

LA ACCESIBILIDAD ESPACIAL EN LA DEFINICIÓN DE TERRITORIOS INTELIGENTES

Claudia Ortiz Chao

Rubén Garnica Monroy
rgm@cablevision.net.mx

Las ciudades contemporáneas enfrentan grandes retos como el de ser ‘territorios inteligentes’. Esto implica cambios que conduzcan hacia ciudades más sustentables: económicamente competitivas, conscientes de su influencia en la conservación del medio ambiente, con menos diferencias sociales y más participación ciudadana. En las últimas décadas, las transformaciones físicas y sociales importantes que han sufrido las grandes ciudades han sido generadas por la sociedad y consolidadas por las autoridades (bottom-up), por ejemplo la gentrificación, sub-centralidad, formación de metrópolis o regiones. Sin embargo, especialmente en países en vías de desarrollo, estos cambios no tienen la reciprocidad esperada (top-down) ya que solamente se generan planes rígidos e incapaces de responder a los procesos y cambios reales de los mismos. Presentamos un modelo que permite cuantificar la accesibilidad de la red urbana con el fin de establecer su estructura territorial por considerarla el elemento básico en estos procesos de acuerdo a lo propuesto por Bill Hillier. A partir de esto y con la directriz de generar territorios inteligentes, exploramos aspectos de la estructura territorial y movilidad, que presentamos como aplicaciones a problemas urbanos: revitalización o reciclamiento de zonas urbanas, localización de equipamiento y proyectos estratégicos, sub-centralidad, transporte público, el movimiento peatonal, y el funcionamiento de los centros de transferencia intermodal.

1. INTRODUCCIÓN

Según datos de la ONU (2004), el crecimiento de la población urbana es inquietante: en 1950 representaba 30% de la población mundial, para el año 2000 alcanzó el 47% y para el 2030 se espera que llegue al 61%. Entre los años 2000 y 2015 se espera que las ciudades con cinco o más millones de habitantes concentren el 21% de la población urbana, mientras que las ciudades con menos de un millón de habitantes el 48%.

Junto con el aumento poblacional se ha dado la acelerada expansión territorial de las urbes, la cual ha tenido como consecuencia importante el desarrollo de una gran capacidad de movilidad y una alta conectividad a grandes distancias --mediante sistemas de transporte público, comunicaciones y servicios informáticos (Rogers & Gumuchdjan, 2001). Estos, a su vez, han generado transformaciones urbanas, como la descentralización de población hacia la periferia (Clark, 1951, 1968; Ingram & Carroll, 1981 para ciudades latinoamericanas), la emergencia de subcentralidad (Anas, Arnott, & Small, 1997), la terciarización de ciudades (Pacione, 2005), etc.

Estos, así como otros procesos sociales y económicos son producto de la interacción que proporcionan las economías de aglomeración en las ciudades. Los individuos y empresas se benefician a través de la cooperación mutua que se presenta ya sea a través de planeación organizada de manera jerárquica --“*top-down*”--, o de coordinación espontánea y voluntaria --“*bottom-up*”. En ambos casos, las sociedades generan instituciones -- sistemas de reglas y sanciones-- para regular sus transacciones. Entre estas instituciones están los mercados y la propiedad privada que aparecen para regular transacciones entre individuos. Las leyes y reglamentos gubernamentales son las instituciones que regulan transacciones colectivas. (Webster & Wai-Chung Lai, 2003)

De acuerdo a estos autores, la estructura urbana se establece en su mayoría a partir de los mercados inmobiliarios: individuos y empresas buscan ubicaciones que minimicen costos de traslado y búsqueda de información al tiempo que se equilibren con los costos por congestión. A esto se suma la dificultad de predecir los resultados de medidas planeadas para ordenar las ciudades por el sinnúmero de variables involucradas en las diferentes transacciones y su carácter constantemente cambiante.

No hay duda que instituciones que protejan la propiedad privada son esenciales para el crecimiento económico. Sin embargo, las sociedades contemporáneas deben aprender a administrar igualmente el capital social y ambiental para desarrollarse de manera sustentable. Para ello, es necesario crear instituciones que protejan los derechos de todas los grupos afectados por transacciones de propiedad privada y mercados. (World_Bank, 2003) De lo contrario, la ciudad se reduce a un mercado de intereses políticos y comerciales, separando actividades que solían traslaparse, vaciando calles y espacios públicos, expulsando a los grupos más débiles de las áreas urbanas de mayor calidad generando segregación social, y sustituyendo la vigilancia natural en las calles por la necesidad de seguridad privada (Vegara & de las Rivas, 2004).

En respuesta a estos retos, las nuevas formas de planeación urbana --*top-down*-- deben contribuir a la definición de estrategias adecuadas para generar lugares y ciudades mas competitivos, pero incluyentes y sustentables, que respondan a cada uno de los diferentes grupos que comparten el territorio. Esto se logra cuando los planes se conciben dentro del marco de los procesos espontáneos existentes --*bottom-up*-- de ordenamiento económico y social, inevitablemente inherentes a la estructura urbana.

En este documento se discutirá el concepto de la *accesibilidad espacial* como herramienta para la integración de los aspectos de estructura territorial y movilidad a partir de las ideas de Hillier (1996b). Este concepto se considera el elemento clave en el diseño de estrategias de desarrollo urbano. Se presentan cinco aplicaciones de estas herramientas, cada una con un breve estudio de caso, tres enfocadas a la estructura territorial y dos a movilidad. Estas son: la localización de equipamiento y proyectos estratégicos, revitalización o reciclamiento de zonas urbanas, núcleos de centralidad, transporte público y movimiento peatonal.

2. ACCESIBILIDAD ESPACIAL: LAS CIUDADES Y SU ECONOMÍA DE MOVIMIENTO

La propuesta que se presenta parte del entendimiento y evaluación del movimiento --principalmente peatonal-- y del uso del espacio a partir del concepto de *accesibilidad espacial* o *relacional*. Éste analiza la estructura del espacio partiendo de su configuración. En base a ésta y a su relación con diferentes niveles de movimiento, es posible cuantificar la accesibilidad de cada componente --tramo de calle, punto, sección de banquetta, cruce, etc.- del área de estudio en relación con el resto.

El fundamento de este tipo de análisis se encuentra en las teorías de *economía de movimiento* (Hillier, 1996a) y *centralidad como proceso* (Hillier, 1999), de acuerdo a las cuales la formación de áreas de mayor y de menor actividad en las ciudades responde a la *configuración* de la estructura urbana. La primera teoría sugiere que en una ciudad “viva”, es decir, aquélla que comprende estos dos tipos de áreas, el espacio urbano es el factor determinante del funcionamiento de la ciudad. La ciudad física --el sistema de medios-- define la ciudad funcional --la estructura que sustenta los múltiples procesos sociales, culturales, económicos y ambientales de la sociedad que la habita (Hillier, 1996b)-- influenciando procesos tan importantes como la distribución de usos de suelo. Así, ciertas funciones, como el comercio, tienden a establecerse en áreas con mayor *movimiento natural* mientras que otras, como la habitación, buscan ubicarse en zonas de menor actividad. Movimiento natural se

define como “*la proporción de movimiento urbano peatonal determinada por la configuración de la trama urbana*” (Hillier, Penn, Hanson, Grajewski, & Xu, 1993, p. 32).

En la segunda teoría, Hillier propone que las concentraciones de actividades que dependen de movimiento natural --usos mixtos con predominio comercial-- definen el “foco” de centros o subcentros. Al establecerse en las áreas más accesibles, estos usos se benefician de los altos niveles de movimiento peatonal. Esto atrae mas movimiento causando cambios en el patrón de uso de suelo con el establecimiento de mas locales comerciales. Asimismo, el movimiento natural genera co-presencia y consecuentemente vigilancia natural y lugares mas seguros y exitosos (Hillier, 1996b; ODPM & Home_Office, 2004).

El potencial del espacio urbano para atraer movimiento se cuantifica usando un modelo de accesibilidad que analiza las conexiones y relaciones entre sus componentes como nodos de una red --de ahí el nombre de *accesibilidad relacional*. Una representación ampliamente usada para este tipo de análisis es el *mapa axial*¹ donde cada eje de movimiento potencial representa un nodo en la red. Es posible calcular dos tipos de accesibilidad: por proximidad y por intermediación. La accesibilidad por proximidad, mencionada en este trabajo como *accesibilidad* y conocida como *shortest path closeness* en análisis de redes, se refiere a la menor distancia topológica o relacional de cierto nodo a todos los demás. La accesibilidad por intermediación, *accesibilidad por selección de rutas* o simplemente *selección de rutas*, llamada *shortest path betweenness* en análisis de redes, indica nodos que se hallan en la menor distancia topológica entre otros nodos. Ambas pueden calcularse de manera global --con relación a todo el sistema-- o local --considerando sólo las conexiones hasta cierta distancia topológica.

Otra representación que se utiliza es el *análisis de visuales* en Depthmap (Turner, 2004) el cual calcula la *accesibilidad visual*, un indicador de movimiento potencial a partir de la información visual desde cada punto hacia el resto de la red. Se buscan los recorridos visuales promedio mas cortos --*shortest path closeness*-- de cada punto a todos los demás del espacio, que se analiza a partir de sus isovistas². El *coeficiente de agrupación* -o *clustering*-- es otra medida de visuales que indica puntos con alto potencial de toma de decisiones de acuerdo a la visibilidad de las intersecciones que ahí confluyen.

3. HACIA TERRITORIOS INTELIGENTES

3.1 Estructura territorial

De acuerdo a estas ideas, la forma física del territorio urbano es un factor determinante de las consecuencias económicas, sociales, etc. que ocurren en la ciudad. En esta sección, se exploran tres aspectos de la estructura territorial extraídos de la visión del grupo Metrópoli 2025 (2006) que se presentan como aplicaciones a problemas urbanos específicos.

3.1.1. Localización de equipamiento y proyectos estratégicos

Este punto se refiere a aquellos proyectos que permiten desarrollar el potencial económico de una zona, desde un barrio hasta una metrópoli. Se pueden considerar dos aspectos desde el punto de vista de la accesibilidad espacial: los estudios preliminares y los estudios de impacto urbano.

¹ El mapa axial se define como “*el menor conjunto de ejes rectos que atraviesan cada espacio bi-dimensional haciendo todas las conexiones posibles del sistema*” (Hillier & Hanson, 1984, p. 91-92)

² Polígonos que representan el área visible desde un punto en un plano bi-dimensional (Benedikt, 1979).

El primero, se refiere al análisis que ayuda a sugerir la ubicación del equipamiento en cuestión. Por lo general, se busca maximizar su accesibilidad para beneficiar a la mayor cantidad de personas, como cuando se trata de proyectos de abasto o recreación, aunque en algunos casos se buscan ubicaciones más segregadas como en el caso de plantas de reciclaje o de tratamiento de agua. También es posible establecer ciertos parámetros básicos, que sirvan como criterios de diseño con el fin de optimizar el funcionamiento de estos proyectos. Algunos de los parámetros que los modelos de accesibilidad pueden sugerir son las conexiones, los flujos de usuarios y la zonificación de áreas o usos dentro del proyecto a partir de su relación con la estructura urbana que le rodea. La accesibilidad como guía de diseño es presentada en la sección *3.1.2 Revitalización o reciclamiento de zonas urbanas*.

El segundo aspecto se trata de evaluar el impacto de un proyecto estratégico en la red urbana. Una vez que se ha modelado la accesibilidad de la zona, es posible “insertar” un nuevo proyecto dentro del modelo si éste afecta la configuración del entorno urbano creando nuevas conexiones o bloqueando las existentes. El objetivo es cuantificar la “nueva” accesibilidad --sus incrementos o decrementos-- que esa zona puede potencialmente adquirir o perder después de cierta intervención. Los cambios en los niveles de accesibilidad urbana tienen implicaciones sociales y económicas sumamente importantes ya que, como se explicó antes, es ésta la principal determinante de los patrones de movimiento y, en consecuencia, de fenómenos como la distribución de usos de suelo y la creación de lugares exitosos.

Otro tipo de impacto que se puede evaluar basándose en la red son las áreas de cobertura real o isócronas las cuales permiten examinar el alcance en términos de proximidad métrica/cronológica de un proyecto. De esta manera, se obtiene información cuantificable y gráfica sobre quiénes se benefician o son afectados de manera directa y local por algún equipamiento. Esta aplicación se explora más a fondo junto con un ejemplo práctico en la sección *3.2.1. Transporte público*.

A continuación se presenta un ejemplo de evaluación de impacto urbano de un proyecto estratégico. El caso que se estudia es la propuesta de Futura Desarrollo Urbano (FDU, 2007) para rescatar el antiguo Lago de Texcoco. Este proyecto propone “*crear un enorme polo de desarrollo con el que se influya de manera positiva en toda el área metropolitana, y en la zona centro del país, generará un sistema de lagos contiguos e interconectados por infraestructuras urbanas*”.

Para analizar el impacto de este proyecto, se realizó un mapa axial para modelar la accesibilidad en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) --representada por su vías principales-- antes y después de los cambios que sugiere la propuesta. En la situación actual, la accesibilidad --que se presenta en el mapa con un gradiente de color, siendo el rojo el más alto y el azul oscuro, el menor-- en la zona oriente se concentra en Ciudad Nezahualcóyotl y la Autopista Peñón-Texcoco (fig. 1a).

Una vez que se incorporó la propuesta (fig. 1b) (vialidades y aeropuerto), se concluyó lo siguiente:

Los niveles de accesibilidad del centro de la ZMVM no se vieron afectados por la incorporación de este nuevo sistema; los cambios mayores en accesibilidad se dan a partir del Circuito Interior.

El Bordo Oriente de Ciudad Azteca se integra más al tejido urbano y se vuelve más accesible por lo que se recomienda incorporar actividades y equipamiento a esta zona.

Al emplear la infraestructura vial existente y hacer las conexiones necesarias se mejoran los niveles de accesibilidad no solamente del área del aeropuerto sino también de la Ciudad de Texcoco.

Al incorporar al tejido urbano el Parque Urbano Benito Juárez (actual Aeropuerto) la zona se vuelve mas accesible, por lo que podríamos predecir niveles altos de movimiento y sugerir incorporar usos de suelo comercial.

No hay cambios sustanciales en la accesibilidad de Chimalhuacán pues no se integró ninguna nueva vía con las existentes de esta zona, la cual se beneficiaría de mejores conexiones para consolidarse como zona urbana.

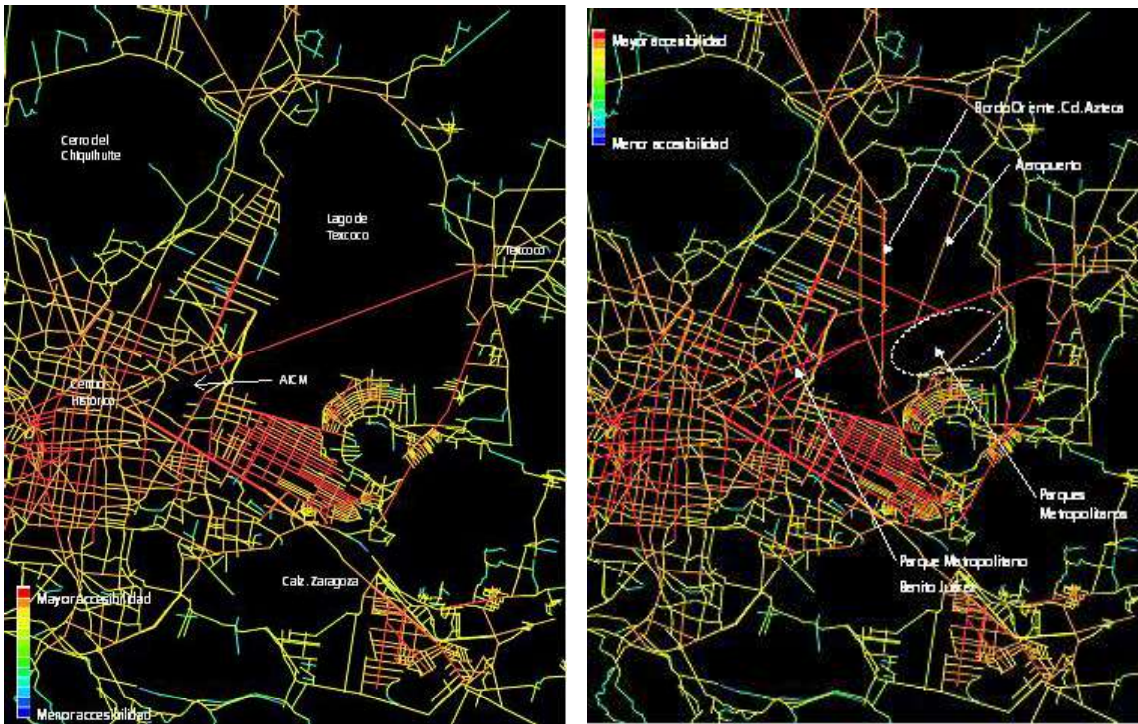


Fig. 1. a) Accesibilidad actual en la ZMMV. b) Accesibilidad incorporando la propuesta de FDU.

3.1.2. Revitalización o reciclamiento de zonas urbanas

Respecto a este punto, Metrópoli 2025 propone aprovechar, entre otras, las áreas deterioradas que cuentan con la infraestructura y localización adecuadas. Como se explicó anteriormente, las herramientas que se presentan permiten analizar la estructura urbana de algún área en el contexto de su entorno. Una aplicación importante es maximizar el potencial de un proyecto mediante criterios objetivos que guíen el diseño de manera cuantitativa.

El caso que se examina es el Parque Urbano Agua Azul (fig. 2). El proyecto tenía la finalidad de restituir la condición con que fue realizado uno de los más importantes espacios de uso recreativo y convivencia social de la ciudad de Guadalajara, Jalisco. La propuesta debería de actuar como un detonador mediante intervenciones de renovación y reciclaje, recuperando la zona como hito urbano, usando los edificios y espacios urbanos de calidad o valor patrimonial de la zona, y promoviendo el acceso a todo el público con espacios para el uso peatonal y de transporte alternativo, y recorridos que dieran cohesión a la zona. (Arpafil, 2005)



Fig 2. Situación del Parque Agua Azul: 1) Estación de Ferrocarril, 2) Plaza Juárez, 3) Multifamiliar G. Victoria, 4) Concha acústica, 5) Museo de Paleontología, 6) Puente Agua Azul, 7) Clínica IMSS, 8) Biblioteca Pública del Estado, 9) Teatro Experimental, 10) Casa de las Artesanías, 11) Central de Autobuses, 12) Estación de Bomberos, 13) local comercial, 14) Hotel Hilton, 15) Condominio Guadalajara.

Se realizó un análisis de visuales (explicado en la sección 2). La accesibilidad visual muestra tres zonas focales en rojo: las esquinas noreste y noroeste del parque (Constituyentes con Independencia Sur y Dr. Roberto Michel) y el cruce Av. del Campesino-Independencia Sur-16 de septiembre hasta la parte norte de la Plaza Juárez (fig. 3a). Por su parte, el coeficiente de agrupación --puntos con alto potencial de toma de decisiones-- señala la esquina noroeste del parque (Constituyentes con Independencia Sur) así como las dos esquinas entre la Estación de Ferrocarril y la Plaza Juárez (Circuito Washington con Independencia Sur y 16 de septiembre). La esquina noreste del parque (Constituyentes y Dr. Roberto Michel), pivote con la Central de Autobuses, muestra un coeficiente mas débil a pesar de que se trata de un punto importante en cuanto a toma de decisiones de navegación (fig. 3b).

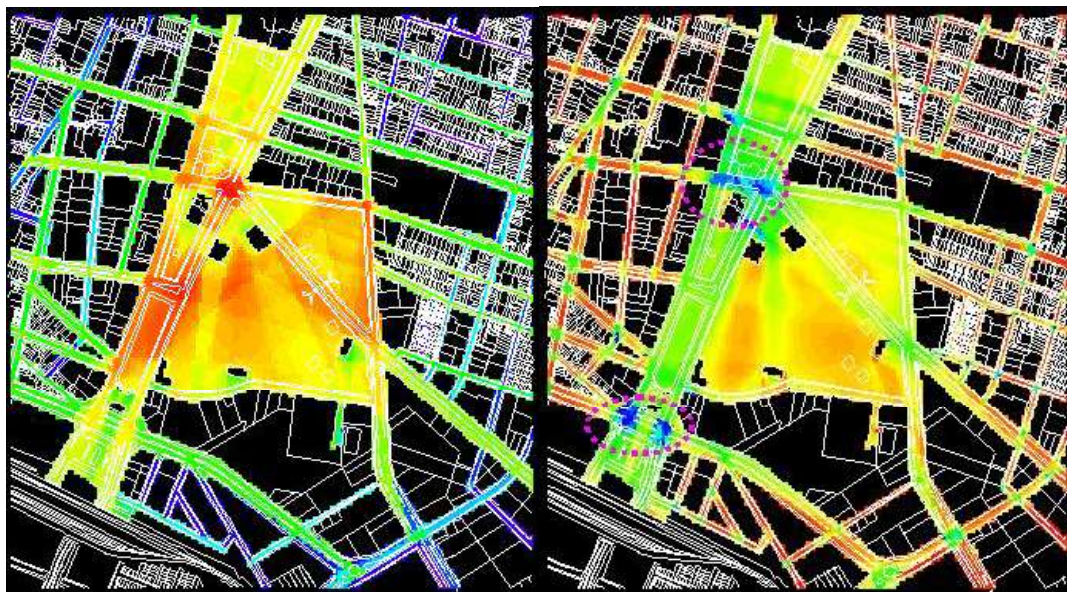


Fig. 3. a) Accesibilidad visual. b) Coeficiente de agrupación (puntos de decisión).

A partir de este análisis se recomienda lo siguiente:

La mayor accesibilidad visual se concentra en la esquina noroeste del parque, tanto en términos de potencial de movimiento como de punto de decisión. Esto es coherente con la localización de la Biblioteca, locales comerciales y el Hotel Hilton cerca de este punto. Sin embargo, si se trata de desconcentrar la actividad hacia todo el parque, nuevas actividades de interés se deberán localizar en zonas menos favorecidas como la esquina sureste.

Con la configuración del espacio público existente, las zonas norte y poniente del parque tienen la mayor capacidad para desarrollar en ellas espacios de uso peatonal. El poniente se apoya en la presencia de la Plaza Juárez con alta accesibilidad visual.

Crear un puente peatonal para conectar la Estación de Ferrocarril con la Plaza Juárez ya que, aunque hay visibilidad entre estos dos elementos, la accesibilidad es en realidad complicada pues el peatón se ve obligado a cruzar el estacionamiento y el Circuito, vía primordialmente vehicular.

Incrementar la visibilidad y la accesibilidad en la esquina suroeste de la Central de Autobuses abriendo una ruta directa que atraviese los parques hasta la Estación de Ferrocarril. A pesar de que la segunda muestra alto potencial para toma de decisiones de navegación al norte, éste no se realiza ya que su accesibilidad visual hacia el parque es obstruida por la esquina del edificio en Circuito Washington e Independencia Sur.

Se requiere integrar el sistema de rutas del parque a la traza. Un acceso en la esquina sureste y la continuación de una ruta desde el extremo poniente del parque incrementaría el potencial de flujo peatonal desde el sureste y a través del parque.

3.1.3. Núcleos de centralidad

El tercer y último aspecto de estructura territorial que se examina es el fenómeno de subcentros o núcleos de centralidad y su relación con la estructura. Es importante consolidar estos espacios pues la policentralidad

permite equilibrar la intensidad de actividades, disminuir el número y extensión de viajes y con ello reducir las emisiones contaminantes, mejorar la calidad y diversidad de servicios, y en resumen, mejorar la calidad de vida de sus habitantes (Banister, 1992; Metr poli_2025, 2006; Owens, 1992).

Se presenta un estudio sobre la relación entre la localización de comercios de venta de productos --por considerar que son los que más comúnmente definen el ‘‘foco’’ de los centros (Hillier, 1999)-- y la estructura urbana en el primer anillo de la Ciudad de México, definido por Circuito Interior para este estudio. Se observa que los núcleos de centralidad descritos por Metrópoli 2025 (2006) dentro de esta  rea --Centro Histórico, Insurgentes y La Viga-Ermita-- son señalados como los lugares más prominentes (en rojo) en un modelo de accesibilidad por selección de rutas (fig. 4) a pesar de que éste se basa únicamente en la trama urbana, es decir, no contiene ninguna información de carácter demográfico, económico o social. Adicionalmente, el modelo indica otras localidades con potencial de centros globales. Las principales son: Eje 2 Norte en el tramo de Manuel González, Eje 2 Oriente en el tramo de Fray Servando Teresa de Mier y Eje 3 Sur en el tramo de Baja California. Calzada de Tlalpan también figura en esta selección, especialmente del lado oriente, pues al estar físicamente dividido por el sistema de transporte colectivo --Metro-- cada lado del flujo se model  por separado.

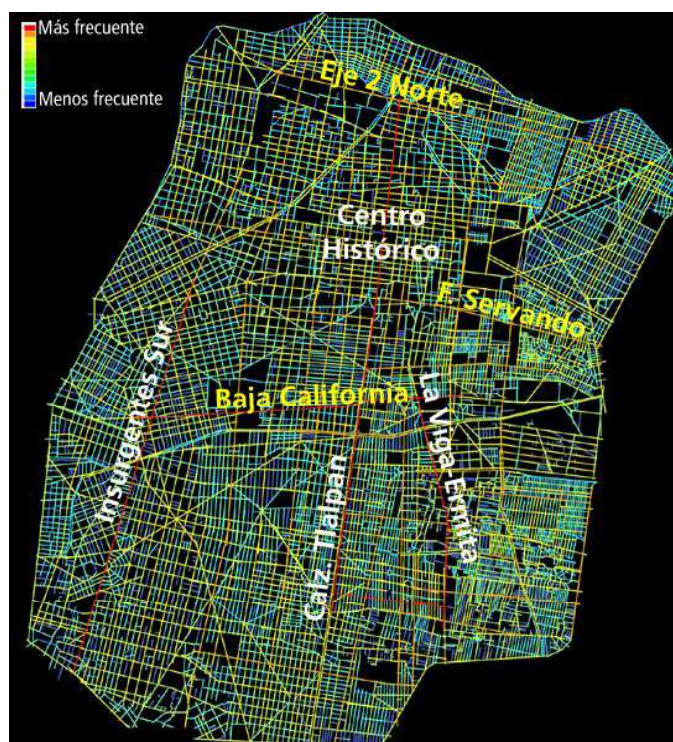


Fig. 4. Selección de rutas del primer anillo de la Ciudad de México.

Aunque esta medida refleja el potencial del espacio en relación a la ubicación de grandes comercios, la distribución de pequeños comercios, comúnmente encontrados en subcentros locales, no parece tener una relación lineal, mucho menos visual, con los indicadores de accesibilidad que se han mostrado en este trabajo. Dado que los subcentros de menor escala contribuyen en gran parte al carácter de subáreas y también son muy importantes para su consolidación, se recurrió a un modelo que busca la probabilidad de cada lote de ser de uso U cuando su accesibilidad $X \geq x$ (Ortiz Chao, por publicarse). Al aplicar el modelo se encontr  que la relación

entre uso y accesibilidad es positiva, y se presenta como una curva hasta un punto de inflexión --o de cambio de curvatura-- a partir del cual cae o se convierte en *ruido* para los valores mas altos de accesibilidad.

En el caso del ejemplo que se presenta, el uso en cuestión es pequeño comercio y la accesibilidad es local (explicada en la sección 2). El coeficiente de correlación es $r^2=0.868$ indicando una relación significativa entre esas dos variables. Los valores mas altos de la escala --hasta antes del punto de inflexión-- indican los lotes que presentan la mayor probabilidad de ser pequeños comercios.

Dentro del 7.5% de las localidades mas accesibles --menos 2.5% que se encuentra después del punto de inflexión-- se observan tres concentraciones con potencial de centralidad local a partir de su accesibilidad: la parte noroeste de la Colonia Doctores, las calles de Medellín y Monterrey a partir del cruce con Baja California en la Colonia Roma Sur, y la calle Amores en la Colonia del Valle (fig. 5). Es posible afirmar que estas concentraciones corresponden a núcleos de centralidad local en la realidad, al menos a una escala “gruesa”.

Este rango es “arbitrario” --ensayo y error contra la condición actual observada-- pues se considera que los subcentros no tienen límites determinados, mas bien se debilitan con la distancia del origen o “foco” de actividad. Además, se sabe que diferentes tipos y escalas de accesibilidad ejercen diferentes influencias en cada una de las actividades de los núcleos de centralidad y que éstos varían a distintas escalas (Ortiz Chao & Hillier, 2007). Así, es interesante ver, por ejemplo, que algunas concentraciones con alta, aunque menor, probabilidad de pequeño comercio en la figura 5, como las Avenidas Plutarco Elías Calles y Andrés Molina, también aparecen como ejes globales secundarios en el mapa de accesibilidad global por selección de rutas (fig. 4) que es indicador principalmente de grandes comercios.

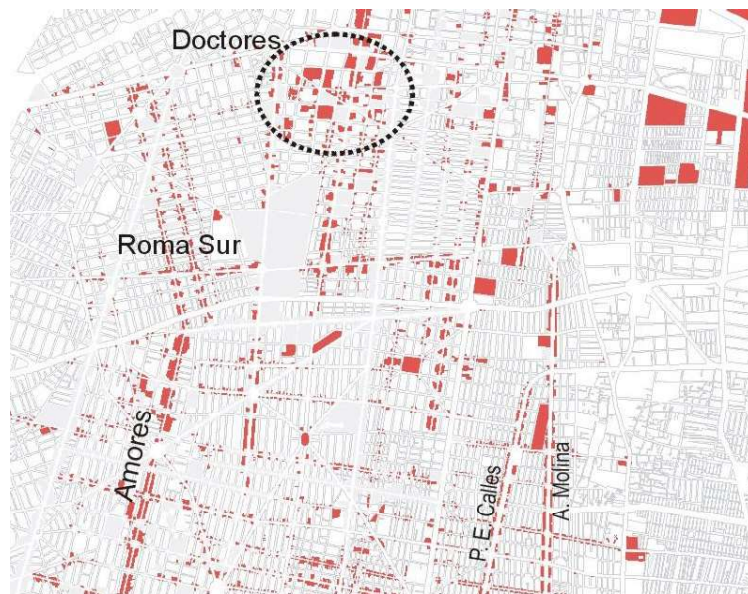


Fig. 5. Subcentros de acuerdo a accesibilidad local.

3.2 Movilidad

La movilidad sustentable se concibe como un modelo centrado en el bienestar de la población, que incluye medidas como la reducción del uso del automóvil, la provisión de un sistema de transporte público adecuado y eficiente y la promoción del uso de transporte no motorizado como la bicicleta o caminar (Centro de Transporte

Sustentable de México). Para construir este modelo, es necesario contar con elementos adicionales a la información de origen-destino, como el análisis sobre los patrones de movimiento y la densidad espacial en las ciudades. En esta sección, se exploran dos aspectos sobre movilidad donde se aplica el concepto de la accesibilidad relacional como fundamento para su estudio.

3.2.1. Transporte público

En cuanto al transporte público, se propone determinar su impacto en la infraestructura local a partir de su verdadera área de cobertura. De este modo, es posible evaluar el planteamiento original contra el resultado y así, establecer un planteamiento óptimo.

Se explora el anteproyecto del segundo corredor de Metrobús en la Ciudad de México. Esta ruta recorre 19 kilómetros a lo largo del Eje Vial 4 Sur, en sentido oriente-poniente. Fue establecida para propiciar el ordenamiento y regulación del transporte público relacionado con el corredor, integrar este corredor con el corredor Insurgentes, establecer una conexión entre los corredores y ocho líneas del Metro y, en general, presentar una opción para los usuarios del transporte de superficie (Metrobús, 2007).

En este estudio, se analizó el área de cobertura real de cada estación del corredor. A diferencia de las isócronas "convencionales" que se definen como circunferencias --en este caso de 400 metros de radio, la distancia que recorre un peatón promedio en cinco minutos--, el modelo presentado determina el área de alcance de un servicio con base en la estructura urbana y los cambios de dirección que ésta provoca en el movimiento de los peatones. Se modeló primero el proyecto según lo planearon las autoridades --con estaciones cada 500 metros-- y posteriormente se realizó otro modelo ubicando las estaciones a cada kilómetro. Es necesario señalar que el segundo modelo fue determinado arbitrariamente y sin tomar en consideración ningún otro factor o variable, como la localización de atractores o de estaciones de otros sistemas de transporte público. Para ambos casos se obtuvieron las isócronas para cinco y 10 minutos (fig. 6).

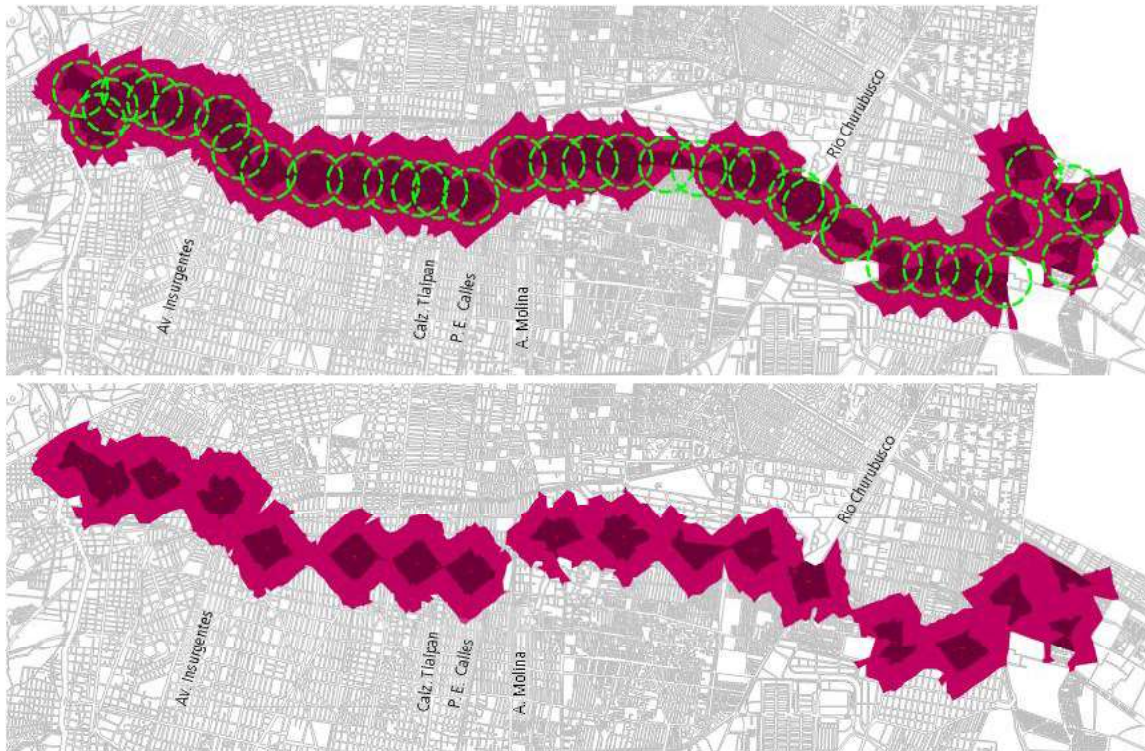


Fig. 6. Áreas de cobertura. a) Ubicación de las estaciones a cada 500m. (según anteproyecto). b) Ubicación de las estaciones a cada 1000m

Al comparar la ubicación de las estaciones del anteproyecto original del corredor --cada 500m-- contra la ubicación hipotética --cada kilómetro-- se puede observar que el área de cobertura de cada estación en un tiempo de recorrido de 10 minutos es prácticamente la misma. Esto es, al instalar 19 estaciones en vez de 38 --actualmente planeadas--, se cubre virtualmente la misma área. Sin embargo, en el segundo caso, es posible observar algunas discontinuidades, tal es el caso del área entre Plutarco E. Calles y Andrés Molina, por ejemplo (fig. 6b). Se estima que, al incluir la presencia de atractores y otros sistemas de transporte público, se reajustaría la ubicación de varias estaciones y se mejoraría la cobertura.

Si bien este es un análisis preliminar, muestra la importancia de contar con una herramienta que permita medir y visualizar los alcances de la ubicación exacta de las estaciones y los niveles de accesibilidad de éstas. La incorporación de estos elementos al diseño de corredores de transporte también representaría reducciones significativas en términos operativos, económicos y ambientales: al reducir el número de estaciones se reduce el gasto en su construcción y mantenimiento, se reducen los tiempos de recorrido, el consumo de combustible y las emisiones contaminantes.

3.2.2 Movimiento peatonal

Como ya se explicó, el movimiento peatonal es el principal factor que influye en aspectos como el éxito comercial y los niveles de seguridad en el espacio público. Asimismo, es la base de cualquier sistema de transporte, por lo que entenderlo es indispensable para poder generar planes de desarrollo integrales e incluyentes.

El estudio de caso para ilustrar el análisis de movimiento peatonal es la intersección de Av. Revolución, Patriotismo, Av. Río Mixcoac y Av. Molinos. Este cruce vehicular está identificado como conflictivo por el gran aforo vehicular que presenta, por las paradas del transporte público en segunda y tercera fila, y por el numeroso cruce de peatones a nivel de superficie en Av. Molinos. En las inmediaciones de este cruce se encuentra infraestructura importante para la zona: el mercado de barrio, muchos comercios y un puente peatonal --subutilizado-- en uno de los seis cruces existentes.

Con el objeto de verificar la relación entre el movimiento peatonal observado y los niveles de accesibilidad de la estructura urbana, se realizó el mapa axial --definido en la sección 2-- detallando las líneas potenciales de movimiento peatonal --cruces peatonales, ambos lados de la banqueta, etc.-- y se hizo el análisis de accesibilidad sin añadir ninguna otra variable más que la configuración del espacio. Se realizó un conteo de aforos peatonales para verificar los niveles de servicio --*LoS*, por sus siglas en inglés-- de cada banqueta del área estudiada. El nivel de servicio, un estándar internacional, fue establecido por Fruin (1987) para evaluar la capacidad de las banquetas y otros espacios de movimiento peatonal a partir del volumen de flujo peatonal --número de peatones que atraviesan por metro por minuto.

El análisis de accesibilidad peatonal del área de estudio (fig. 7) muestra que los niveles de accesibilidad se concentran en el cruce crítico, siendo la banqueta poniente de Av. Revolución la más accesible del sistema, las banquetas de Av. Molinos son las siguientes y todo el sector oriente del sistema es el menos accesible debido al tamaño de las cuadras, lo que reduce el número de líneas de movimiento. El conteo de aforos peatonales muestra que las banquetas con mayor afluencia son las de Av. Revolución en su cruce con Av. Molinos y la existencia de un cruce informal significativo sobre Av. Revolución entre Av. Molinos y Castañeda. También se manifiesta que el cruce peatonal de Av. Revolución, Av. Molinos, Av. Patriotismo y Río Mixcoac es considerable (fig. 8). El análisis de accesibilidad peatonal y los niveles de aforos peatonales presentan una fuerte correspondencia demostrando la confiabilidad del modelo.

Fig. 7. Accesibilidad Peatonal

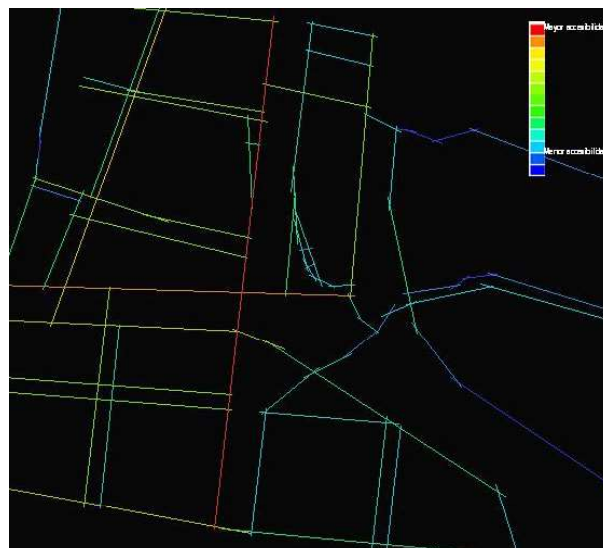




Fig. 8. Aforos Peatonales.

Al calcular los niveles de servicio de las banquetas estudiadas es evidente que las banquetas resultan insuficientes para el aforo peatonal, no solamente por sus dimensiones sino por la existencia de mobiliario urbano, vegetación y puestos semi-fijos de comercio informal, estando la mayoría en el nivel F, siendo el nivel A el óptimo (fig. 9).

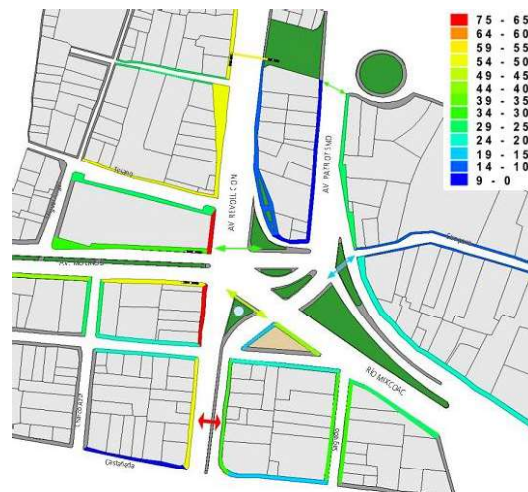


Fig. 9. Niveles de Servicio

A partir de este análisis se notó lo siguiente:

La superficie de las banquetas resulta insuficiente para los altos niveles de aforo por lo que se recomienda eliminar todos los puestos de comercio informal, reducir las dimensiones del mobiliario urbano o reubicarlo y ensanchar (cuando sea posible) las banquetas donde se presenta la mayor afluencia peatonal.

Se sugiere colocar barreras físicas a todo lo largo de los camellones para evitar cruces informales o en zonas de alto riesgo.

En caso de que se propongan puentes peatonales se deberán colocar las escaleras siguiendo las líneas naturales de movimiento para captar al peatón y éste no sienta que está siendo desviado de su ruta.

Es preferible que los cruces peatonales sean más directos para así poder regular mejor el conflicto entre vehículos y peatones.

Siguiendo las recomendaciones se realizó una propuesta reduciendo el número de cruces desde la banqueta poniente de Av. Revolución hasta la acera oriente de Av. Patriotismo (fig. 10), la cual se analizó empleando el mismo modelo (fig. 11). Se observa que la banqueta poniente de Av. Revolución continúa siendo la más accesible del sistema y corresponde al mayor aforo peatonal. Sin embargo, los niveles de accesibilidad se distribuyen de manera más uniforme a todo lo largo del sistema.

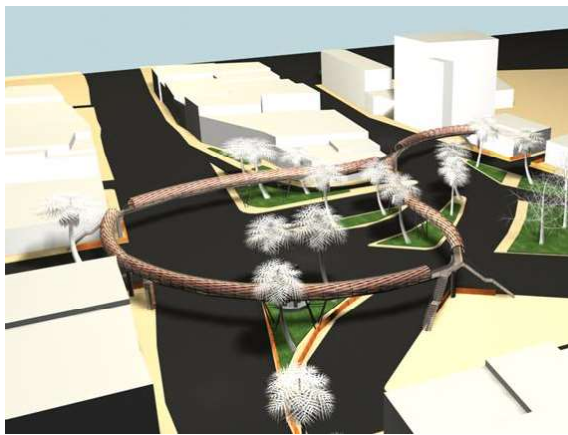


Fig. 10. Propuesta de circuito peatonal. Perspectiva

Fig. 11. Accesibilidad peatonal. Propuesta

4. CONCLUSIONES

Resulta indispensable integrar todos los sistemas necesarios para lograr la habitabilidad de una ciudad: el ordenamiento territorial, las políticas ambientales, la movilidad, el uso de suelo, la vivienda, la infraestructura y el equipamiento (Metrópolis_2025, 2006). Vegara y de las Rivas (2004) proponen la creación de “*territorios inteligentes*”, ciudades capaces de reinventarse para ser competitivas. Los territorios inteligentes son diseñados por la comunidad, a través del liderazgo y de una verdadera participación ciudadana. La planeación de estos territorios se caracteriza por: la sensibilidad hacia las oportunidades que ofrece el medio ambiente y el esfuerzo por hacer compatible el medio con el modelo urbano; una postura más activa por la puesta en valor del territorio, por la renovación de los ecosistemas, por la rehabilitación de áreas degradadas física, social y económicamente; la capacidad de desarrollar un urbanismo que explote las actividades locales (económicas, residenciales, de ocio, culturales y de relación social) para generar ventajas competitivas; la preocupación por la renovación urbana, la mejora de la calidad ambiental, el espacio público y la imagen urbana; y la construcción de una estructura administrativa y política eficiente, capaz de hacer pactos de colaboración para diseñar y construir su futuro, para el desarrollo de proyectos concretos o el cumplimiento de objetivos específicos.

Es evidente que existe una preocupación de las nuevas formas de planeación urbana por una visión integral, capaz de considerar todos estos aspectos para generar ciudades más competitivas, incluyentes y sustentables. A lo largo de este trabajo se ha explicado cómo el análisis de accesibilidad espacial permite entender mejor la estructura urbana y los procesos socio-económicos implícitos en ella, así como la importancia de todos estos factores en el éxito y viabilidad de lugares, áreas, ciudades. Es así como es posible concluir que el mejor enfoque para la creación de este tipo de lugares es el que se basa en el estudio de la estructura del espacio, no sólo por ser éste la materia prima del territorio, sino porque, como se ha visto, influye de manera importante en la distribución de movimiento y, por lo tanto, de co-presencia. Estos, a su vez, determinan un sinnúmero de fenómenos urbanos que van desde la sensación de seguridad en un espacio público hasta el equilibrio entre las diferentes funciones que se encuentran en una ciudad. Además, el crecimiento apropiado de las ciudades con un mayor crecimiento económico y mejor transporte provee a la toda la gente, incluyendo a los más débiles, de más y mejores opciones de empleo, vivienda y provisión de servicios (World_Bank, 2003): el espacio puede disminuir la desigualdad.

Las herramientas que se presentaron son, por lo tanto, claves para la planeación de *territorios inteligentes* ya que tienen las siguientes ventajas:

La integración entre lugares y usuarios, con beneficios para ambos.

La evaluación objetiva de las cualidades del espacio al basarse en un análisis cuantitativo.

Los resultados y, por lo tanto, la relación entre lugares y contenidos sociales, se vuelven claros y comunicables a cualquier tipo de público.

El tipo de evaluación permite la predicción del impacto, en aspectos tales como flujos, uso del espacio, uso de suelo, potencial económico o seguridad, de una intervención.

REFERENCIAS

- Anas, A., Arnott, R., & Small, K. (1997). *Urban Spatial Structure* (No. 357). Berkeley: University of California Transportation Center.
- Arpafil. (2005). Convocatoria: XI Concurso para jóvenes arquitectos. Proyecto Agua Azul. Intervención en la Guadalajara Moderna. Guadalajara: Arpafil.
- Banister, D. (1992). Energy Use, Transport and Settlement Patterns. In M. J. Breheny (Ed.), *Sustainable Development and Urban Form 2* (pp. 160-181). London: Pion.
- Benedikt, M. L. (1979). To take hold of space: Isovists & Isovist Fields. *Environment and Planning B*, 6, 47-65.
- Centro de Transporte Sustentable de México, A. C. Movilidad amable. Retrieved Septiembre 07, 2007, from <http://www.ctsmexico.org/mov01.htm>
- Clark, C. (1951). Urban Population Densities. *Journal of the Royal Statistical Society (Series A)*, 114, 490-496.
- Clark, C. (1968). *Population Growth and Land Use*. London: MacMillan.
- Fruin, J. (1987). *Pedestrian planning and design*. Mobile, AL: Elevator World.
- Futura_Desarrollo_Urbano. (2007, 14 de marzo de 2007). Taller de la Ciudad de México. Retrieved 12 de septiembre, 2007, from <http://www.fdu.com.mx/>
- Hillier, B. (1996a). Cities as Movement Economies. *Urban Design International*, 1(1), 41-60.
- Hillier, B. (1996b). *Space is the Machine: a configurational theory of architecture* (1st ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Hillier, B. (1999). Centrality as a Process. Accounting for attraction inequalities in deformed grids. Paper presented at the Space Syntax Second International Symposium, Brasilia.
- Hillier, B., & Hanson, J. (1984). *The Social Logic of Space* (1989 (slightly revised) ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Hillier, B., Penn, A., Hanson, J., Grajewski, T., & Xu, J. (1993). Natural Movement: or configuration and attraction in urban pedestrian movement. *Environment and Planning B: planning and design*, 20, 29-66.
- Ingram, G., & Carroll, A. (1981). The Spatial Structure of Latin American Cities. *Journal of Urban Economics*, 9, 257-273.
- Metrobús. (2007). Corredor de transporte Eje 4 Sur. Retrieved Septiembre 7, 2007, from <http://www.metrobus.df.gob.mx/Eje%204%20Sur%20Web.pdf>
- Metrópolis_2025. (2006). Una visión para la Zona Metropolitana del Valle de México. México D.F.: Metrópoli 2025, Centro de Estudios para la Zona Metropolitana, A.C.
- ODPM, & Home_Office. (2004). *Safer Places. The Planning System and Crime Prevention*. London: Office of the Deputy Prime Minister.
- Ortiz Chao, C. (por publicarse). Concentrated Decentralisation in Mexico City: a spatial analysis of subcentrality and areal differentiation. Unpublished PhD, University College London, London.

- Ortiz Chao, C., & Hillier, B. (2007). In search of patterns of land-use in Mexico City using logistic regression at the plot level. Paper presented at the 6th International Space Syntax Symposium, Istanbul.
- Owens, S. (1992). Energy, Environmental Sustainability and Land-Use Planning. In M. J. Breheny (Ed.), *Sustainable Development and Urban Form 2* (pp. 80-105). London: Pion.
- Pacione, M. (2005). The economy of cities. In M. Pacione (Ed.), *Urban Geography. A Global Perspective* (2 ed., pp. 285-307). New York: Routledge.
- Rogers, R., & Gumuchdjian, P. (2001). *Ciudades para un pequeño planeta*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Turner, A. (2004). *Depthmap* (Version 5.1). London: University College London.
- UN-DESA. (2004). *World urbanization prospects: the 2003 revision*. Retrieved Agosto 30, 2007, from <http://www.un.org/esa/population/publications/wup2003/WUP2003Report.pdf>
- Vegara, A., & de las Rivas, J. (2004). *Territorios Inteligentes*. Madrid: Fundación Metrópoli.
- Webster, C., & Wai-Chung Lai, L. (2003). *Property Rights, Planning and Markets. Managing Spontaneous Cities*. Cheltenham, Glos: Edward Elgar.
- World_Bank. (2003). *Sustainable Development in a Dynamic World. Transforming Institutions Growth and Quality of Life*. New York: World Bank/Oxford University Press.