

La accesibilidad peatonal en la integración espacial de las paradas de transporte público*

PEDESTRIAN ACCESSIBILITY IN THE SPATIAL INTEGRATION OF PUBLIC TRANSPORT STOPS

Rubén Talavera-García

Magister en Urbanismo, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Investigador contratado Laboratorio de Planificación Ambiental –LABPLAM– Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio, Universidad de Granada, España. Español rtalaverag@ugr.es

Luis M. Valenzuela-Montes

Doctor en Geografía. Profesor titular, Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio, Universidad de Granada, España. Coordinador del Laboratorio de Planificación Ambiental –LABPLAM–. Español lvmontes@ugr.es

Recibido: 06 de abril de 2012

Aprobado: 19 de diciembre de 2012

Resumen

La accesibilidad peatonal es un factor clave cuyo análisis debe ser considerado en profundidad para lograr el éxito en la integración de cualquier modo de transporte público. En este contexto, es necesario enriquecer los criterios de localización para optimizar la ubicación de las paradas de los sistemas de transporte público y mejorar la calidad de sus prestaciones intermodales, ambientales y sociales. Desde esta perspectiva temática, se propone el análisis de la configuración espacial ya que permite mejorar la capacidad de atracción y la accesibilidad peatonal de las paradas. La presente investigación tiene como objeto de estudio un sistema de transporte público emergente en un contexto metropolitano (el metro ligero en el Área Metropolitana de Granada, España). Los resultados obtenidos muestran que la ubicación de las paradas propuesta por el proyecto pueden ser optimizadas con la evaluación de la configuración espacial tal y como pretende ser puesto de relieve en el presente trabajo.

Palabras clave: accesibilidad peatonal, configuración espacial, Space Syntax, metro ligero, integración.

Abstract

Pedestrian accessibility is a key factor for the successful integration of any public transport model; therefore, it is essential that it is carefully analyzed. In this context, the location of stops for any public transport system needs to be optimized to improve the quality of their intermodal, environmental and social benefits. From this thematic approach, the spatial configuration is proposed as a component to improve accessibility analyses allowing a wider knowledge of integration level, connectivity and visibility on the streets, where the stops have to be located and thus their attraction capability and their pedestrian accessibility. The study case in this research is an emerging public transport system in the metropolitan area of Granada (Spain). The results show that the stops proposed by the project could be improved with the consideration of issues related to spatial configuration assessment.

Key words: pedestrian accessibility, spatial configuration, Space Syntax, light rail, integration.

Resumo

A acessibilidade pedestre é um fator chave cujo análise deve ser considerado em profundidade para lograr o êxito na integração de qualquer modo de transporte público. Neste contexto, é necessário enriquecer os critérios de localização para otimizar a localização dos pontos dos sistemas de transporte públicos e melhorar a qualidade de suas prestações intermodais, ambientais e sociais. Desde esta perspectiva temática, propõe-se o análise da configuração espacial já que permite melhorar a capacidade de atração e a acessibilidade pedestre dos pontos. A presente pesquisa tem como objeto de estudo um sistema de transporte público emergente num contexto metropolitano (o metrô ligeiro da Área Metropolitana de Granada, Espanha). Os resultados obtidos mostram que a localização dos pontos proposta pelo projeto podem ser optimizadas com a avaliação da configuração espacial tal e como pretende ser posto de releve no presente trabalho.

Palavras-chave: acessibilidade pedestre, configuração espacial, Space Syntax, metrô ligeiro, integração.

* Este trabajo ha sido elaborado con la financiación de la Junta de Andalucía y fondos FEDER en el marco del Proyecto de Excelencia P09-RNM-5394: "Guía Metodológica para la Integración Metropolitana Sostenible de los Sistemas de Metro Ligero (INTEGRA-ME)".

Introducción

La accesibilidad peatonal es de gran importancia en los sistemas de transporte público, ya que es el factor de unión e integración entre los distintos modos de transporte, los espacios públicos y la movilidad, de manera que una intervención en el ámbito de la movilidad peatonal tendrá una repercusión en los usos del suelo, y viceversa (Pozueta, Lamíquiz y Porto, 2009). En este sentido, y dado el efecto que puede suponer la accesibilidad peatonal para el éxito en la implantación de un transporte público, es necesario considerar de manera detallada los factores de diseño urbano que influyen en la mencionada accesibilidad (Borst et al., 2009; Lotfi & Koohsari, 2009), especialmente respecto a la paradas, con el fin de lograr la máxima integración de los diferentes modos de movilidad urbana en los nodos, los ejes urbanos, las ciudades y el conjunto del área metropolitana articulada por sistemas de transporte público.

Rubén Talavera-García

Licenciado en Ciencias Ambientales y estudiante de doctorado en Urbanismo y Ordenación del Territorio, Universidad de Granada. Su trabajo en el Laboratorio de Planificación Ambiental –LABPLAM– se centra en la línea de investigación de la movilidad, con especial interés en la movilidad peatonal. Ha participado como investigador en proyectos regionales y supramunicipales sobre los sistemas de metro ligero y su integración urbana.

Luis M. Valenzuela-Montes

Licenciado en Geografía, Universidad de Granada, con posgrado en Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia y en Transportes, Universidad Complutense de Madrid. Miembro del Observatorio Territorial de Andalucía. Profesor Invitado en: Universidad IUAV de Venecia (Italia), URU de Utrecht (Holanda), Universidad Autónoma de México e IEUT de la Universidad Católica de Chile.

La importancia de la accesibilidad peatonal en la integración de los sistemas de transporte público está determinada por las propias características que definen al peatón y que dan lugar a que la movilidad peatonal sea el modo que mantiene una relación más directa e intensa con la ciudad a través de sus sentidos, al interactuar con otros peatones (Gehl, 1971; Peters, 1981), participar de la actividad comercial y cultural en las calles (Venturi, Brown & Iz-enour, 1977), y apreciar el entorno natural y arquitectónico (Jacobs, 1996), de manera que cada lugar y/o itinerario tiene su propia identidad (Lynch, 1960) que es reconocida especialmente a nivel peatonal.

En consecuencia, a la hora de integrar un sistema de transporte público es preciso analizar diversos factores relacionados con la accesibilidad peatonal, como son el diseño de la parada y su relación con el entorno de influencia en términos de atracción peatonal, cuestiones que van más allá de la simple cobertura de servicio (Rodríguez, Brisson & Estupiñán, 2009). En este contexto, los factores implicados con la accesibilidad peatonal pueden ser agrupados en cuatro bloques, que corresponden a los aspectos condicionantes para la movilidad peatonal: 1) accesibilidad, 2) seguridad, 3) confort, y 4) atractivo (Alfonzo, 2005; Pozueta, Lamíquiz y Porto, 2009). Así, pues, en la medida en que tales aspectos condicionantes sean satisfechos, el entorno de la parada en cuestión poseerá una mayor calidad que incentiva al peatón a desplazarse por un determinado itinerario, lo que incide de manera decisiva en los niveles de servicio peatonal del entorno urbano de la parada (Olszewski & Wibowo, 2005). De los cuatro factores citados anteriormente, la accesibilidad tiene un carácter eminentemente físico, mientras que los tres aspectos restantes poseen una mayor implicación perceptual. Además, dichos aspectos se encuentran vinculados mediante una relación jerárquica en la que la accesibilidad ocupa el primer nivel (Alfonzo, 2005). En este sentido, entre los factores estructurales o físicos de la accesibilidad, que tienen una implicación directa en la atracción del peatón hacia la parada de transporte público, se encuentran aquellos que están asociados

a los patrones urbanos o la configuración espacial de la ciudad. Por tanto, considerando la influencia de la configuración espacial sobre la movilidad peatonal (Hillier et al., 1993; Penn et al., 1998), está claro que su análisis la convierte en una herramienta útil para potenciar la integración, atracción y conexión de las paradas de transporte público, cuestiones que están, además, directamente relacionadas con la mejora de la accesibilidad a los transportes públicos y que a su vez fomentan la calidad urbana (Talen, 2002).

El análisis de la accesibilidad peatonal en los entornos de parada del transporte público debe ser considerada en cualquier modo de transporte, ya se trate de un sistema de transporte como el BRT (Bus Rapid Transit) ampliamente presente en Sudamérica (Estupiñán & Rodríguez, 2008; Rodríguez & Targa, 2004) o los sistemas de metro ligero –LRT (Light Rail Transit)– más difundidos en el continente europeo.

Los sistemas de metro ligero se han convertido en la actualidad en una elección preferente sobre otros modos de transporte público en las ciudades y áreas metropolitanas europeas, como contraposición a las dinámicas y sinergias entre los nuevos desarrollos territoriales y la cada vez mayor dependencia del automóvil (Dupuy, 1999; Newman & Kenworthy, 1999) lo que ha dado lugar a unos modelos de movilidad urbana y metropolitana con elevados costes urbanos, ambientales y sociales (Banister, 2005; Geurs, Boon & Van Wee, 2008; Travisi, Camagni & Nijkamp, 2006). Frente a estos modelos y las dinámicas asociadas se proponen nuevos modelos de movilidad metropolitana en los que se priorice la sostenibilidad (Banister, 2008; Litman, 2003). La preferencia por los sistemas de metro ligero en el contexto europeo, dentro de este nuevo enfoque de movilidad sostenible, se basa fundamentalmente en su potencial para estructurar el ámbito en el que se inserta, los potenciales beneficios ambientales que genera (Hass-Klau et al., 2003) y los bajos requerimientos para su construcción en comparación con otros modos, hecho que se une a características propias como la velocidad media elevada, la alta capacidad de carga, la modulación en función de las necesidades, el bajo efecto barrera y su comodidad, entre otros.

Por otra parte, la implantación de los sistemas de metro ligero puede generar las condiciones para que, a distintas escalas de la planificación, se incorporen una serie de innovaciones ambientales, urbanísticas, sociales, económicas, tecnológicas, gestión y calidad, y modales (Valenzuela, Soria y Talavera, 2011). Innovaciones que, además de generar beneficios por sí mismas en los respectivos ámbitos a los que pertenecen, dan lugar a sinergias que amplifican el conjunto de beneficios (May, Kelly & Shepherd, 2006).

Así pues, para que tengan lugar el máximo de innovaciones y sinergias, es necesario que la integración del sistema de metro ligero se realice en todos los ámbitos –social, urbanístico, económico, etc.–. En este sentido, y desde la perspectiva espacial, para que la integración del metro ligero sea exitosa es necesario analizar una serie de indicadores que den muestra del grado de cumplimiento de los objetivos establecidos, para alcanzar así las

potencialidades que se le atribuyen a este modo de transporte. Algunos indicadores, como la población servida, la densidad de población o la longitud de calles peatonalizadas, tienen una importancia notable como factores de éxito en la planificación de los sistemas de metro ligero (Babalik-Sutcliffe, 2002; Hass-Klau & Crampton, 2002). Además, es preciso tener presentes aquellos factores espaciales que en la práctica han tenido un mayor peso en la integración del metro ligero como son una alta peatonalización y un alto número de peatones a lo largo de la línea de metro ligero (Hass-Klau & Crampton, 2002), así como los factores de diseño urbano que hacen que los entornos de parada sean más “amigables” para los peatones (Rodríguez, Brisson & Estupiñán, 2009).

En esta línea, la mayoría de los indicadores y factores de éxito están vinculados con las paradas, cuyos objetivos principales en la planificación de su localización según Vuchic (2005), son seis: 1) máxima población servida, 2) mínimo tiempo de trayecto, 3) máxima cobertura, 4) máxima atracción para la captación de pasajeros, 5) mínimo coste de servicio, y 6) atender a otros requerimientos (usos del suelo, intermodalidad, etc.)

Estos objetivos, que se deben de tener en cuenta en la localización de las paradas de metro ligero, están en su mayoría relacionados con la accesibilidad peatonal, por lo que enriquecer y potenciar su consideración en el proceso de planificación de los sistemas de metro ligero, repercutirá positivamente en el uso de este modo de transporte público (Murray et al., 1998).

Conceptos: acotaciones y matizaciones

Bajo este epígrafe se presentan los conceptos en los que se fundamenta el trabajo de investigación, acotados y precisados en el contexto metodológico; se resaltan aquellos matices conceptuales que suponen un aporte para la accesibilidad peatonal al transporte público. En este sentido, los conceptos que van a ser descritos y matizados son los de accesibilidad, configuración espacial, conectividad, integración y profundidad visual, aunque los tres últimos son descritos bajo el concepto de configuración espacial.

Respecto a la **accesibilidad**, las definiciones existentes son numerosas y variadas, aunque con frecuencia en el ámbito de la movilidad se han limitado a la facilidad para alcanzar un objetivo u oportunidad. Esta concepción da lugar a la pérdida de matices enriquecedores presentes en definiciones clásicas de accesibilidad. En este sentido una definición de la accesibilidad como “la intensidad de posibilidades para la interacción” (Hansen, 1959) “y el intercambio” (Engwicht, 1993), permite una consideración más amplia de la accesibilidad y con mayor proximidad a los peatones, ya que tienen cabida otros factores que van más allá de la variable espacio-temporal, como por ejemplo, la configuración espacial que se propone en esta investigación.

La **configuración espacial** guarda una relación fundamental con variables sociales (Hillier & Hanson, 1984), por lo que su análisis permite conocer los posibles efectos sociales que derivan de una determinada intervención. En lo que a la movilidad peatonal se refiere, la configuración espacial juega un papel principal (Hillier et al., 1993) al determinar la elección de la ruta que los peatones hacen en sus recorridos, lo que genera un “movimiento natural” (Hillier & Hanson, 1984; Hillier et al., 1993). Además, la configuración espacial puede alentar o disuadir al peatón en la elección de la ruta de acceso a diferentes oportunidades (Handy & Niemeier, 1997), y con mayor o menor intensidad en función del diseño de dichas rutas.

Esta relación entre configuración espacial y variables sociales queda recogida en la teoría del Space Syntax (Hillier & Hanson, 1984) bajo la que se asume que cualquier actividad en el seno de una ciudad tiene una componente espacial (Vaughan, 2007). En este contexto, la movilidad peatonal se representa mediante el mapa axial, que es el conjunto mínimo de líneas rectas de la mayor longitud posible que interconectan todos los espacios abiertos de un sistema urbano (Hillier & Hanson, 1984) y ofrece la posibilidad de obtener información sobre diferentes aspectos, entre los que destacan la conectividad y la integración por su relevancia y aplicabilidad al objeto de esta investigación.

La *conectividad* es la medida que define el número de conexiones que posee un segmento del mapa axial, por lo que un segmento con elevado número de conexiones tendrá una alta conectividad. Esta medida implica, a nivel peatonal, una diversidad de opciones para los peatones a la hora de elegir el segmento por el cual establecerán un itinerario. Así, pues, desde el punto de vista de la ubicación de las paradas de transporte público, los lugares en los que existe una alta conectividad puntual pueden ser lugares de gran interés al permitir concentrar y difundir con facilidad los desplazamientos peatonales.

Otro de los conceptos relevantes desde la perspectiva de la sintaxis espacial (Space Syntax), es el concepto de *integración*, que en el ámbito de la estructura urbana corresponde a una medida de la accesibilidad. Esta relación integración-accesibilidad está basada en la existencia de una jerarquía en los segmentos que componen el espacio axial, que viene dada por la posición que ocupa cada uno de los segmentos respecto al conjunto. Esta jerarquía va a determinar la integración o segregación de dichos segmentos de calle (Hillier & Hanson, 1984; Vaughan, 2007) y, por consiguiente, su accesibilidad. Esta caracterización de los segmentos con base en las relaciones jerárquicas es un factor multiescalar que permite limitar el número de relaciones entre segmentos con lo que se ofrece la posibilidad de conocer los segmentos de calle más integrados a nivel del área metropolitana o ciudad y a nivel de barrio, que se denominarán en este trabajo como HH-Rn y HH-R3 respectivamente.

Metodología para evaluar la ubicación de las paradas según su accesibilidad peatonal

El proceso metodológico seguido tiene como núcleo central la evaluación de las paradas de metro ligero como elementos nodales de intercambio y de lugar, que deben atender a una serie de cuestiones para su integración en la ciudad o área metropolitana. Cuestiones como la ubicación, el diseño y el entorno pueden ejercer un efecto sinérgico y multifuncional que repercuta finalmente en un incremento de la intermodalidad y una mejora en la accesibilidad al transporte público.

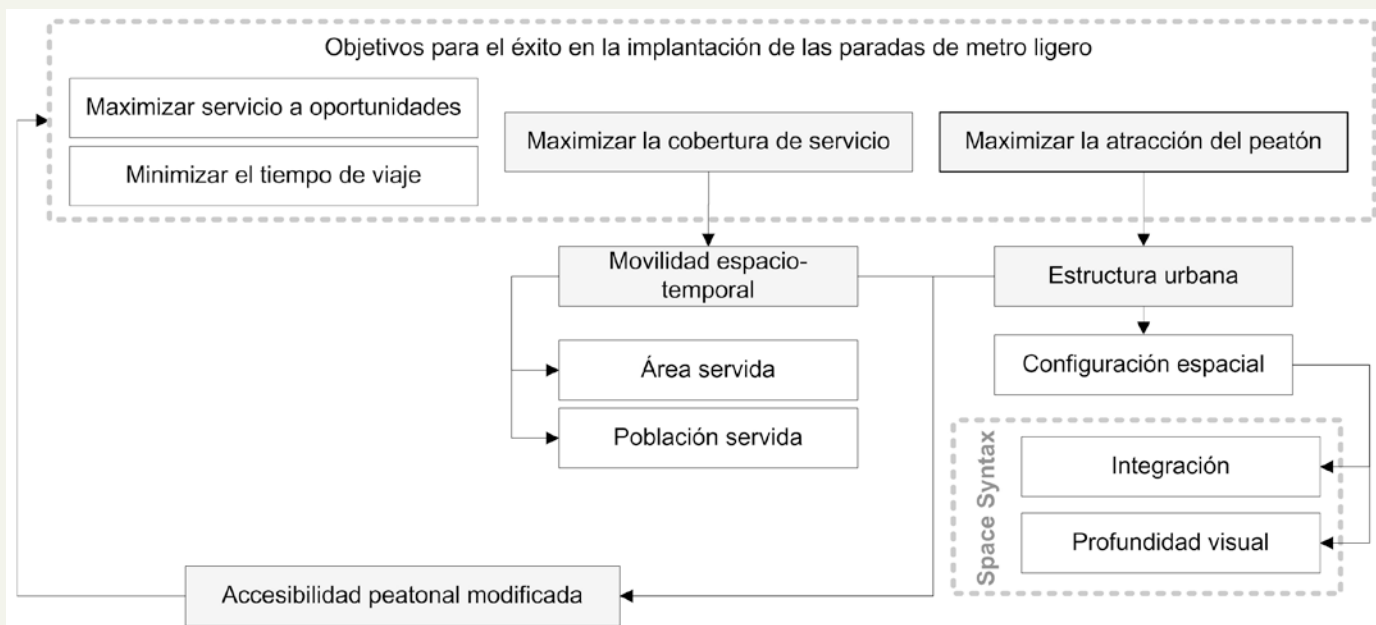


Figura 1. Esquema metodológico. Fuente: elaboración propia.

De entre los objetivos que debe satisfacer la localización de las paradas, el presente trabajo se centra en dos: maximizar la cobertura del servicio y maximizar la atracción del peatón, al considerarlos susceptibles a la incorporación de mejoras que repercutirían positivamente en la accesibilidad peatonal.

En lo que respecta al objetivo de maximizar la cobertura de servicio, se ha realizado un análisis de las paradas de metro ligero propuestas en el proyecto en cuestión, planteando una cobertura de servicio en función de un valor máximo de distancia, establecido para este modo de transporte, de 500 metros. Una vez obtenidas las coberturas de servicio se evalúa en qué medida la ubicación de las paradas es eficiente en función de la superficie abarcada y el grado de respuesta a criterios demográficos. El resultado de este análisis se compara con los existentes en el proyecto de metro ligero, lo que ha permitido evidenciar la influencia de la medida en las coberturas de servicio y, en consecuencia, en la población residente en estas zonas.

La evaluación de la atracción peatonal de las paradas en el contexto de la configuración espacial, se ha analizado principalmente mediante tres medidas: dos basadas en el mapa axial (conectividad e integración) y una tercera sobre el mapa de visibilidad (profundidad visual).

Una vez analizados los factores de movilidad peatonal y estructura urbana, se ponen ambas en relación para establecer una nueva evaluación de la accesibilidad peatonal a las paradas de metro ligero. Los resultados de esta accesibilidad modificada a las paradas proyectadas permiten, por una parte, conocer la adecuación de la ubicación de las paradas de metro de cara al cumplimiento de los objetivos establecidos, y por otra, conocer las calles en las que se podría plantear una intervención en su diseño para compensar en lo posible sus deficiencias y fomentar así la accesibilidad peatonal a las paradas de metro ligero a través de esas calles.

El sistema de metro ligero de Granada como contexto de aplicación

El proyecto de metro ligero de Granada nace con la intención de ser un proyecto de transporte innovador que permita resolver los problemas de movilidad derivados del uso masivo del vehículo privado que tienen lugar en el Área Metropolitana de Granada (Andalucía, España) (figura 2). Estas circunstancias hacen del proyecto un laboratorio propicio sobre el cual desarrollar la metodología de evaluación de las paradas según la accesibilidad peatonal.

El proyecto plantea una línea de metro ligero que pretende ser un eje estructurante que modifique los modos de transporte público existentes para obtener una mejor integración. Actualmente el transporte público está basado en una red de autobuses urbanos que circulan en la ciudad de Granada, y autobuses metropolitanos que unen la capital con los núcleos que conforman el área metropolitana. No obstante ambas redes de autobuses presentan considerables deficiencias en el servicio al compartir la sección viaria con el vehículo privado, lo que reduce la velocidad comercial.

La línea de metro ligero planteada se caracteriza por tener una plataforma reservada, y una longitud de aproximadamente 16 kilómetros que unirá los municipios metropolitanos de Albolote, Maracena y Armilla con la ciudad de Granada. A lo largo de este recorrido se establecen 26 paradas que tratan de responder a diferentes necesidades de movilidad, unas paradas, orientadas a la captación de viajeros en origen, y otras, que den acceso a centralidades como la estación de ferrocarriles y autobuses, campus universitario, hospitales, campus biotecnológico, estadios deportivos o zonas comerciales.

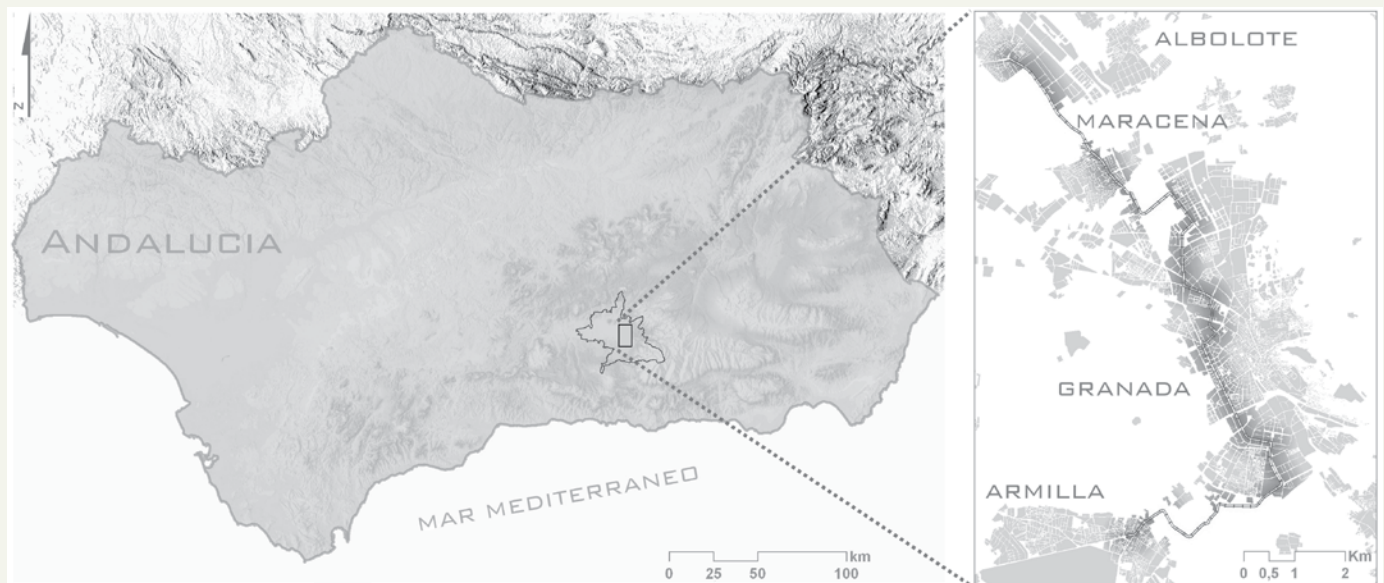


Figura 2. Localización del ámbito de estudio, en Granada. Fuente: elaboración propia.

Línea	Longitud	Paradas	Tiempo	Velocidad	Población servida
1	15,9 km	26	45'	50 km/h urbana 70 km/h interurbana	125.731 hab.

Tabla 1. Características de las líneas de metro ligero de Granada. **Fuente:** elaboración propia a partir de www.metropolitanoGranada.com

Atendiendo a la inversión económica que este tipo de proyectos requiere para su implantación, y a las expectativas generadas para una movilidad más sostenible, parece fundamental considerar todos los factores que pueden determinar el éxito en su integración. En este sentido, el proyecto de metro ligero supone una oportunidad para analizar las localizaciones establecidas en el proyecto y determinar si la ubicación de las paradas es óptima desde la perspectiva de la accesibilidad peatonal, para alcanzar los objetivos marcados de cobertura de servicio y atracción.

Cobertura de servicio

Una de las variables que habitualmente tiene un mayor peso en los proyectos de transporte público, así como de manera más específica en los proyectos de metro ligero, es la población servida. Esta variable se calcula en función de la ubicación de la parada y la capacidad para dar servicio a una población que se encuentra, en función del modo de transporte, a una determinada distancia, de tal modo que la población dentro de esa área de influencia sería considerada como población servida.

En el caso del metro ligero de Granada, para analizar la cobertura de servicio de las paradas, se ha digitalizado y caracterizado la red peatonal presente en el ámbito de estudio, para posteriormente proceder, con base en la distancia de servicio establecida para este modo de transporte (500 metros), a generar las coberturas de servicio. Una vez obtenidas las coberturas de servicio sobre la red peatonal se puede evaluar su superficie, así como la relación que poseen respecto a variables demográficas.

La cobertura de servicio de las paradas en la red peatonal muestra, en primer lugar, la práctica continuidad de cobertura de servicio a lo largo de todo el corredor de la línea de metro ligero (figura 3). No obstante, si se analizan de forma más detallada estas áreas de cobertura, se puede apreciar la existencia de paradas cuyas coberturas de servicio están solapadas, circunstancia que supone en conjunto un 37,5% de la superficie total máxima de cobertura de las paradas, lo que indicaría una ubicación de las paradas de metro muy próximas entre sí, lo que, además, causa una disminución de la velocidad de servicio.

Del conjunto de paradas con coberturas de servicio solapadas, es destacable el caso de las paradas de Hípica y Andrés Segovia (No. 18 y 19 respectivamente), ya que ambas paradas están localizadas dentro de la propia zona de solapamiento.

Por otra parte, la evaluación en detalle de la cobertura de servicio obtenida a partir del análisis de redes permite comprender la influencia de la propia trama donde se localiza las paradas. En este sentido son varios los ejemplos (paradas No. 1 y No. 16) en los que se puede comprobar que cuando la parada se sitúa en el punto donde se intersectan dos calles en una trama de ca-

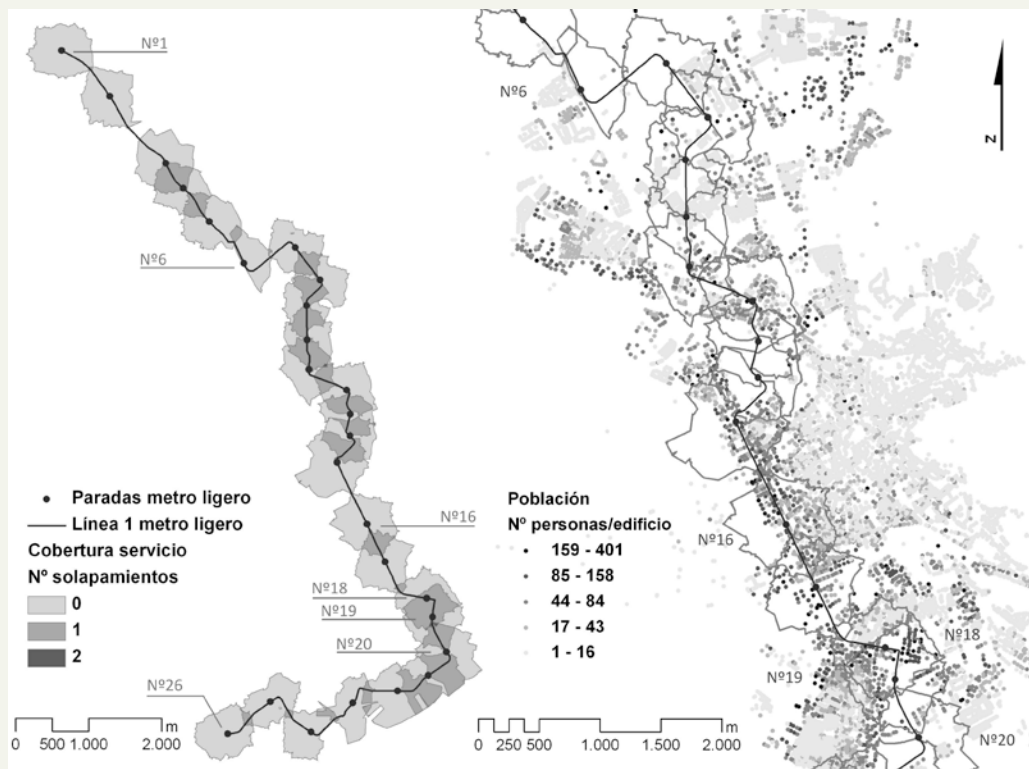


Figura 3. Área de servicio y solapes de las paradas de metro ligero. **Fuente:** elaboración propia.

lles perpendiculares, la superficie de cobertura se aproxima en mayor medida al máximo teórico o circunferencia. En la situación opuesta estaría la parada Cerrillo de Maracena (No. 6) cuya proximidad a la vía de ferrocarril impide la cobertura de servicio en el margen opuesto de la vía férrea, lo que afectada notablemente la cobertura de servicio y requiere actuaciones de reurbanización si se quiere servir a la población que reside a ambos lados de la vía.

Una vez evaluadas las coberturas de servicio según la superficie generada, se ponen en relación con la información demográfica, con lo que se pretende que las paradas de metro ligero estén bien ubicadas respecto a la población, y den cobertura a aquellas zonas que poseen una mayor densidad de población –representadas con puntos con tonalidades más oscuras (figura 3)–.

Entrando más en detalle, según los datos del número de personas residentes en 2006, la población servida en la ciudad de Granada sería de 91.944 habitantes, de los cuales 30.241 se encuentran en zonas de solapamiento entre coberturas según los cálculos realizados en esta investigación, lo que supone una sobreestimación en el análisis de las paradas de metro ligero, situación que también ha sido detectada en otras investigaciones como la realizada por J. Gutiérrez y J. C. García-Palomares (2008). Este hecho se puede observar especialmente en la parada de metro de Hípica y de Palacio de Deportes (No. 18 y No. 20 respectivamente) donde se presentan coberturas de servicios prácticamente solapadas al quedar ambas paradas dentro de este solapamiento y con una población servida en dicha zona del 50% respecto al total de ambas; esto pone en duda la ubicación de las paradas e incluso el que sea necesaria alguna de ellas.

En resumen, y con base a todo lo expuesto anteriormente en este epígrafe, se puede afirmar que si bien las paradas de metro ligero están ubicadas para captar la mayor población posible, existen, sin embargo, solapamientos en la cobertura debido a la proximidad de las paradas entre sí, lo que además afectará a la velocidad de servicio. Por otra parte, el hecho de que exista poco o ningún solapamiento en la cobertura de servicio, tampoco garantiza que estén localizadas en una ubicación óptima para generar la mayor accesibilidad, debiendo ser analizados otros factores de atracción peatonal como la conectividad, la integración o la profundidad visual.

Atracción peatonal

El análisis de los factores que influyen en la atracción peatonal hacia las paradas de transporte público y, de forma más específica a las paradas de metro ligero, resulta fundamental a la hora de mejorar la accesibilidad peatonal a dichas paradas. Estos factores de atracción pueden estar relacionados con alguno de los cuatro aspectos condicionantes de la movilidad peatonal como la accesibilidad, seguridad, confort o atractivo. Sin embargo la accesibilidad entendida como aspecto estrictamente estructural alberga aquellos factores que son fundamentales para que pueda tener lugar la movilidad peatonal. Por tanto, en la medida en que los factores satisfagan dicho aspecto principal de la movilidad peatonal, las paradas de transporte podrán ejercer una mayor atracción sobre los peatones. En este sentido, entre los factores de atracción hay

uno que por sus características resulta especialmente importante: la configuración espacial, entendiéndose ésta como la relación entre los espacios libres y los espacios construidos, que genera un entramado de calles y espacios públicos. Estas calles y espacios públicos poseen unas características propias basadas en la configuración espacial que pueden resultar determinantes cuando se distribuyen los desplazamientos peatonales, por lo que vincular paradas de transporte público a esas calles o espacios incrementa el grado de atracción de las paradas de transporte público.

Así, pues, para conocer mejor las características de la configuración espacial del entorno de ubicación de las paradas y la atracción que ejerce sobre el peatón, la teoría de la sintaxis espacial resulta idónea dado que relaciona la estructura urbana con variables sociales.

Dentro de esta teoría, son tres los indicadores escogidos por su relevancia en la accesibilidad peatonal al transporte público, dos de ellos –la conectividad y la integración– analizados sobre el mapa axial, y un tercero, de la profundidad visual, sobre el mapa de visibilidad.

Para llevar a cabo los diferentes análisis se seleccionan a modo de ejemplo tres paradas de metro ligero, las cuales se caracterizan por tener máximos valores de población servida y ser muy similares entre ellas. Se ha realizado esta selección de paradas con el fin de poder mostrar a escala de detalle y de manera más particularizada los análisis realizados. Las paradas seleccionadas se muestran en la figura 4.

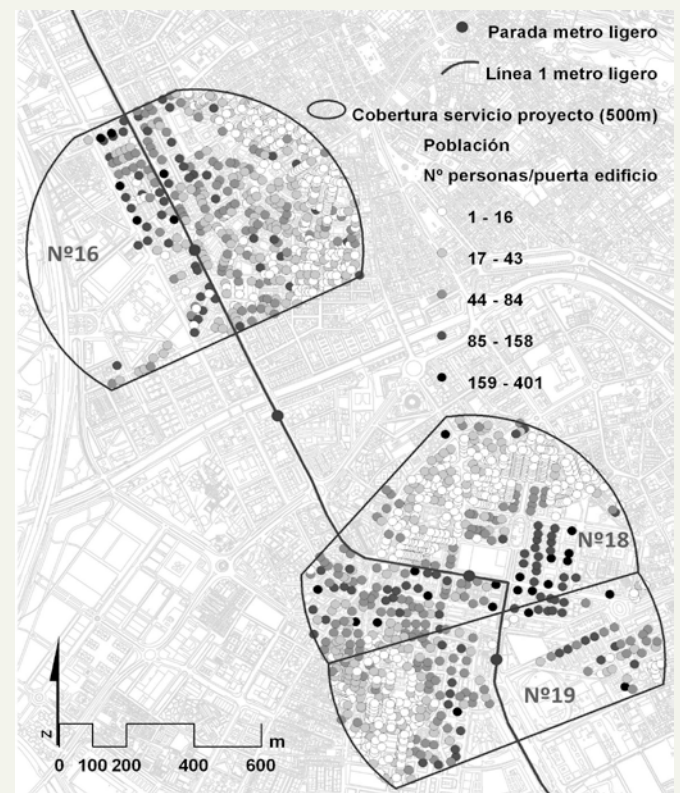


Figura 4. Paradas seleccionadas para la evaluación de la atracción peatonal. Fuente: elaboración propia.

Conectividad

El análisis de la conectividad de las calles donde se ubican las paradas de metro ligero seleccionadas muestra valores claramente diferenciados. La parada de Recogidas (parada No. 16) se encuentra ubicada en una avenida con un valor de conectividad de 61, o lo que es lo mismo, 61 segmentos de calle intersectan la avenida donde se encuentra la parada. No obstante, al tratarse de una avenida de gran longitud solo se recoge la conectividad contenida en el área de cobertura, reduciéndose su valor a 15. Por su parte, la parada de Hípica (No. 18) se sitúa en una calle con un valor de conectividad total de 27, que baja a 19 en el área de cobertura. Por último, la parada Andrés Segovia (No. 19) se encuentra en una calle con conectividad 8 que en el área de cobertura se reduce a un valor de 5.

Esta sencilla medida ofrece una primera valoración de la ubicación de las paradas de metro ligero, según la cual la parada No. 18 posee una mejor ubicación al tener más relaciones a lo largo de su recorrido, seguida de la parada No. 16 y por último la parada No. 19. Esta jerarquización basada en la conectividad permite dilucidar dos efectos sobre la accesibilidad. Por un lado, respecto a la llegada a la parada, explica el grado de concentración de los posibles flujos peatonales hacia el segmento de calle en el que se sitúa la parada. Y por otro, respecto a la salida de la parada, permite que los usuarios tengan un mayor número de opciones entre las cuales elegir para formar su itinerario.

Por último, atendiendo a la presencia de espacios públicos en los segmentos de calle donde se encuentran las paradas en relación con la conectividad, se puede apreciar que tanto en la parada de Recogidas (No. 16) como la de Hípica (No. 18) carecen de espacios públicos vinculados, como sí sucede en el caso de la parada de Andrés Segovia (No. 19) de manera que podría darse un efecto sinérgico de atracción de peatones por los beneficios que caracterizan a un espacio público "verde".

Integración

El análisis de la integración se realiza tanto a escala urbana como a escala local, en este último caso estaría más relacionada con el área de cobertura de la parada. Esta dualidad de escalas tiene su importancia puesto que identifica si la ubicación de las paradas responde tanto a una estrategia de movilidad global, al seleccionar aquellos lugares más integrados en el conjunto de la ciudad, como a aquellas calles más integradas en el ámbito barrial.

Integración global (HH-Rn)

Atendiendo a los valores de integración global es posible apreciar que la parada de Recogidas (No. 16) se encuentra ubicada en el segmento de mayor integración en el conjunto de la ciudad ($HH-Rn = 1,193$), hecho que le caracteriza como eje vertebrador de la misma. Esta condición, a priori, resulta favorable por ejemplo para el establecimiento de actividades comerciales, puesto que va a concentrar mayores flujos peatonales a lo largo de su recorrido, hecho que se ve potenciado por la proximidad

a la intersección con la calle Recogidas con un elevado valor de integración global ($HH-Rn = 1,124$).

Por otra parte, la parada de Hípica (No. 18) está ubicada en un segmento de calle con un valor de integración global menor ($HH-Rn = 1,045$), seguida en último lugar por la parada de Andrés Segovia (No. 20) ($HH-Rn = 0,963$).

Por tanto, teniendo en cuenta la integración global se ven diferencias claras en cuanto a la ubicación de las paradas respecto a los movimientos peatonales a escala global, por lo que en este sentido, la parada de Recogidas se encuentra mejor ubicada para generar una atracción a los peatones que el resto de paradas analizadas.

Integración local (HH-R3)

El análisis de la integración local permite evaluar a una escala más adecuada la cobertura de servicio, es decir, la capacidad de las calles dentro de esa cobertura para albergar los flujos peatonales. En este sentido, la parada de Recogidas (No. 16) se localiza, como sucedía para la integración global, en una avenida que presenta, como muestra el primer histograma, los valores de integración local más elevados ($HH-R3=4,321$), lo que se traduce en que este eje es principal en los movimientos peatonales (figura 5). Además, la calle Recogidas posee también elevados valores de integración local ($HH-R3 = 3,878$) por lo que la parada de metro ligero se encuentra en una localización tal que permite atraer suficientes flujos peatonales que incrementan la accesibilidad peatonal a la parada de metro ligero y consecuentemente potencian su uso.

Por su parte, la parada de Hípica (No. 18) se encuentra en un segmento de calle con elevada integración local ($HH-R3 = 3,513$), sin embargo su valor es menor al de la estación de Recogidas por lo que el flujo peatonal sobre el cual generar una atracción a la parada es menor. A esta circunstancia se le une la presencia de calles paralelas con similares valores de integración lo que resulta en una distribución de los flujos peatonales entre estas calles.

Por último, la parada de Andrés Segovia (No. 19) está localizada en un segmento de calle con un valor de integración local alto ($HH-R3=3,164$) respecto al conjunto de calles que quedan en la cobertura servida. No obstante, este valor de integración local no es el más elevado, como se puede apreciar en el histograma de dicha parada (figura 5), por lo que los mayores flujos peatonales a escala de barrio tendrían lugar a lo largo de calles diferentes a aquella donde se localiza la parada.

Finalmente, con los análisis de integración global y local es posible realizar una correlación entre ambos valores con el fin de conocer el grado de *sinergia* existente entre la escala global y la escala local. Una alta correlación entre integración global y local, se traduce en una mayor sinergia, la cual incrementa el potencial de los segmentos de calle como canalizadores de los flujos peatonales a todas las escalas.

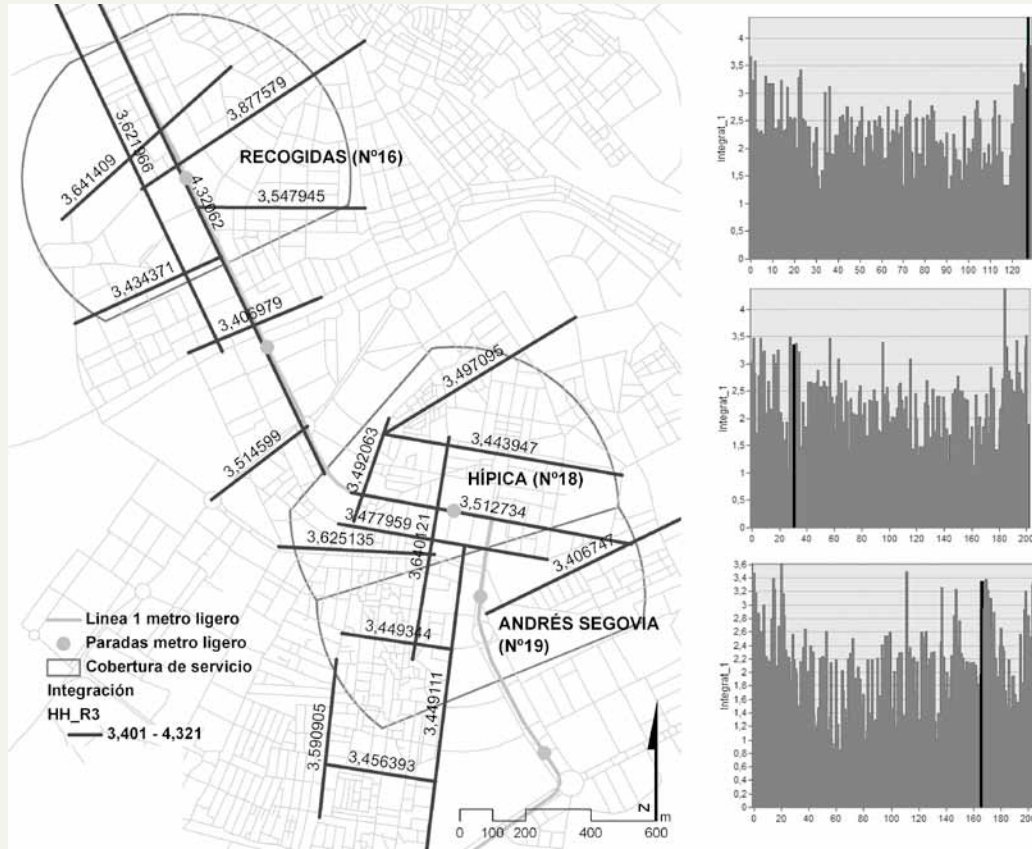


Figura 5. Calles con mayores valores de integración local (HH-R3). Fuente: elaboración propia.

De manera general los segmentos de calle donde se ubican las paradas de metro ligero poseen altos valores de sinergia ($R^2 = 0,984$) respecto al conjunto de segmentos de la ciudad de Granada, en los que el valor de correlación ($R^2 = 0,489$) muestra la baja correlación entre ambas escalas de integración. En esta línea y según muestra el gráfico de correlación (figura 6), el segmento de calle donde se encuentra la estación No. 16 posee el máximo

efecto sinérgico, lo que se traduce en que los potenciales flujos peatonales de largo y corto recorrido transcurren por ese segmento de calle, potenciando así la accesibilidad y captación de población hacia la estación de metro ligero. Por su parte las paradas No. 18 y No. 19 presentan valores de sinergia altos aunque menores a los de la parada de Recogidas (No.16), con ligeras diferencias entre ellos, en lo que respecta a la integración global.

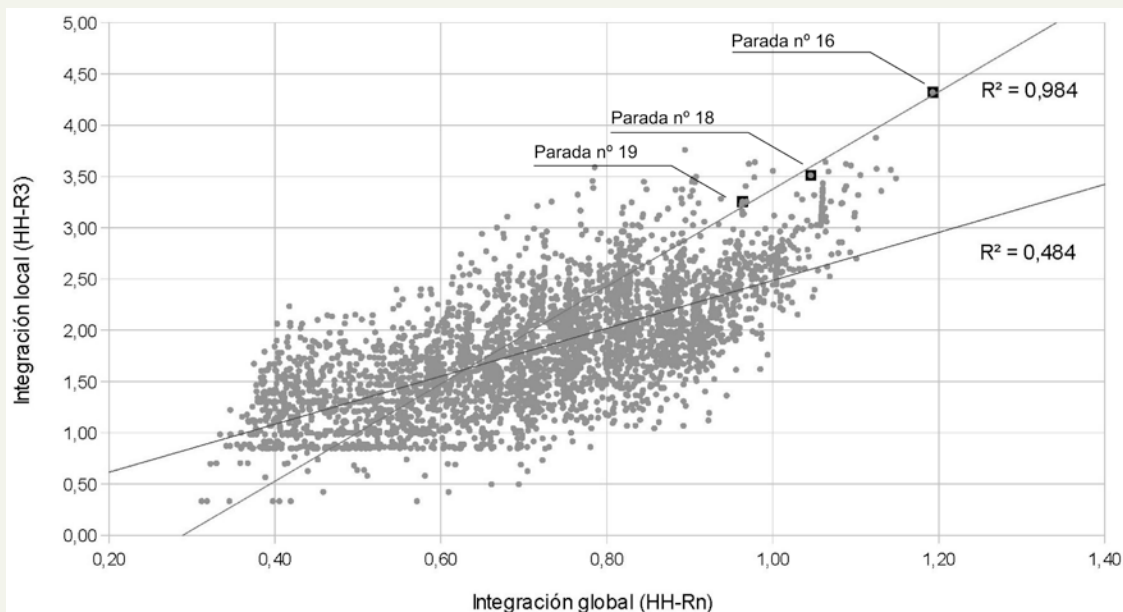


Figura 6. Escatograma de sinergia (integración global y local). Fuente: elaboración propia.

Profundidad visual (VSD)

El último análisis relacionado con la configuración espacial corresponde a la profundidad visual, y para ello se realiza el mapa de visibilidad de las paradas de metro ligero desde todas las calles recogidas en las coberturas de servicio que establece el proyecto de metro ligero. Este análisis tiene como finalidad conocer el grado de relación visual directa entre las calles que abarcan la cobertura de la parada y la propia parada. El grado en que se produce esta relación da lugar a una mayor o menor atracción a la parada y, en consecuencia, se produce una mayor o menor accesibilidad, en este caso visual, aunque con una clara repercusión en la accesibilidad en sí.

Al analizar comparativamente la profundidad visual de los tres ámbitos de cobertura se puede observar que el ámbito de la parada de Recogidas (No. 16) posee una mayor superficie de calles (mayor al 90%) en un número de pasos visuales igual o inferior a 3. No obstante, en lo que respecta a la superficie que se encuentra en los dos primeros pasos visuales, la parada No. 16 posee un 40% de la superficie, seguido de la parada de Hípica (No. 18) con un valor próximo al anterior. Finalmente la superficie de la parada No. 19 presenta un dato notablemente superior de superficie (52%) a una profundidad visual de 1 o 2 pasos. Por tanto, la parada de Andrés Segovia (No. 19) posee una mejor ubicación que las otras dos paradas, al ejercer una mayor atracción visual a la parada de metro ligero y fomentando así su accesibilidad peatonal.

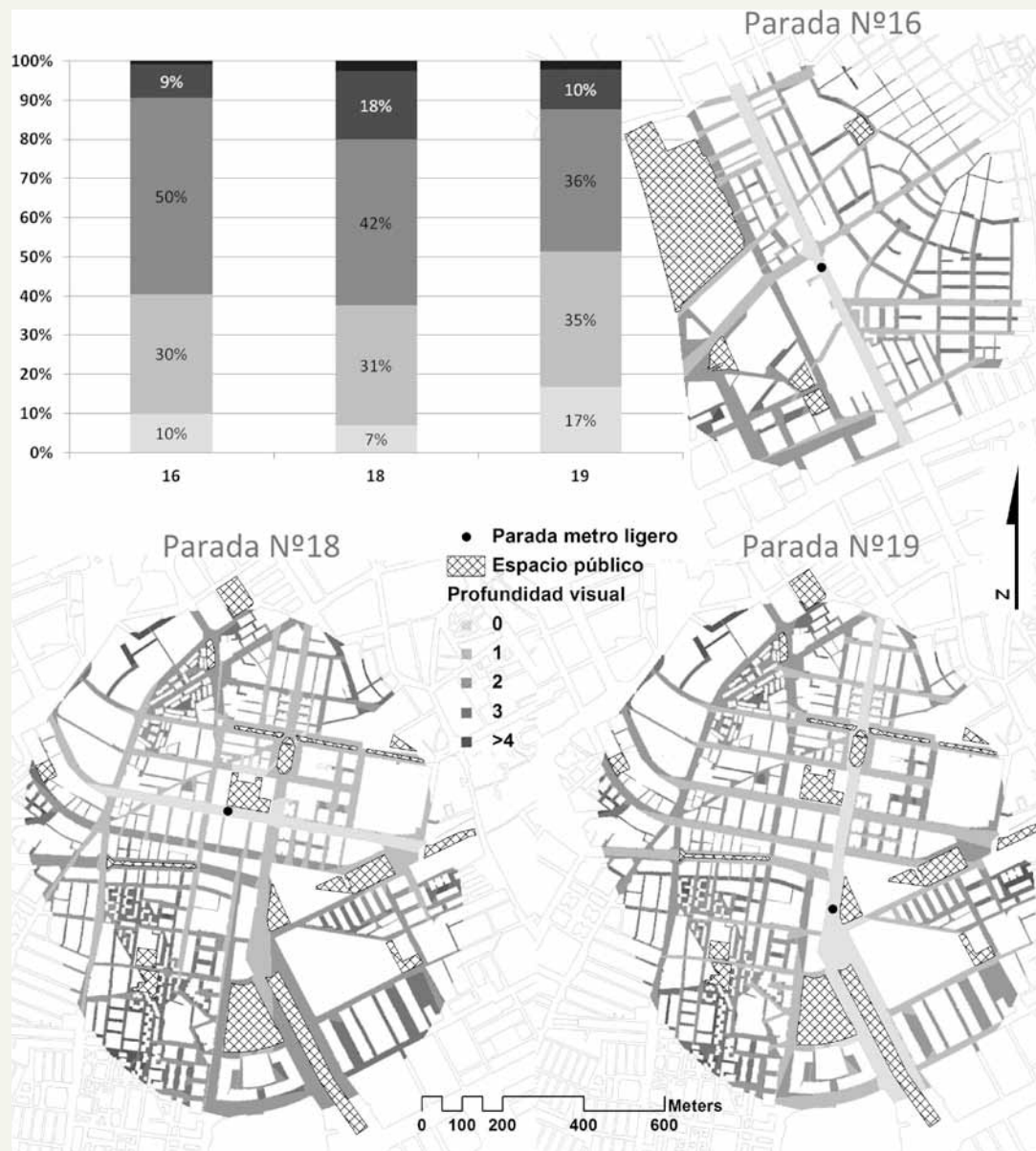


Figura 7. Análisis de la profundidad visual (VSD) a las paradas de metro ligero. Fuente: elaboración propia.

Discusión. Medidas de integración para mejorar la accesibilidad peatonal

Para una mejor integración de los proyectos de transporte público en ciudades y áreas metropolitanas, deben considerarse factores que vayan más allá de las tradicionales variables espacio-temporal. Uno de ellos es la integración espacial, que permite optimizar la ubicación de las paradas de transporte público conforme a la población y a su accesibilidad a éstas, promoviendo así el uso de estos modos de transporte. La mejora de los análisis de cobertura de servicio con la incorporación de este factor evitaría sobreestimaciones en la población servida y generaría una mayor atracción a las paradas de transporte público.

En el caso del proyecto de la línea 1 de metro ligero de Granada es posible evidenciar situaciones en las que el análisis de la población servida que se efectúa en el proyecto de metro ligero está basado en una cobertura buffer, mediante la cual se interpreta que toda la población que está en esa área puede acceder a la parada de metro ligero y, por tanto, queda servida por el modo de transporte.

Sin embargo, este tipo de análisis de la cobertura de servicio de las paradas contiene una sobreestimación al considerar un método de medición basado en las distancias de forma euclídea respecto a la parada, en lugar de una distancia más ajustada a la realidad como la que puede proporcionar el análisis de redes y la propia configuración espacial de la ciudad. Las diferencias en las medidas en el análisis de la cobertura de servicio suponen para el objeto de estudio una sobreestimación de un 30%, variando este valor en función de la estructura de calles en el que se implante la parada.

Por otra parte, también se produce una sobreestimación independientemente del método de medida utilizado cuando la distancia entre paradas es inferior al doble de la distancia de cobertura de las paradas. Este hecho puede suponer, además de una sobreestimación de la población servida, una disminución de la eficiencia del servicio por la disminución de la velocidad punta entre paradas contiguas.

En cualquier caso, la cobertura de servicio no garantiza que la población en esa zona acceda a la parada de metro ligero, por lo que es necesario analizar las condiciones urbanas que fomentan la atracción a la parada como las referentes a la configuración espacial.

En este sentido, y desde una visión global de las tres paradas analizadas, la parada de metro ligero de Recogidas (No. 16) posee una óptima localización para dar servicio y generar atracción. No obstante, esta localización podría ser mejorada si se ligase a un espacio público como es el caso del parque García Lorca, que se encuentra próximo. Una vinculación por medio del diseño urbano (recorrido peatonal, mobiliario urbano, arbolado, etc.) podría por una parte incrementar la accesibilidad peatonal a la parada de metro ligero e incrementar la calidad ambiental urbana en la zona.

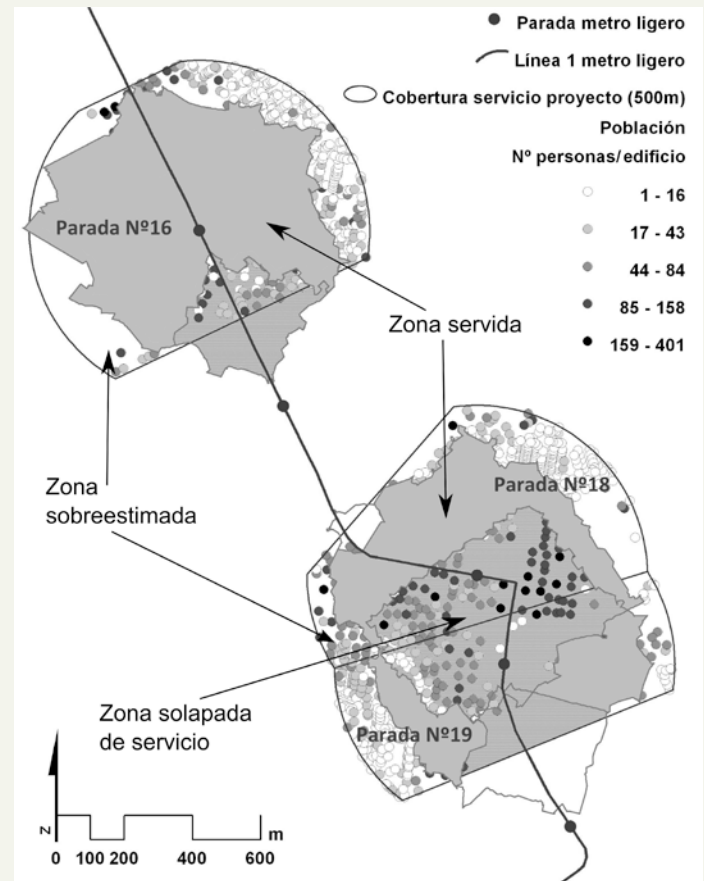


Figura 8. Comparación entre coberturas de servicio y su repercusión en la población servida. **Fuente:** elaboración propia.

Las paradas de Hípica y Andrés Segovia (No. 18 y 19 respectivamente) tienen una ubicación cuestionable según los análisis efectuados. En el caso de la parada No. 18, los valores de integración global y local determinan que se encuentra en una ubicación óptima para atraer a los flujos peatonales. Sin embargo, la parada de metro ligero No. 19 no se encuentra ubicada en un segmento de máxima integración local, por lo que los flujos peatonales discurrirán por otras calles, disminuyendo así la atracción peatonal ejercida por esta parada.

De igual forma, los mapas de visibilidad para ambas paradas (figura 9) muestran que en la zona de solapamiento de las coberturas propuestas por el proyecto, las paradas de metro ligero de Hípica (No. 18) y Andrés Segovia (No. 19) poseen diferencias sustanciales en la generación de atracción visual. La parada de Hípica es más visible para las manzanas con mayor densidad de población (puntos con tonalidades más oscuras) que la propia parada de Andrés Segovia (No. 19). Así, pues, la población servida por la parada de Andrés Segovia sería menor a la considerada en el proyecto en favor de la parada de Hípica cuya población servida aumentaría por una mejor localización y atracción a la parada.

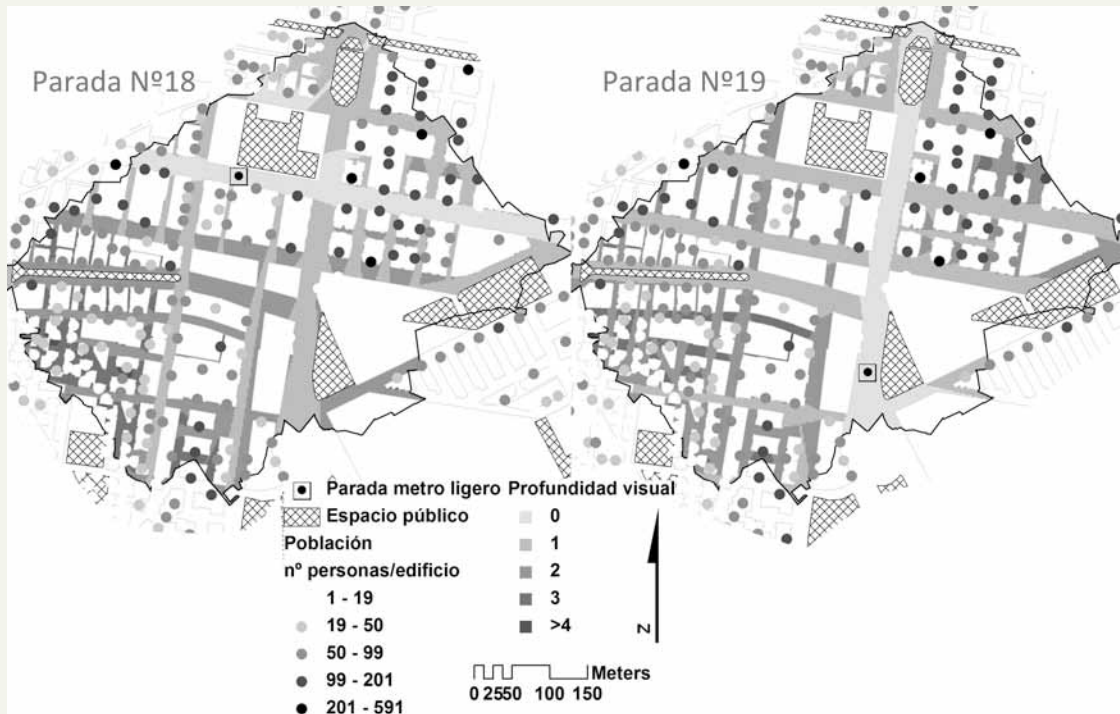


Figura 9. Comparativa de valores de profundidad visual en la zona de solape entre coberturas de estaciones 18 y 19. Fuente: elaboración propia.

Finalmente, analizadas las coberturas de servicio y atracción de las paradas en relación con la accesibilidad peatonal, se pone en cuestión la ubicación y existencia de la parada de Andrés Segovia (No. 19) ya que su cobertura de servicio posee gran superficie coincidente con las coberturas de servicio aledañas, que ejercen además una mayor atracción sobre las manzanas con mayor densidad que la que ejerce la propia parada de Andrés Segovia.

Conclusiones

El análisis de la configuración espacial mediante sintaxis espacial (Space Syntax), como medio para evaluar la generación de atracción peatonal de las paradas de metro ligero, sugiere que la planificación de las paradas puede ser mejorada si se considera la integración de las calles en las que se ubican y/o la visibilidad que pueden generar.

Asimismo, los análisis de estas medidas muestran que el solapamiento en la cobertura de servicio de las paradas planeadas en el proyecto, no está justificado en la captación de población, ya que paradas aledañas generarían más atracción

sobre la población que la propia parada de metro a la cual se ha asignado, lo que pone en cuestión la conveniencia de su ubicación.

Por otra parte, el análisis de la profundidad visual junto con los elementos presentes en la cobertura de servicio evidencia el hecho significativo que supone la presencia de varios espacios públicos alrededor de la parada que, además de los beneficios ambientales que aportan estos espacios públicos, permiten fortalecer la atracción de las paradas de metro ligero y fomentar su accesibilidad peatonal. En este sentido, la vinculación de las paradas de transporte público a los espacios públicos da lugar a fuertes sinergias, tanto en lo relacionado con accesibilidad peatonal a la parada de metro ligero como en lo ambiental, lo que da lugar a un incremento de la calidad urbana.

En definitiva, este trabajo, cuyo núcleo reside en la configuración espacial como factor determinante en la atracción y accesibilidad peatonal, supone diferencias conceptuales, metodológicas y operativas en la planificación de la localización de paradas de transporte público respecto a las consideraciones tradicionales. En este sentido el método expuesto supone un nuevo planteamiento con el cual progresar en la mejora de la movilidad y su integración urbana. 10

Bibliografía

- ALFONZO, M. A. (2005). "To Walk or Not to Walk? The Hierarchy of Walking Needs". In: *Environment and Behavior*, 37 (6), 808-836.
- BABALIK-SUTCLIFFE, E. (2002). "Urban Rail Systems: Analysis of the Factors behind Success". In: *Transport Reviews*, 22, 415-447.
- BANISTER, D. (2005). *Unsustainable Transport: City Transport in the New Century*. Abingdon: Routledge.
- BANISTER, D. (2008). "The Sustainable Mobility Paradigm" [electronic version]. In: *Transport Policy*, 15, 73-80.
- BORST, H. C., DE VRIES, S. I., GRAHAM, J. M. A., VAN DONGEN, J. E. F., BAKKER, I. & MIEDEMA, H. M. E. (2009). "Influence of Environmental Street Characteristics on Walking Route Choice of Elderly People". In: *Journal of Environmental Psychology*, 29(4), 477-484.
- DUPUY, G. (1999). *La Dépendance Automobile: Symptômes, Analyses, Diagnostic, Traitements*. Paris: Anthropos.
- ENGWICHT, D. (1993). *Reclaiming Our Cities and Towns: Better Living with Less Traffic*. Gabriola Island: New Society Publishers, Limited.
- ESTUPIÑÁN, N. & RODRÍGUEZ, D. A. (2008). The Relationship between Urban Form and Station Boardings for Bogotá's BRT. In: *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42 (2), 296-306.
- GEHL, J. (1971). *Life between Buildings: Using Public Space*. Copenhagen: Danish Architectural Press.
- GEURS, K. T., BOON, W. & VAN WEE, B. (2008). "Social Impacts of Transport: Literature Review and the State of the Practice of Transport Appraisal in the Netherlands and the United Kingdom". In: *Transport Reviews*, 29 (1), 69-90.
- GUTIÉRREZ, J. & GARCÍA-PALOMARES, J. C. (2008). "Distance-Measure Impacts on the Calculation of Transport Service Areas Using GIS". In: *Environment and Planning B: Planning and Design*, 35 (3), 480-503.
- HANDY, S. L. & NIEMEIER, D. A. (1997). "Measuring Accessibility: an Exploration of Issues and Alternatives". In: *Environment and Planning A*, 29 (7), 1175-1194.
- HANSEN, W. G. (1959). "How Accessibility Shapes Land Use". In: *Journal of the American Institute of Planners*, 25 (2), 73-76.
- HASS-KLAU, C. & CRAMPTON, G. (2002). *Future of Urban Transport. Learning from Success and Weakness: Light Rail*. Brighton: Environmental and Transport Planning.
- HASS-KLAU, C., CRAMPTON, G., BIERETH, C. & CEUTSCH, V. (2003). *Bus or Light Rail: Making the Right Choice. A Financial, Operational and Demand Comparison of Light Rail, Guided Buses, Busways and Bus Lanes*. (Second ed.) Brighton: Environmental and Transport Planning.
- HILLIER, B. & HANSON, J. (1984). *The Social Logic of Space*. 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. In: *Environment and Planning B: Planning and Design*, 20 (1), 29-66.
- JACOBS, A. B. (1996). *Grandes calles*. Santander, España: Universidad de Cantabria.
- LITMAN, T. (2003). "Economic Value of Walkability". In: *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1828 (1), 3-11.
- LOTFI, S. & KOOHSARI, M. (2009). "Analyzing Accessibility Dimension of Urban Quality of Life: Where Urban Designers Face Duality Between Subjective and Objective Reading of Place". In: *Social Indicators Research*, 94 (3), 417-435.
- LYNCH, K. (1981). *La imagen de la ciudad*. Barcelona: Gustavo Gili.
- MAY, A. D., KELLY, C. & SHEPHERD, S. (2006). "The Principles of Integration in Urban Transport Strategies". In: *Transport Policy*, 13, 319-327.
- MURRAY, A. T., DAVIS, R., STIMSON, R. J. & FERREIRA, L. (1998). "Public Transport Accessibility". In: *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 3 (5), 319-328.
- NEWMAN, P. & KENWORTHY, J. (1999). *Sustainability and Cities. Overcoming Automobile Dependence*. Washington: Island Press.
- OLSZEWSKI, P. & WIBOWO, S. (2005). "Using Equivalent Walking Distance to Assess Pedestrian Accessibility to Transit Stations in Singapore". In: *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1927 (-1), 38-45.
- PENN, A., HILLIER, B., BANISTER, D. & XU, J. (1998). Configurational Modelling Of Urban Movement Networks. In: *Environment and Planning B*, 25.
- PETERS, P. (1981). *La ciudad peatonal*. Barcelona: Gustavo Gili.
- POZUETA, J., LAMÍQUIZ, F. J. & PORTO, M. (2009). *La ciudad paseable. Recomendaciones para la consolidación de los peatones en el planeamiento, el diseño urbano y la arquitectura*. Madrid: Cedex.
- RODRÍGUEZ, D. A., BRISSON, E. M. & ESTUPIÑÁN, N. (2009). "The Relationship between Segment-Level Built Environment Attributes and Pedestrian Activity around Bogotá's BRT Stations". In: *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14 (7), 470-478.
- RODRÍGUEZ, D. A. & TARGA, F. (2004). "Value of Accessibility to Bogotá's Bus Rapid Transit System". In: *Transport Reviews*, 24 (5), 587-610.
- TALEN, E. (2002). "Pedestrian Access as a Measure of Urban Quality". In: *Planning Practice & Research*, 17 (3), 257-278.
- TRAVISI, C. M., CAMAGNI, R. & NIJKAMP, P. (2006). *Analysis of Environmental Costs of Mobility Due to Urban Sprawl: a Modelling Study on Italian Cities*. Rotterdam: Tinbergen Institute.
- VALENZUELA MONTES, L. M., SORIA LARA, J. A. & TALAVERA GARCÍA, R. (2011). "Hacia la integración de los planes y proyectos andaluces de movilidad metropolitana" [versión electrónica]. En: *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, XV from. En: <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-349.htm>.
- VAUGHAN, L. (2007). "The Spatial Syntax of Urban Segregation". *Progress in Planning*, 67 (3), 205-294.
- VENTURI, R., BROWN, D. S. & IZENOUR, S. (1977). *Learning from Las Vegas: the Forgotten Symbolism of Architectural Form* (revised edition) Cambridge: MIT Press.
- VUCHIC, V. R. (2005). *Urban Transit: Operations, Planning, and Economics*. New Jersey: John Wiley & Sons.

