes de calle a partir de conexiones entre los accesos a las estaciones y las calles en las que se encuentran ubicados éstos, siguiendo el criterio de modelación para el estudio de la Zona Metropolitana de Tokio, donde se incorporó a la estructura de la ciudad la red de transporte publico de trenes (Iida y Nishibori en Major et al., 1997). Se presentaron tres casos para acceder a las estaciones: el primero es cuando la estación se encuentra a mitad de manzana y la única conexión posible es con la calle por la que se accede, en este caso se hizo una conexión entre la línea y la estación (ver Figura A.4.a.); el segundo caso es cuando los accesos a la estación se encuentran en la intersección de dos o más calles, para lo cual se conectó la línea correspondiente de la red del metro con el vértice que une a las calles intersectadas (ver Figura A.4.b.); finalmente, el tercer caso es cuando la estación tiene múltiples accesos localizados en diferentes calles, para lo que se tomó la decisión de que la línea que representa el trayecto del Metro y que termina en la estación, no terminara intersectando con alguna otra línea de la red vial, sino que “flotara” vinculándose con la red vial con líneas que conectaran la estación con las calles en las que se encuentran ubicados los accesos o que representen los túneles de transferencia entre estaciones (ver Figura A.4.c).

Figura A.4. Criterios para representar los accesos a las estaciones del Metro.

Figura A.4.a. Estación localizada a mitad de manzana

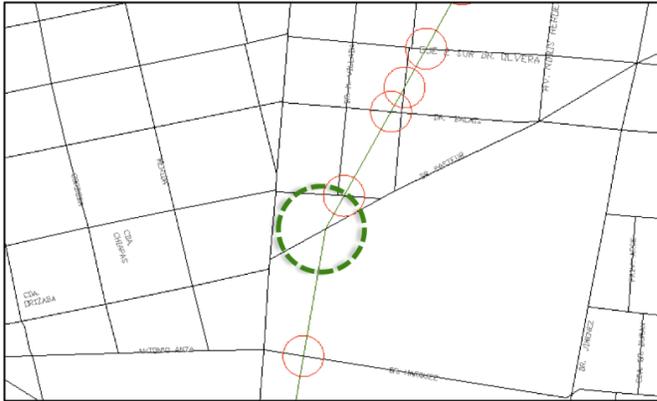


Figura A.4.b. Estación localizada en la intersección de calles

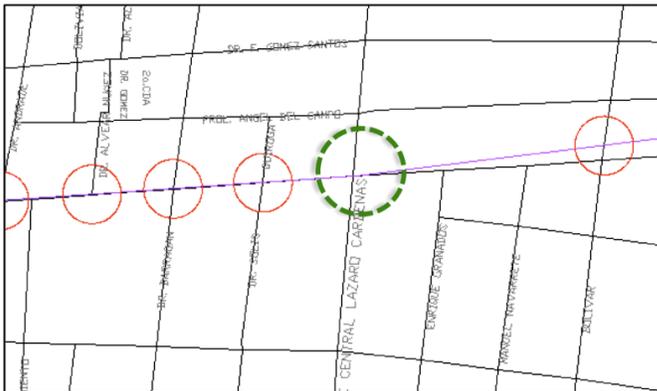
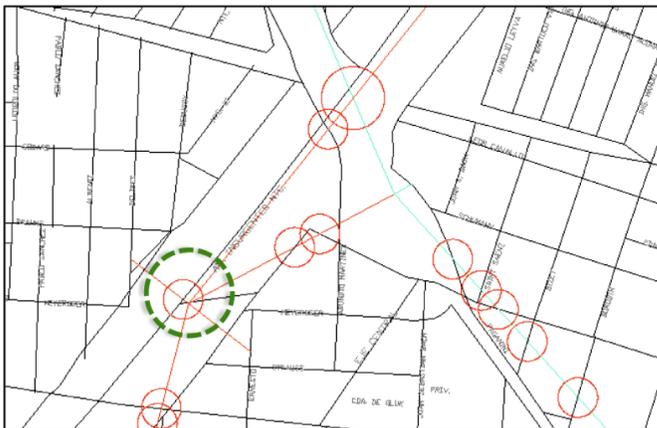


Figura A.4.c. Estación con múltiples accesos



En los tres casos el círculo verde de línea punteada señala la localización de una estación, las líneas de colores representan los túneles (o líneas) del Metro y los círculos rojos indican que la intersección deberá ser ignorada por el programa a utilizarse para el análisis (en este caso Mindwalk 2.0). La figura A.4.a. muestra el caso de la

estación Hospital General (línea 3), la figura A.2.b. muestra la estación Lázaro Cárdenas (línea 9) y la figura A.3.c. representa la estación La Raza (líneas 3 y 5). Fuente: Elaboración propia.

Consideraciones para la determinación del tipo de análisis a elaborar

Como se mencionó en el Capítulo III de esta investigación, existen principalmente tres formas de representar y analizar un sistema urbano. En los siguientes párrafos se hará un recuento de las posibilidades que se tienen para realizar el análisis con cada uno de estos métodos, de acuerdo a la disponibilidad de información y tiempo para la elaboración de estos mapas.

Mapa axial.

Para la elaboración de este mapa solamente se requeriría como base la estructura urbana del AUCM, la cual se obtuvo de la cartografía urbana digital del año 2000 (INEGI, 2002a; INEGI, 2002b), específicamente las manzanas y los nombres de las calles, para posteriormente elaborar el mapa axial de una manera manual. El problema que se tuvo en este caso es que la elaboración de este mapa demandaba mucho tiempo¹³³ y no se contaba con otros recursos humanos para esto. Además que, según lo descrito en el Capítulo III, el tipo de análisis que se puede realizar con este modelo es el más básico y tiene algunas limitaciones respecto a la interpretación del espacio. Por estas razones se decidió no hacer el análisis con este tipo de mapa.

Mapa de segmentos.

Para la elaboración de este análisis se contaba con el mapa correspondiente a los ejes de calle de la cartografía vectorial de localidades urbanas correspondiente a la Zona Metropolitana del Valle de México (INEGI, 2005), el cual fue ajustando a la estructura urbana del año 2000. Para hacer el análisis se requiere del programa *DepthMap* (Turner, 2010), el cual genera el mapa de segmentos a partir de un mapa axial o de uno de ejes de calle. El procedimiento para realizar la transformación e inmediatamente el análisis se encuentra descrito en “*Using DepthMap for*

¹³³ Se realizó una prueba haciendo el mapa axial de la Delegación Gustavo A. Madero, teniendo como resultado aproximadamente quince días (tiempo completo) de trabajo, sin embargo el área que se mapeo se calcula que representaba menos del 10% del área total del AUCM.

urban analysis” (Hillier, 2008); sin embargo, la versión¹³⁴ con la que se contaba en el momento de iniciar hacía que un análisis como el que se desea hacer tardara mucho tiempo (mas de un mes¹³⁵). Una razón de esta es que el mapa que constaba de aproximadamente 92,000 polilíneas se calculó¹³⁶ que, al convertirse en un mapa de segmentos, éstos serían aproximadamente 500,000 líneas. Al investigar si ya se había realizado algún análisis con un mapa similar al del AUCM se me comunicó que se había realizado un análisis en *Space Syntax Ltd.* de aproximadamente 1’340,000 líneas (de la región Sureste del Reino Unido) con una versión especial de *DepthMap* para computadoras con procesadores de 64 bits y que podía dividir el análisis en múltiples procesos paralelos distribuidos en varias computadoras (Friedrich, 2009). A pesar de esta posible solución, se vio que no se contaban con los recursos (computadora o computadoras con procesadores a 64 bits), ni el conocimiento para dividir el análisis en varias computadoras y mucho menos con el tiempo por lo que finalmente se decidió no hacer el análisis de segmentos.

Mapa de líneas continuas.

Habiendo observado los resultados obtenidos por los análisis hechos con este tipo de mapas, se optó por hacer el análisis con este método, debido a que al agregarse las líneas se muestran de una mejor manera el entendimiento (de los habitantes) de las ciudades y se reduce el número de líneas a analizar. Sin embargo, también se consideraron las limitaciones que presenta este tipo de análisis para esta investigación, siendo las principales: el grado de agregación de las líneas (líneas largas) muestra de una mejor manera el entendimiento global de las ciudades que un análisis local sin embargo, los resultados parecen no alterarse de una manera significativa como para ser descartados; no se pueden combinar el análisis topológico (propio de *Space Syntax*) con distancias métricas, tal y como lo hace *DepthMap*.

¹³⁴ La versión de *DepthMap* es la 10.08, la cual, hasta el momento de realizar esta investigación era la mas reciente. *DepthMap* fue diseñado para ejecutarse en computadoras con un sistema operativo Windows XP o mas reciente, con procesadores a 32 bits (lo cual es común en cualquier computadora PC).

¹³⁵ El mes, calculo aproximado hecho por *DepthMap*, que se menciona implicaba que la computadora estuviera encendida las 24 horas del día procesando el mapa, sin ninguna otra aplicación abierta o corriendo (para poder aprovechar toda la capacidad de los procesadores y memoria RAM) porque *Depthmap* no tiene la posibilidad de hacer pausas en el análisis.

¹³⁶ El cálculo se hizo “explotando” las polilíneas en un programa de CAD, ya que al hacerlo éstas son divididas en los segmentos que las componen, los cuales son igual a los segmentos generados y analizados por *DepthMap*.

El software empleado para realizar los análisis es *Mindwalk*, desarrollado por Lucas Figueiredo (2005; 2008), éste construye los mapas de líneas continuas de una manera automática, empleando la herramienta “*Merge Lines*” (agregar líneas). Existe una diferencia entre las versiones 1.0 y 2.0, ya que en la primera solo se introduce el valor del ángulo máximo de agregación entre dos líneas, mientras que en la versión 2.0 no solo se introduce la variable del ángulo máximo a considerar para la agregación de líneas, sino que además se tiene que introducir el “ángulo acumulado” (*cumulative angle*), el cual consiste en lo siguiente: si en una secuencia de líneas agregadas, el ángulo o curva es hacia el mismo lado y excede el ángulo acumulado, entonces la agregación se detiene (Figueiredo, 2008). En el caso de esta investigación, la agregación de líneas del mapa del AUCM se hizo con *Mindwalk* 1.0, empleando 35° como el valor angular máximo de agregación, siguiendo la recomendación de Figueiredo y Amorin (2004: 5) a partir de estudios realizados por ellos.

Una consideración importante antes de hacer el análisis del mapa fue qué hacer con las líneas que, después de hacer todas las correcciones posibles¹³⁷, aparecían como líneas sin conectar en el *layer* “*Error*”. *Mindwalk* 2.0 tiene la opción de eliminar este *layer* por lo que se decidió hacerlo para que el resultado no se alterara.

Finalmente, el análisis del AUCM se hizo usando *Mindwalk* 2.0 y se calcularon: *integration* (accesibilidad global) y *local integration* (accesibilidad local empleando los radios 2, 3, 4, 5 y 9 –que es el Radio-radio-), que son las mediciones empleadas por *Space Syntax*.

¹³⁷ Las correcciones se hicieron en un programa CAD, verificando o corrigiendo cada línea, hasta asegurarse que cada uno de sus extremos estaba conectado correctamente, sin embargo al momento de volver a “construir el grafo” aparecían otras líneas desconectadas. El proceso se repitió aproximadamente cinco veces. La posible causa para que esto suceda es la manera en que *Mindwalk* importa las líneas de un archivo *DXF* ó *MIF*, sin embargo la razón precisa se desconoce.

Anexo B. Definición de los sectores propuestos por la COMETAH

Sectores metropolitanos

La Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos presentó en 1998 el Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México, donde propuso la agrupación de las unidades político administrativas tanto del Distrito Federal (16) como del Estado de México (58) en 12 *Sectores Metropolitanos* para facilitar la adopción e implementación de las políticas de ordenamiento. Éstos son el resultado de estudios socioeconómicos, funcionales y ambientales cuyo objetivo es la “aplicación de nuevos patrones de ocupación futura en las áreas del Valle aún si ocupar” (Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos, 1998: 148).

“La delimitación de los *Sectores Metropolitanos* es el resultado de la combinación de dos modelos de estructuración urbana: el modelo de anillos concéntricos y el modelo de sectores, derivados de la ecología urbana, a partir de los cuales se propone una regionalización con base en tres criterios fundamentales: la etapa de incorporación de las delegaciones y municipios a la ZMVM, la intensa relación funcional que existe entre éstos y el papel estructurador de las principales vías de comunicación.

Adicionalmente, se consideraron los espacios que aún no se encuentran conurbados a la ciudad, pero que son indispensables para prever el futuro crecimiento y redistribución de la población dentro del Valle. Los sectores propuestos pretenden ser una escala de planeación urbana intermedia entre el nivel metropolitano y el nivel local, que involucre, en la medida de lo posible, tanto a delegaciones del Distrito Federal como a municipios del Estado de México, con el fin de garantizar una adecuada coordinación metropolitana a nivel local.” (ibid)

Los sectores definidos, las delegaciones y municipios que los integran se pueden apreciar en la Figura B.1. y son:

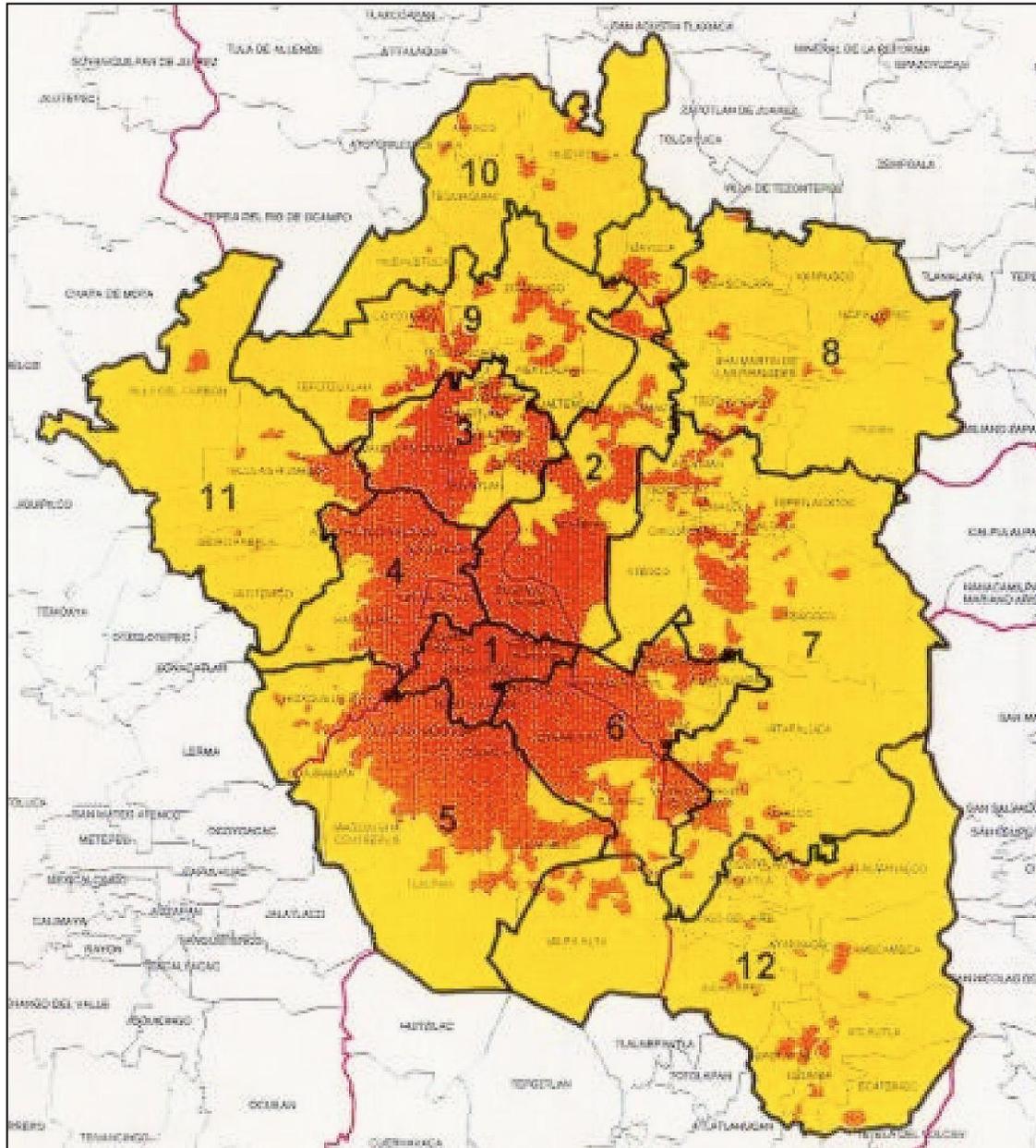
- 1. Ciudad Central:** Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo, Benito Juárez y Venustiano Carranza.
- 2. Corredor Centro Norte:** Gustavo A. Madero, Ecatepec, Nezahualcóyotl norte, Tlalnepantla oriente, Tecámac y Tizayuca.
- 3. Metropolitano Norte:** Cuautitlán Izcalli, Cuautitlán, Tultitlán, Coacalco, Tultepec y Melchor Ocampo.

4. **Metropolitano Poniente:** Azcapotzalco, Naucalpan, Tlalnepantla poniente y Atizapán de Zaragoza.
5. **Metropolitano Sur:** Huixquilucan, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Alvaro Obregón, Tlalpan, Xochimilco y Coyoacán.
6. **Metropolitano Oriente:** Iztacalco, Iztapalapa, Tláhuac, Nezahualcóyotl, Chimalhuacán, Chicoloapan, La Paz, y Valle de Chalco Solidaridad
7. **Agropolitano Oriente:** Ixtapaluca, Chalco, Tepetlaoxtoc, Chiautla, Papalotla, Acolman, Tezoyuca, Chiconcuac, Atenco y Texcoco
8. **Nuevo desarrollo Noreste:** Otumba, San Martín de las Pirámides, Teotihuacán, Temascalapa, Axapusco y Nopaltepec
9. **Agropolitano Norte:** Tepotzotlán, Teoloyucan, Coyotepec, Zumpango, Nextlalpan y Jaltenco.
10. **Nuevo Desarrollo Norte:** Huehuetoca, Tequisquiác, Hueyoxotla y Apaxco.
11. **Forestal Poniente:** Jilotzingo, Isidro Fabela, Nicolás Romero y Villa del Carbón.
12. **Agropolitano Sur:** Milpa Alta, Cocotitlán, Temamatla, Tenango del Aire, Ayapango, Tlalmanalco, Amecameca, Juchitepec, Ozumba, Atlautla, Ecatzingo y Tepetlixpa

Núcleos de centralidad de los sectores

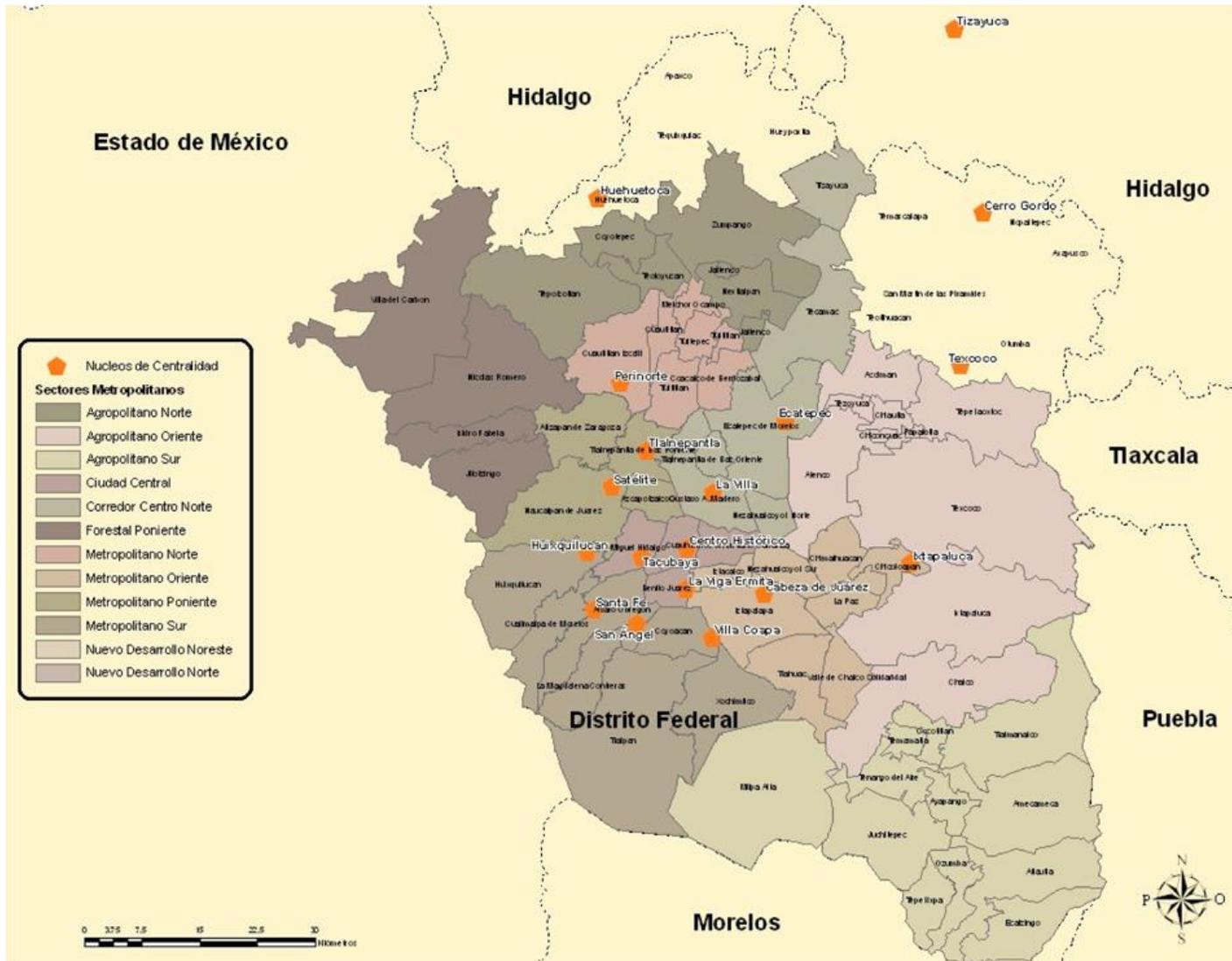
Los núcleos de centralidad no están definidos en este documento, sin embargo en un trabajo posterior, el equipo de Metrópoli 2025 retomaron esta propuesta y propusieron algunos núcleos de centralidad, cuyo objetivo era “equilibrar la intensidad de las actividades, disminuir el número de extensión de viajes y tiempos de recorrido, mejorar la calidad y diversidad de servicios y productos y rescatar y dignificar los sitios y monumentos históricos” (Metrópolis 2025, 2006: 28). De acuerdo al texto y al mapa mostrado en la Figura B.2 existe una diferencia entre éstos, mientras que en el texto se mencionan 18, éstos no incluyen al núcleo Perinorte, en el mapa no se indican los núcleos Polanco e Insurgentes y Tlalnepantla-Ecatepec se consideran separados. Los núcleos entonces son veinte: Centro Histórico, Polanco, Insurgentes, La Villa, Tacubaya, La Viga-Ermita, San Ángel, Santa Fé, Villa Coapa, Cabeza de Juárez, Huixquilucan, Satélite, Tlalnepantla, Perinorte, Ecatepec, Texcoco, Cerro Gordo, Tizayuca, Huehuetoca e Ixtapaluca.

Figura B.1. Sectores metropolitanos propuestos por la COMETAH



Fuente: COMETAH (1998: 159)

Figura B.2. Núcleos de centralidad propuestos por Metrópoli 2025



Fuente: Metrópoli 2025 (2006: 49)

Referencias

- Aguilar, A. G. (2008). Peri-urbanization, illegal settlements and environmental impact in Mexico City. *Cities*, 25(3), 133-145.
- Aguilar, A. G. y Alvarado, C. (2004). La reestructuración del espacio urbano de la Ciudad de México. ¿Hacia la metrópoli multinodal? En A. G. Aguilar (Ed.), *Procesos metropolitanos y grandes ciudades. Dinámicas recientes en México y otros países* (pp. 265-307). México: Ed. Miguel Ángel Porrúa.
- Ajenjo, M. (2005). Incidencia de la accesibilidad, a través de la red viaria, en la movilidad habitual por trabajo. *Congrés Internacional de Joves Investigadors en Demografia, XXV Conferència Internacional de Població, IUSSP. Sessió 4: "Problemàtiques en les societats occidentals contemporànies"*, Tours, Fra.
- Allen, W. B., Liu, D. y Singer, S. (1993). Accessibility measures of U.S. metropolitan areas. *Transportation Research Part B: Methodological*, 27(6), 439-449.
- Anas, A., Arnott, R. y Small, K. A. (2000). Urban Spatial Structure. En R. W. Wassmer (Ed.), *Reading in urban economics issues and public policy* (pp. 65-106). Malden, Mass.: Blackwell Publishers Inc.
- Ascher, F. (2004). *Los Nuevos Principios del Urbanismo*. Madrid: Alianza Editorial.
- Banister, D. (2002). *Transport planning*. (2 ed.). London New York, N.Y: Taylor and Francis.
- Banister, D. (2005). *Unsustainable transport : city transport in the new century*. London; New York: Routledge.
- Barra, T. d. l. (1989). *Integrated land use and transport modelling : decision chains and hierarchies*. . Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- Barros, A. P. B. G. *et al.* (2007). Exploratory Study Of Space Syntax As A Traffic Assignment Tool. *Proceedings. 6th International Space Syntax Symposium. Istanbul, Turkey. 12-15 June 2007. I.T.U Faculty of Architecture, Istanbul, Turkey, 12-15 June 2007* , pp. 079.1-079.13.
- Barthelemy, M. (2011). Spatial networks. *Physics Reports*, 499(1), 1-101.
- Batty, M. (2009). Accessibility: in search of a unified theory. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 36 (2), pp. 191-194.
- Benedikt, M. L. (1979). To take hold of space: isovists and isovist fields. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 6 (1), pp. 47-65.
- Bhat, C. *et al.* (2000). *Development of an urban accessibility index: Literature review*. (No. 7-4938-1). Austin, TX: Center for Transportation Research. Bureau of Engineering Research. The University of Texas at Austin.
- Black, J. y Conroy, M. (1977). Accessibility measures and the social evaluation of urban structure. *Environment and Planning A*, 9 (9), pp. 1013-1031.
- BMW Group. (2008). *The Future of Mobility. Mega City Analysis*.
- Boarnet, M. G. y Crane, R. (2001). *Travel by design : the influence of urban form on travel*. . Oxford ; New York: Oxford University Press.
- Borja Navarrete, Á. (1997). *Treinta años de hacer Metro en México*. México, D.F.: Fundación ICA.
- Breheny, M. J. (1978). The measurement of spatial opportunity in strategic planning. *Regional Studies*, 12(4), 463.
- Carrothers, G. A. P. (1956). A historical review of the gravity and potential concepts of the human interaction. *Journal of the American Institute of Planners*, 22(2), 94-102.
- Casiroli, F. (2007). The changeable shape of the city. *Public Transport International*, 56(5), 6-9.

- Castelán Sanchez, L. R. (1994). *Índice de accesibilidad en el área urbana de la Ciudad de México*. (Tesis Licenciatura -Licenciado en Geografía-), Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Filosofía y Letras: México, D.F.
- Cerdá, A. (2009). *Accessibility: a performance measure for land-use and transportation planning in the Montréal Metropolitan Region*. (Tesis de Maestría -Masters of Urban Planning-), School of Urban Planning. McGill University.: Montreal, CAN.
- Cervero, R. (1996). Jobs-Housing Balance Revisited: Trends and Impacts in the San Francisco Bay Area. *Journal of the American Planning Association*, 62(4), 492-511.
- Cervero, R. y Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2 (3), pp. 199-219.
- Comisión Metropolitana de Asentamientos Humanos. (1998). *Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México*. México, D. F.:
- Congress for the New Urbanism. (2009). *Charter of the New Urbanism*. Recuperado el 12/10, 2009, de <http://www.cnu.org/charter>
- Connolly, P. y Cruz, M. S. (2004). Nuevos y viejos procesos en la periferia de la Ciudad de México. En A. G. Aguilar (Ed.), *Procesos metropolitanos y grandes ciudades. Dinámicas recientes en México y otros países* (pp. 445-473). México: Ed. Miguel Ángel Porrúa.
- Croxford, B., Penn, A., y Hillier, B. (1996). Spatial distribution of urban pollution: civilizing urban traffic. *Science of The Total Environment; Highway and Urban Pollution*, 189/190(0), 3-9.
- CTS México. (2010). *Atlas de Accesibilidad y Conectividad de la Zona Metropolitana del Valle de México*.
- Chiaradia, A. (2007). Speed And European City Urbanism. *4th ISUU International Seminar on Urbanism & Urbanization*, Delft, NA, 23-27 Septiembre 2007
- Delgado, J. (1998). *Ciudad-región y transporte en el México Central un largo camino de rupturas y continuidades*. México: Plaza y Valdés : Universidad Nacional Autónoma de México.
- Delgado, J., Chías, L., Ricardez, M., Martínez, A., y Suárez, T. (2003, Abril 2003). Vialidad y vialidades en la Ciudad de México. Un contexto para el segundo piso. *Ciencias*, (70), 50-64.
- Delgado, J., Ramírez, P., Salgado, M., y Camarena, M. (1997). Estructura metropolitana y transporte. En R. Eibenschutz Hartman (Ed.), *Bases para la Planeación del Desarrollo Urbano de la Ciudad de México. Tomo II: Estructura de la Ciudad y su Región* (pp. 7-65). México, D. F.: UAM / Miguel Ángel Porrúa.
- Delgado, J., Ramírez, P., Salgado, M., y Camarena, M. (1999). Estructura metropolitana y transporte. En R. Eibenschutz Hartman (Ed.), *Bases para la Planeación del Desarrollo Urbano de la Ciudad de México. Tomo II: Estructura de la Ciudad y su Región* (2ª ed., pp. 7-67). México, D. F.: UAM / Miguel Ángel Porrúa.
- Delgado, J., Sobrino, J., Cruz, M. S., y Nivón, E. (1997). Grandes tendencias de la expansión urbana de la Ciudad de México. México, D.F.
- Departamento del Distrito Federal. (1982). *Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal*. . México, D. F.
- Departamento del Distrito Federal. (1985). Programa de Desarrollo de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y de la Región Centro. *Revista de Administración Pública*, 61 - 62, 195-246.
- Desyllas, J. (1999). *The relationship between urban street configuration and office rent patterns in Berlin*. (Tesis doctoral -Doctor of Philosophy in Architecture-), University College London: London, ENG.
- Desyllas, J. y Duxbury, E. (2001). Axial Maps and Visibility Graph Analysis. A comparison of their methodology and use in models of urban pedestrian movement. *Proceedings. 3rd International Space Syntax Symposium Atlanta 2001*, Atlanta, GA., 7 -11 May , pp. 27.1-27.13.

- Distrito Federal. (1987). *Atlas de la Ciudad de México*. México: Departamento del Distrito Federal; El Colegio de México.
- Doi, K. *et al.* (2008). An Integrated Evaluation Method Of Accessibility, Quality Of Life, And Social Interaction. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 35 (6), pp. 1098-1116.
- Dollfus, O. (1982). *El Espacio Geográfico*. (2ª ed.). Barcelona: oikos-tau.
- Domínguez Pommerencke, L. (1987). Sistema de Transporte Colectivo: el metro. En *Atlas de la ciudad de México* (pp. 198-200). México: Departamento del Distrito Federal; El Colegio de México.
- Dupuy, G. y Stransky, V. (1996). Cities and highway networks in Europe. *Journal of Transport Geography*, 4(2), 107-121.
- Eibenschutz Hartman, R. *et al.* (2006). Habitabilidad. En *Metrópolis 2025 - Centro de Estudios para la Zona Metropolitana*, A.C. (Ed.), *Una visión para la Zona Metropolitana del Valle de México* (pp. 1-210). México, D.F.
- Estupiñan, N. y Rodríguez, D. A. (2008). The relationship between urban form and station boardings for Bogota's BRT. *Transportation Research Part A*, 42 , pp. 296-306.
- Farrington, J. H. (2007). The new narrative of accessibility: its potential contribution to discourses in (transport) geography. *Journal of Transport Geography*, 15(5), 319-330.
- Fernández Güell, J. M. (2006). *Planificación estratégica de ciudades: nuevos instrumentos y procesos*. Barcelona: Revert.
- Figueiredo, L. (2005). *Mindwalk 1.0*. Versión 1.0
- Figueiredo, L. (2008). *Mindwalk 2.0*. Versión 2.0
- Figueiredo, L. y Amorim, L. (2004). Continuity lines: aggregating axial lines to predict vehicular movement patterns. *Proceedings of the Third Great Asian Streets Symposium*, Singapore , pp. 1-11.
- Figueiredo, L. y Amorim, L. (2007). Decoding the urban grid: or why cities are neither trees nor perfect grids. *Proceedings of the 6th International Space Syntax Symposium*, Istanbul, Turquía, 12-15 Junio 2007 , pp. 1-17.
- Freeman, L. C. (1977). A Set of Measures of Centrality Based on Betweenness. *Sociometry*, 40 (1), pp. 35-41.
- Friedrich, E. (2009, 11/03/2009). Biggest map processed?
- Garrocho, C. (2003). La teoría de interacción espacial como síntesis de las teorías de localización de actividades comerciales y de servicios. *Economía, Sociedad y Territorio*, IV(14), 203-251.
- Garrocho, C. y Campos A., J. (2006). Un indicador de accesibilidad a unidades de servicios clave para ciudades mexicanas: fundamentos, diseño y aplicación. *Economía Y Sociedad*, VI (22), pp. 349-397.
- Garrocho, C., y Flores, Z. (2009). Delimitación del centro tradicional de comercio y servicios de la Zona Metropolitana de Toluca. *Papeles de Población*, 15(61), 233-275.
- Garza Villarreal, G. (2000). *La ciudad de México en el fin del segundo milenio*. México: El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano Gobierno del Distrito Federal.
- Garza Villarreal, G. (2003). *La urbanización de México en el siglo XX*. México: El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano.
- Garza Villarreal, G. (2008). *Macroeconomía del sector servicios en la ciudad de México, 1960-2003*. México, D.F: El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales.
- Garza Villarreal, G. y Damián, A. (1991). Ciudad de México. Etapas de crecimiento, infraestructura y equipamiento. En M. Schteingart (Ed.), *Espacio y vivienda en la ciudad de México* (pp. 21-49). México: El Colegio de México.
- Geurs, K. T. y van Eck, R. (2001). *Accessibility measures: Review in applications*. (No. RIVM Report No. 408505 006). Utrecht, NL: Urban Research Center, University of Utrecht, NL.

- Geurs, K. T. y van Wee, B. (2004). Accessibility Evaluation Of Land-Use And Transport Strategies: Review And Research Directions. *Journal of Transport Geography*, 12 , pp. 127-140.
- Giddens, A. (1984). *The Constitution of Society outline of the theory or structuration*. . Cambridge: Polity.
- Gil Elizondo, J. R. (1987). Evolución de la planeación en la ciudad de México. En *Atlas de la ciudad de México* (pp. 395-400). México: Departamento del Distrito Federal; El Colegio de México.
- Gobierno del Distrito Federal. (2000). En Fideicomiso de Estudios Estratégicos sobre la Ciudad de México (Ed.), *La Ciudad de México hoy. Bases para un diagnóstico*. México: Gobierno del Distrito Federal, Oficialia Mayor, Fideicomiso de Estudios Estratégicos sobre la Ciudad de México.
- Gobierno del Distrito Federal. (2002). *Programa Integral de Transporte y Vialidad 2001 – 2006*. México, D.F.
- Gobierno del Distrito Federal. (2010). *Programa Integral de Transporte y Vialidad 2007 – 2012*. México, D.F.
- Goodall, B. (1972). *The economics of urban areas*. (1 ed.). Oxford, New York: Pergamon Press.
- Google Maps. (2011). *Ciudad de México*. Consultado el 06, 2010, en <http://maps.google.es/>
- Gould, P. R. (1969). *Spatial Diffusion, Resource Paper No. 4*. . Washington, D.C.: Association of American Geographers.
- Graizbord, B., y Santillán, M. (2005). Dinámica Demográfica y Generación de Viajes al Trabajo en el AMCM: 1994 – 2000. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 20(1 (58)), 71-101.
- Graizbord, B. (2008). *Geografía del transporte en el área metropolitana de la ciudad de México*. México: El Colegio de México, CEDUA.
- Graizbord, B., y Acuña, B. (2004). La Estructura Polinuclear del Área Metropolitana de la Ciudad de México. En A. G. Aguilar (Ed.), *Procesos metropolitanos y grandes ciudades. Dinámicas recientes en México y otros países* (pp. 309-327). México: UNAM / Miguel Ángel Porrúa.
- Greene, M. (2003). Housing and community consolidation in informal settlements: A case of movement economy. *Proceedings of the Fourth Space Syntax International Symposium*, Londres, 17-19 Junio, 2003 , pp. 38.1-38.24.
- Guevara Martínez,. (2007). Metodología de investigación para la caracterización de corredores urbanos. *Psicología para América Latina*, (10) Consultado en <http://www.psicolatina.org/10/corredores.html>
- Hägerstrand, T. (1970). What About People in Regional Science? *Papers in Regional Science*, 24(1), 7-24.
- Haggett, P., y Chorley, R. J. (1969). *Network analysis in geography*. London: Edward Arnold.
- Halden, D. (2002). Using Accessibility Measures To Integrate Land Use And Transport Policy In Edinburgh And The Lothians. *Transport Policy*, 9 (4), pp. 313-324.
- Handy, S. (1992). Regional Versus Local Accessibility: Neo-Traditional Development and Its Implications for Non-work Travel. *Built Environment*, 18 (4), pp. 253-267.
- Handy, S. y Clifton, K. J. (2001). Evaluating Neighborhood Accessibility: Possibilities And Practicalities. *Journal of Transportation and Statistics*, , pp. 67-78.
- Handy, S., y Niemeier, D. A. (1997). Measuring Accessibility: An Exploration Of Issues And Alternatives. *Environment and Planning A*, 29(7), 1175-1194.
- Hansen, W. G. (1959). How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Planning Association*, 25 (2), pp. 73-76.
- Herce Vallejo, M. (2004). Barcelona: Accessibility Changes and Metropolitan Transformations. *Built Environment*, 30 (2), pp. 127-137.
- Herce Vallejo, M., y Magrinyà Torner, F. (2002). *La ingeniería en la evolución de la urbanística*. Barcelona, ES.: Edicions UPC.

- Hiernaux-Nicolas, D. (2000). Historia de la planeación de la ciudad de México. En G. Garza Villarreal (Ed.), *La ciudad de México en el fin del segundo milenio* (pp. 707-711). México, D.F.: El Colegio de México; Gobierno del Distrito Federal.
- Hillier, B. (1996a). Cities as movement economies. *Urban Design International*, 1 (1), pp. 41-60.
- Hillier, B. (1996b). *Space is the Machine: a configurational theory of architecture*. London: Cambridge University Press; Space Syntax
- Hillier, B. (1999). Centrality as a Process. Accounting for attraction inequalities in deformed grids. *Proceedings. 2nd International Space Syntax Symposium*, Brasilia, Brasil, 29 March - 2 April 1999, 1 (1) , pp. 06.01-06.20.
- Hillier, B. (2001). A Theory of the City as Object. Or, how spatial laws mediate the social construction of urban space. *Proceedings. 3rd International Space Syntax Second Symposium*, Atlanta, GA., 7-11 May 2001, 1 , pp. 02.01-02.28.
- Hillier, B. (2005). The art of place and the science of space. *World Architecture*, 185, 96-102.
- Hillier, B. (2008). *Using DepthMap for urban analysis: A simple guide on what to do once you have an analysable map in the system*. Unpublished manuscript.
- Hillier, B. y Hanson, J. (1984). *The Social Logic of Space*. . Cambridge: Cambridge University Press, pp. 281
- Hillier, B. e Iida, S. (2005). Network effects and psychological effects: a theory of urban movement. Delft, Holanda, June 2005, 1 , pp. 553-564.
- Hillier, B. y Penn, A. (2004). Rejoinder To Carlo Ratti. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31 (4), pp. 501-511.
- Hillier, B. et al. (1993). Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 20 , pp. 29-66.
- Hillier, B. et al. (2007). Metric and Topo-Geometric Properties of Urban Street Networks: Some Convergences, Divergences And New Results. *Proceedings. 6th International Space Syntax Symposium. Istanbul, Turkey. 12-15 June 2007. I.T.U Faculty of Architecture*, Istanbul, Turkey, 12-15 June 2007 , pp. 001.01-001.22.
- Hillier, B. y Vaughan, L. (2007). The City as One Thing. *Progress in Planning*, 67 (3), pp. 205-230.
- Ibarra, V. y Lezama, J. L. (2008). Organización espacial y contaminación en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México: condición y consecuencia de los desplazamientos cotidianos. En C. E. Salazar, & J. L. Lezama (Eds.), *Construir ciudad : un análisis multimensioanl para los corredores de transporte en la ciudad de México* (pp. 109-193). México, D.F.: El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales.
- INEGI. (2002a). *Cartografía censal urbana digital del XII Censo General de Población y Vivienda del Distrito Federal*. Aguascalientes, Ags.:
- INEGI. (2002b). *Cartografía censal urbana digital del XII Censo General de Población y Vivienda del Estado de México*. Aguascalientes, Ags.:
- INEGI. (2005). *Cartografía censal urbana digital del Censo Económico 2004*. Aguascalientes, Ags.:
- Ingram, D. R. (1971). The concept of accessibility: A search for an operational form. *Regional Studies*, 5 (2), pp. 101-107.
- International City/County Management Association, & Smart Growth Network. (2006). *This is Smart Growth* Consultado en http://epa.gov/livability/pdf/2009_11_tisg.pdf
- Iracheta Cenecorta, A. (2000a). Plan Regional Metropolitano del Valle Cuautitlán-Texcoco, 1997. En G. Garza Villarreal (Ed.), *La ciudad de México en el fin del segundo milenio* (pp. 729-734). México, D.F.: El Colegio de México; Gobierno del Distrito Federal.

- Iracheta Cenecorta, A. (2000b). Programa de Ordenación de la Zona Metropolitana del Valle de México. En G. Garza Villarreal (Ed.), *La ciudad de México en el fin del segundo milenio* (pp. 723-727). México, D.F.: El Colegio de México; Gobierno del Distrito Federal.
- Islas Rivera, V. (2000). *Llegando tarde al compromiso: la crisis del transporte en la Ciudad de México*. México, D.F.: El Colegio de México, CEDDU.
- Jacobs, J. (1964). *The death and life of great American cities*. London: Pelican.
- Jiang, B. y Claramunt, C. (2002). Integration of Space Syntax into GIS: New perspectives for urban morphology. *Transactions in GIS*, 6 (3), pp. 295-307.
- Kansky, K. J. (1963). Structure of transportation networks: relationships between network geometry and regional characteristics. *University of Chicago, Department of Geography, Research Papers*, 84
- Kishimoto, T. et al. (2007). Optimal location of route and stops of public transportation. *Proceedings. 6th International Space Syntax Symposium. Istanbul, Turkey. 12-15 June 2007. I.T.U Faculty of Architecture, Istanbul, Turkey, 12-15 June 2007*, pp. 075-1-075-10.
- Koenig, J. G. (1980). Indicators of urban accessibility: Theory and application. *Transportation*, 9 (2), pp. 145-172.
- Kunz B., I. (2003). *Usos del suelo y territorio. Tipos y lógicas de localización en la ciudad de México*. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Arquitectura Plaza y Valdés.
- Kwan, M. (1998). Space-Time and Integral Measures of Individual Accessibility: A Comparative Analysis Using a Point-based Framework. *Geographical Analysis*, 30 (3), pp. 191-216.
- Lezama, J. L. (1989). *La Construcción del Objeto de Estudio de la Sociología Urbana: La Escuela Ecologista Clásica de Chicago*. México: Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano: El Colegio de México.
- Litman, T. (2003). Measuring Transportation. Traffic, Mobility and Accessibility. *Institute of Transportation Engineers Journal*, 73 (10), pp. 28-32.
- Litman, T. (2008). *Evaluating accessibility for transportation planning*. Victoria, CAN: Victoria Transport Policy Institute.
- López, F. y Aguilar, A. G. (2004). Niveles de cobertura y accesibilidad de la infraestructura de los servicios de salud en la periferia metropolitana de la Ciudad de México. *Investigaciones Geográficas*, (53), 185-209.
- Lynch, K. (1965). *The image of the city*. Cambridge, Mass: M.I.T.
- Maha, Y. (1997). *Metodologia para a definição dos corredores de ônibus urbanos com a aplicação da sintaxe espacial*. (Tesis de Maestría -Maestro en Transportes Urbanos-), Universidad de Brasilia. Facultad de Tecnología. Departamento de Ingeniería Civil: Brasilia.
- Major, M. D. et al. (1997). Space Space Syntax. A theory with a toolkit. *Space Syntax - First International Symposium*, London, 16 -18 Abril, 1997, III , pp. 42.01-42.07.
- Makri, M. (2001). *Accessibility indices. A tool for comprehensive land-use planning*. Unpublished manuscript.
- Makri, M. y Folkesson, C. (1999). Accessibility Measures For Analyses Of Land-Use And Travelling With Geographical Information Systems. Lund, Sweden, 7-8 june, 1999
- Martínez, F. J. (1995). Access: The transport-land use economic link. *Transportation Research Part B: Methodological*, 29(6), 457-470.
- Massey, D. (1995). *Spatial Divisions of Labor. Social structures and the geography of production*. (2 ed.). New York: Routledge.
- Metropoli 2025. (2006). En Eibenschutz R., Iracheta A. and Luiselli C. (Eds.), *Una visión para la Zona Metropolitana del Valle de México*. México, D.F.: Centro de Estudios para la Zona Metropolitana, A.C.

- Miller, H. (2007). Place-Based versus People-Based Geographic Information Science. *Geography Compass*, 1 (3), pp. 503-535.
- Miralles-Guasch, C. (2002). *Ciudad y Transporte. El binomio imperfecto.* . Barcelona: Ariel.
- Muraco, W. A. (1972). Intraurban Accessibility. *Economic Geography*, 48 (4), pp. 388-405.
- Næss, P. (2006). *Urban structure matters : residential location, car dependence and travel behaviour.* New York: Routledge.
- NCAT - Smart Growth. (2011). *Create Walkable Neighborhoods.* Consultado el 03/30, 2011, de <http://www.smartgrowth.org/engine/index.php/principles/walkable/>
- Negrón Poblete, P. A. (2003). La accesibilidad física a las zonas de trabajo y su relación con la consolidación de cuatro barrios ubicados en el Distrito Federal, México. *Estudios Demográficos y Urbanos*, (54), 509-535.
- Newman, M. E. J. (2005). A measure of betweenness centrality based on random walks. *Social Networks*, 27(1), 39-54.
- Niemeier, D. A. (1997). Accessibility: an evaluation using consumer welfare. *Transportation*, 24 (4), pp. 377-396.
- On Line TDM Encyclopedia VTPI. (2012a). *Evaluating transportation resilience.* Consultado el 10/10, 2012 en <http://www.vtpi.org/tdm/tdm88.htm>
- On Line TDM Encyclopedia VTPI. (2012b). *Roadway connectivity. creating more connected roadway and pathway networks.* Consultado el 10/10, 2012 de <http://www.vtpi.org/tdm/tdm116.htm>
- Ortiz Chao, C. (2008). Land Use Patterns And Access In Mexico City. Chicago, Illinois, July 6-11, 2008
- Ortiz Chao, C., y Garnica Monroy, R. (2008). La accesibilidad espacial en la definición de territorios inteligentes. *ACE. Arquitectura, Ciudad y Entorno*, (6), 759-776.
- Ortiz Chao, C. y Hillier, B. (2007). In Search Of Patterns Of Land-Use In Mexico City Using Logistic Regression At The Plot Level. *Proceedings. 6th Space Syntax Symposium*, Istanbul Technical University, 12-15 June 2007
- Owen, W. (1972). *The Accessible City.* . Washington, D.C.: The Brookings Institution.
- Palomar Anguas, M. P. y Bosque Sendra, J. (2004). Diagnóstico de la relación entre la oferta y demanda potencial de educación primaria en el área metropolitana de Guadalajara, México. Un análisis utilizando el programa Localiza. En C. Conesa García, Y. Álvarez Rogel & C. Granell Pérez (Eds.), *El empleo de los SIG y la Teledetección en Planificación Territorial* (pp. 485-496). Murcia: Asociación de Geógrafos Españoles, Departamento de Geografía, Universidad de Murcia.
- Penn, A. et al. (1998). Configurational modelling of urban movement networks. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 25 (1), pp. 59-84.
- Pirie, G. H. (1979). Measuring Accessibility: A Review And Proposal. *Environment and Planning A*, 11 (3), pp. 299-312.
- Prud'homme, R. y Lee, C. (1999). Size, Sprawl, Speed and the Efficiency of Cities. *Urban Studies*, 36 (11), pp. 1849.
- RACC. (2004). *Criterios de movilidad en zonas urbanas.* No. 2). Barcelona: Consultado en <http://www.racc.es/externos/fundacion/Public.pdf>
- Ramírez Velázquez, B. R. (2009). Alcances y dimensiones de la movilidad: aclarando conceptos. *Ciudades*, 81, 3-8.
- Ramírez, B. (1999). Diagnóstico Integrado. En R. Eibenschutz Hartman (Ed.), *Bases para la Planeación del Desarrollo Urbano de la Ciudad de México. Tomo II: Estructura de la Ciudad y su Región* (2ª ed., pp. 353-412). México, D. F.: UAM / Miguel Ángel Porrúa.
- Ratti, C. (2004). Space Syntax: Some Inconsistencies. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31 (4), pp. 487-499.

- Read, S. (1997). Space Syntax and the Dutch City. The supergrid. *Space Syntax - First International Symposium*, Londres, 16-18 Abril 1997, III , pp. 36.01-36.20.
- Ribeiro, R. J. d. C. y Holanda, F. R. B. d. (2007). What Integration Adds To Quality Of Life. *Proceedings. 6th International Space Syntax Symposium. Istanbul, Turkey. 12-15 June 2007. I.T.U Faculty of Architecture*, Istanbul, Turkey, 12-15 June 2007 , pp. 081.1-081-12.
- Rich, D. C. (1980). *Potencial Models in Human Geography*. . Norwich: University of East Anglia, pp. 38-38
- Richardson, A. J. y Young, W. (1982). A Measure Of Linked-Trip Accessibility. *Transportation Planning and Technology*, 7 (2), pp. 73-82.
- Richardson, H. W. (1971). *Urban economics*. Harmondsworth: Penguin.
- Rodrigue, J. *et al.* (2009). *The Geography of Transport Systems*. (2 ed.). New York; London: Routledge.
- Sabidussi, G. (1966). The centrality index of a graph. *Psychometrika*, 31 , pp. 581-603.
- Salazar, C. E. (2008). Los corredores confinados de transporte público en las metrópolis latinoamericanas: ¿una oportunidad para hacer ciudad? En C. E. Salazar, y J. L. Lezama (Eds.), (pp. 43-108). México, D.F.: El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales.
- Salingeros, N. A. (2005). *Principles of urban structure*. Amsterdam: Techne.
- Santos y Ganges, L. y de las Rivas, J. L. (2008). Ciudades con Atributos: Conectividad, Accesibilidad y Movilidad. *Ciudades*, 11 , pp. 13-32.
- Schelotto, S. (2004). *Accesibilidad, ciudad metropolitana, periferias, centralidades democráticas y el espacio de lo público*. Consultado el 11/11, 2009, de <http://www.seminariomontevideo.edu.uy/smvd6/marco.html>
- Secretaría de Obras y Servicios, Gobierno del Distrito Federal. (2008). *La infraestructura vial en la Ciudad de México*. México, D. F.:
- SEDESOL, CONAPO, & INEGI. (2004). *Delimitación de las zonas metropolitanas de México*.
- Shen, Q. (1998). Location characteristics of inner-city neighborhoods and employment accessibility of low-wage workers. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 25(3), 345-365.
- Siksna, A. (1997). The effect of block size and form in North American and Australian city centres. *Urban Morphology*, 1, 19-33.
- Sistema de Transporte Colectivo. (2010). *La red del Sistema de Transporte Colectivo. Mapa de la red del metro*. Consultado el 07/29, 2009, de <http://www.metro.df.gob.mx/red/index.html#li>
- Sobrinho, J. (2007). Patrones de dispersión intrametropolitana en México. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 22(3 (66)), 583-617.
- Sobrinho, J. e Ibarra, V. (2008). Movilidad intrametropolitana en la Ciudad de México. En B. Figueroa Campos (Ed.), *El dato en cuestión, un análisis de las cifras sociodemográficas* (pp. 161-205). México: El Colegio de México, A.C.
- Space Syntax Ltd. (2009). *Space syntax - about us*. Obtenido el 05/08, 2010 de <http://www.spacesyntax.com/en/about-us.html>
- Stähle, A. *et al.* (2005). Place Syntax - geographic accessibility with axial lines in GIS. *Proceedings of the 5th Space Syntax Symposium*, Delft, The Netherlands, 13 - 17 June 2005, 1 , pp. 131-144.
- Suárez Lastra, M., y Delgado Campos, J. (2007). Estructura y eficiencia urbanas. Accesibilidad a empleos, localización residencial e ingreso en la ZMCM 1990 – 2000. *Economía, Sociedad y Territorio*, VI(023), 693-724.
- Suárez Lastra, M. (2007). *Mercados de trabajo y localización residencial en la ZMCM*. (Tesis de Doctorado -Doctor en Geografía-), UNAM. Facultad de Filosofía y Letras. Instituto de Geografía, Ciudad de México.

- Sweet, R. J. (1997). An aggregate measure of travel utility. *Transportation Research Part B: Methodological*, 31(5), 403-416.
- Thomson, R. C. (2003). Bending the axial line: smoothly continuous road centre-line segments as a basis for road network analysis. *Proceedings of the Fourth Space Syntax International Symposium*, Londres, 17-19 Junio, 2003 , pp. 50.1-50.10.
- Thurnstain-Goodwin, M. y Unwin, D. (2000). *Defining & delineating the central areas of towns for statistical monitoring using continuous surface representations*. (No. 18). Londres: University College London, pp. 1-11.
- Transit Cooperative Research Program. (2003). *TCRP report 90. volume 1: Case studies in bus rapid transit*. (No. 90). Washington, DC.: Transit Cooperative Research Program (TCRP).
- Turner, A. (2007). From axial to road-centre lines: A new representation for Space Syntax and a new model of route choice for transport network analysis. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 34 (3), pp. 539-555.
- Turner, A. (2010). *Depthmap*
- Turner, A. et al. (2001). From isovists to visibility graphs: a methodology for the analysis of architectural space. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28 , pp. 103-121.
- Vasconcellos, E. A. d. (2001). *Urban transport, environment, and equity: the case for developing countries*. Londres: Earthscan Publications Ltd.
- Vegara, A., y de las Rivas, J. L. (2004). *Territorios inteligentes : nuevos horizontes del urbanismo*. Madrid: Fundación Metrópoli.
- Vickerman, R. W. (1974). Accessibility, attraction, and potential: a review of some concepts and their use in determining mobility. *Environment and Planning A*, 6(6), 675-691.
- Wachs, M. y Kumagai, T. G. (1973). Physical accessibility as a social indicator. *Socio-Economic Planning Sciences*, 7 (5), pp. 437-456.
- Ward, P. M. (2004). *México megaciudad desarrollo y política, 1970-2002* [Mexico City] (2a ed.). Zinacantepec, México; México, D.F: EL Colegio Mexiquense; Porrúa.
- Wegener, M. yFüerst, F. (1999). *Land-use transport interaction: State of the art.*). Institut für Raumplanung. Fakultät Raumplanung, Universität Dortmund.
- Weibull, J. W. (1976). An axiomatic approach to the measurement of accessibility. *Regional Science and Urban Economics*, 6 (4), pp. 357-379.
- Yu, H. y Shaw, S. (2007). Revisiting Hägerstrand's Time-Geographic Framework for Individual Activities in the Age of Instant Access. En H. J. Miller (Ed.), *Societies and Cities in the Age of Instant Access* (). Berlin: Springer Netherlands, pp. 103-118
- Zegras, C. (2005). *Sustainable urban mobility: Exploring the role of the built environment*. (Tesis doctoral -PhD in Urban and Regional Planning-), Massachusetts Institute of Technology: Cambridge, MA., obtenida en Noviembre 2008, en <http://web.mit.edu/czegras/www/Final%20VersionV3.pdf>
- Zhang, M. (2004). The Role of Land Use in Travel Mode Choice: Evidence from Boston and Hong Kong. *Journal of the American Planning Association*, 70 (3), pp. 344-360.