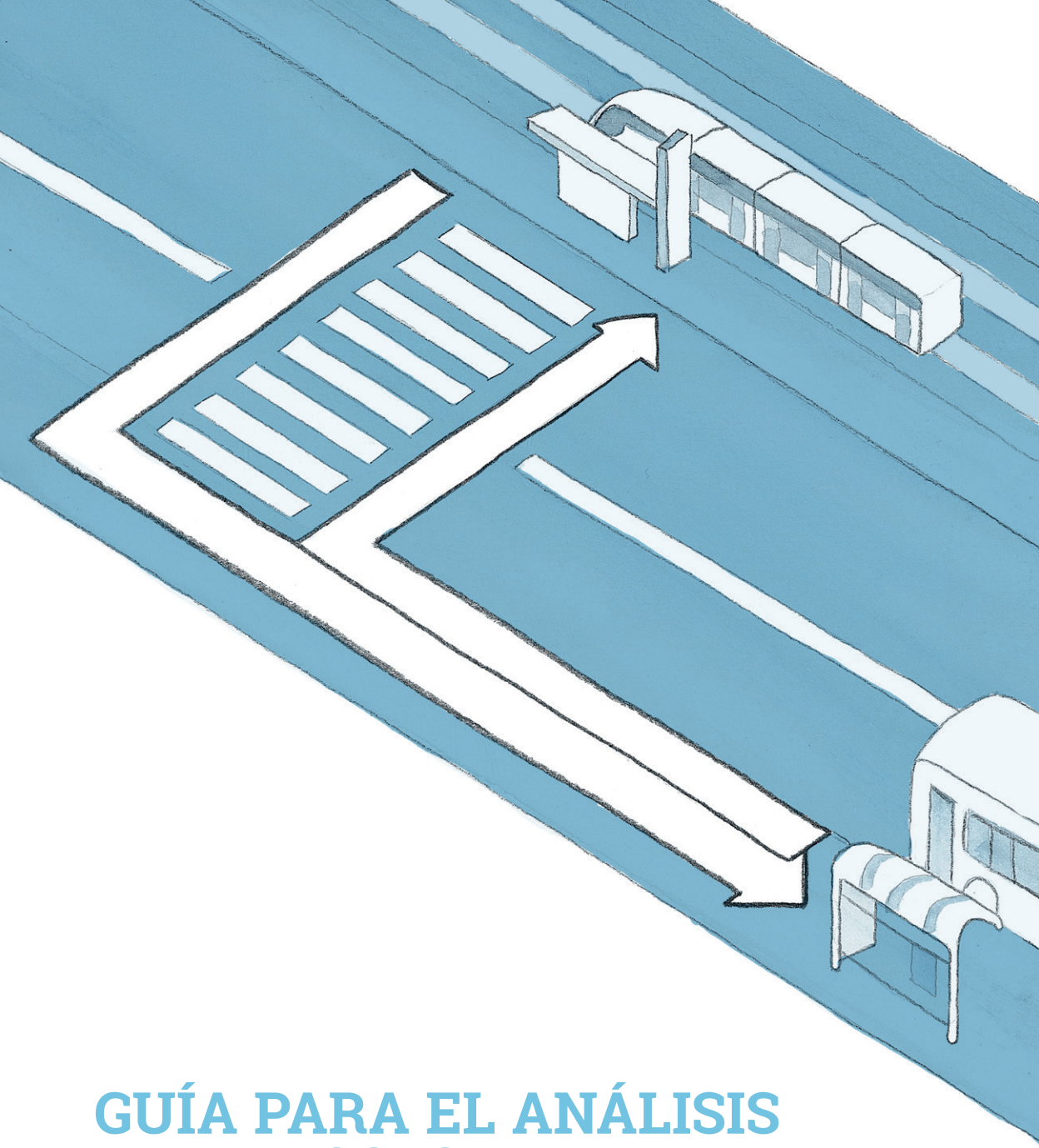


GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA ACCESIBILIDAD ESPACIAL DEL TRANSPORTE PÚBLICO

ENFOQUE DESDE LOS SISTEMAS DE METRO LIGERO.

PROYECTO DE EXCELENCIA, P09-RNM-5394 (2010 – 2014):

“GUÍA METODOLÓGICA PARA LA INTEGRACIÓN METROPOLITANA SOSTENIBLE DE LOS SISTEMAS DE METRO LIGERO, **INTEGRA-ME**”

Laboratorio de Planificación Ambiental (LabPlam)

JULIO 2014

La presente guía ha sido realizada bajo la financiación de la Junta de Andalucía y fondos FEDER para el Proyecto de Excelencia (P09-RNM-5394): "Guías metodológicas para la integración metropolitana de los sistemas de metro ligero (INTEGRA-ME)"
Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.
Diseño y maquetación: Mª Adela Tejero.
Ilustraciones: José Luis Tejero.

© Laboratorio de planificación ambiental. LABPLAM.
Talavera, R. y **Valenzuela, L.M.** (2014): *"Guía para el análisis de la accesibilidad espacial del transporte público: enfoque desde los sistemas de metro ligero"*.
Proyecto INTEGRAME. Laboratorio de Planificación Ambiental. Granada.

ISBN: 978-84-697-0614-5

Impreso en España - *Printed in Spain*

GUÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA ACCESIBILIDAD ESPACIAL DEL TRANSPORTE PÚBLICO: ENFOQUE DESDE LOS SISTEMAS DE METRO LIGERO.

Autores
Talavera García, Rubén
Valenzuela Montes, Luis Miguel

GRUPOS PARTICIPANTES

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA, HISTORIA Y FILOSOFÍA. UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE:
Feria Toribio, José María
Oliveira Neves, Gwendoline
Vahi Serrano, Amalia
Hurtado Rodríguez, Claudia
(Apoyo técnico a la investigación)

CÁTEDRA DE GESTIÓN DEL TRANSPORTE. UNIVERSIDAD DE MÁLAGA:
Maeso González, Elvira
González Sánchez, Guadalupe

SUPERVISIÓN TÉCNICA

Caba Martín, José Luis
Romo, Robert
Lorente Rodríguez, Paula
Coiffet, Romain

COLABORACIÓN (REVISIÓN DE LAS GUÍAS)

Navazo Lafuente, Màrius
(GEA 21)
Gutierrez Puebla, Javier
(Universidad Complutense de Madrid)
Marmolejo Duarte, Carlos
(Universitat Politècnica de Catalunya)
Figueroa Monsalve, Óscar
(Pontificia Universidad Católica de Chile)

COORDINACIÓN CIENTÍFICA

LABORATORIO DE PLANIFICACIÓN AMBIENTAL (LABPLAM). UNIVERSIDAD DE GRANADA:
Valenzuela Montes, Luis Miguel
(Coordinador Científico de INTEGRAME)
Soria Lara, Julio Alberto
Talavera García, Rubén
Gálvez Salinas, José Alfonso
Navarro Ligero, Miguel Lorenzo

ÍNDICE

0. INTRODUCCIÓN 17

0.1. ¿Qué es la evaluación de la accesibilidad y por qué es necesaria? 20

0.2. ¿Para qué es esta guía? 21

0.3. Alcance y estructura de la guía 22

0.4. Principales fases recomendadas para la evaluación de la accesibilidad 24

0.4.1. Fase 1: Evaluación estratégica 24

0.4.2. Fase 2: Evaluación local 24

0.4.3. FASE 3: Evaluación de Alternativas / opciones 25

0.4.4. Fase 4: Monitorización y balance 26

1. ACCESIBILIDAD: ALCANCE CONCEPTUAL FRENTE A OTROS TÉRMINOS 29

1.1. Tráfico. 32

1.2. Movilidad. 34

1.3. Accesibilidad. 38

2. FACTORES QUE AFECTAN A LA ACCESIBILIDAD 43

3. MODELOS, MÉTODOS Y MEDIDAS PARA EL ANÁLISIS DE LA ACCESIBILIDAD ESPACIAL 51

3.1. Análisis de la accesibilidad espacial basado en medidas de localización 54

3.1.1. Medidas de cobertura o contorno: 55

3.1.2. Medidas de gravitación: 55

3.2. Análisis de la accesibilidad espacial basado en indicadores de separación 56

3.2.1. Distancia mínima: 56

3.2.2. Tiempo mínimo de viaje: 57

3.3. Análisis de la accesibilidad espacial basado en redes 57

3.3.1. Sintaxis espacial: 58

3.3.2. Análisis nodal: 60

3.4. Herramientas innovadoras en el análisis de la accesibilidad 66

4. APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE LA ACCESIBILIDAD ESPACIAL 69

4.1. El sistema de transporte público de partida 72

4.1.1. Diseño de la red intermodal 73
4.1.2. Verificación de la accesibilidad de partida. 80
4.1.3. Áreas servidas y no servidas. 81
4.1.4. Eficiencia espacial del servicio. 87
4.2. ¿A dónde? Accesibilidad a centralidades /oportunidades. 96
4.2.1. Oportunidades de empleo 98
4.2.2. Centralidades 99
4.2.3. Objetivo: 102
4.2.3. Requisitos necesarios: 102
4.2.4. Modelos y medidas: 102
4.2.5. Ejemplos: 108
4.3. ¿Para quién? Población servida y equidad del acceso. 110
4.3.1. Densidad de población. 111
4.3.2. Población dependiente. 114
4.3.3. Integración social. 117
4.4. ¿Desde dónde? La parada y su entorno. 119
4.4.1. Nivel de servicio peatonal 121
4.4.2. Características de la parada según ubicación 135
4.4.3. El diseño urbano en el entorno de parada 145
5. EVALUACIÓN Y MONITORIZACIÓN DE LA ACCESIBILIDAD 155
5.1. Evaluación comparada de escenarios 158
5.1.1. Jerarquía de las paradas. 159
5.2. Tiempo de viaje 160
5.3. Monotorización mediante indicadores 162
6. ESTRATEGIAS PARA LA MEJORA DE LA ACCESIBLIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS 165
6.1. Cuestiones a tener en cuenta 168
6.2. planificación integral del transporte 168
6.3. Políticas de gestión de la movilidad y reformas institucionales 170
6.4. Ejemplos 171
6.4.1. Accesibilidad A puestos de trabajo. 171
6.4.2. Conexión con campus de innovación o parques tecnológicos. 172
6.4.3. ejemplos de diseño urbano ligados a la Accesibilidad. 173
7. GLOSARIO 177
8. BIBLIOGRAFÍA 183
9. ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS 191
10. APÉNDICE 201

0
INTRODUCCIÓN

El propósito de la Guía de Accesibilidad es ofrecer un documento técnico, basado en buenas prácticas, que de soporte y permita integrar los proyectos de transporte público de una forma consistente, equitativa y eficiente, siendo además atractiva para los usuarios.

El interés de la accesibilidad como criterio de evaluación a considerar a la hora de implementar propuestas de transporte público, como las vinculadas a nuevos sistemas de metro ligero, reside en el carácter esencial del "tiempo de viaje" como factor que induce una serie de mejoras y transformaciones concatenadas: cambios en los itinerarios, intermodalidad, nuevas centralidades, transferencia modal, etc.

Desde esta perspectiva es muy importante, entre otros aspectos, el posicionamiento de las paradas respecto a los distritos (accesibilidad metropolitana) o a su entorno viario más cercano (accesibilidad peatonal), puede determinar la capacidad del modo de transporte para absorber desplazamientos eficientes en congruencias con las demandas de movilidad de la población.

0.1. ¿QUÉ ES LA EVALUACIÓN DE LA ACCESIBILIDAD Y POR QUÉ ES NECESARIA?

La planificación urbana orientada a incrementar la dotación de accesibilidad, supone un enfoque preocupado por integrar transporte y usos del suelo con todas las consecuencias sociales, económicas y ambientales que ello implica. La accesibilidad frente a la movilidad es una apuesta por atender la demanda de transporte público como una necesidad que no sólo tiene que ver con aumentar la oferta de redes y sistemas sino sobre todo con la configuración espacial de la ciudad dónde se desplazan los ciudadanos por diversos motivos de viaje.

La accesibilidad urbana en transporte público es un parámetro de calidad de la ciudad y del nivel de integración entre espacio público, usos del suelo, y oferta de transportes. La consecuencia de ello es priorizar la accesibilidad frente a la movilidad a la hora de gestionar la demanda de transporte.

Por tanto, la evaluación de la accesibilidad atiende a la necesidad de vincular la planificación del transporte con la planificación de los usos del suelo, teniendo en cuenta los criterios de eficiencia de los sistemas de transporte y la equidad espacial en el acceso a los servicios y centralidades urbanos.

0.2. ¿PARA QUÉ ES ESTA GUÍA?

La consideración de la accesibilidad en la planificación de los sistemas de transporte público tiene la potencial utilidad de contribuir a:

- La mejora de la cohesión metropolitana, en la medida en que globalmente los distritos urbanos o secciones censales mejoren su conexión con el resto, fomentando la integración metropolitana de aquellas zonas menos dotadas de accesibilidad en transportes público en la situación previa al proyecto (análisis ex-ante).

- Incrementar las oportunidades de acceso (equidad) de diferentes grupos socio-demográficos a las centralidades urbanas y metropolitanas, ya sean sanitarias, comerciales, educativas, recreativas o de trabajo.

- Potenciar la eficiencia del sistema de transporte público en cuanto a la facilidad de los intercambios modales y la subsecuente reducción del tiempo de acceso a las centralidades urbanas y metropolitanas.

Beneficios que se atribuyen al transporte público y en especial al sistema de metro ligero en relación con la accesibilidad:

- Equidad: igualdad de oportunidades en el acceso a puestos de trabajo, espacios públicos o servicios.
- Articulación: capacidad de absorber incrementos puntuales de la demanda de accesibilidad.
- Accesible: cobertura de parada, integración, profundidad visual
- Intermodal: Indicadores de estación/parada
- Activador del comercio: oportunidades cubiertas, tiempo acumulado.
- Continuidad entre el espacio modal (paradas, trazado…) y el espacio público urbano.

0.3. ALCANCE Y ESTRUCTURA DE LA GUÍA

La presente guía NO tiene como objetivo final ser un manual de usuario para que pueda ser aplicado punto por punto en los procesos de planificación, evaluación y monitorización de los sistemas de metro ligero. En este contexto, el contenido de ésta guía pretende dar una visión general de la accesibilidad como concepto fundamental para evaluar la integración de estos sistemas de transporte público a través de instrumentos y técnicas.

Respecto a la estructura del documento, en primer lugar se lleva a cabo una contextualización de la guía *–epígrafe 0–*, poniendo de relieve la importancia de la accesibilidad, su utilidad, y las principales fases de que se compone la evaluación de la accesibilidad *–epígrafe 0.4–*.

Una vez contextualizada la temática de la guía se profundiza sobre el concepto de la accesibilidad y cómo difiere respecto a otros conceptos que habitualmente son usados cuando se evalúan los sistemas de transporte *–epígrafe 1–*. Esta disposición de epígrafes en la que los conceptos se encuentran posteriores a las fases de la evaluación de la accesibilidad no es casual dado que las definiciones de los diferentes términos se lleva a cabo a una escala de mayor detalle, considerando diversos matices entre los diferentes conceptos expuestos.

Por su parte, el epígrafe 2 continua profundizando sobre el concepto de la accesibilidad y cómo ésta se ve influenciada por diferentes aspectos. En este sentido la configuración de estos aspectos determina como se diversifica el sistema de transporte, tanto privado como público, y dentro de este último su en motorizados y no motorizados.

El epígrafe referente a los modelos, métodos y medidas para el análisis de la accesibilidad espacial *–epígrafe 3–* trata de dar al usuario de esta guía una visión global de todos los tipos de medias que son frecuentemente manejadas para el análisis de la accesibilidad espacial, de tal modo que pueda conocer su funcionamiento sin necesidad de tener buscar en el contenido de la guía. No obstante, es preciso puntualizar que existe una gran variedad de métodos, enfoques (p.ej.: el económico, la accesibilidad universal, la accesibilidad personal, etc.) y medidas que están en constante desarrollo y que no quedan recogidos en el documento ya que van más allá del propósito de esta guía.

Hasta este punto, los epígrafes anteriores *–epígrafes del 0 al 3–* permiten tener una idea global de la accesibilidad espacial y las herramientas que en mayor medida son utilizadas, para a partir de ahí pasar a desarrollar en los siguientes epígrafes el núcleo central de la guía: el análisis de la accesibilidad *–epígrafe 4–* y su evaluación *–epígrafe 5–*. El epígrafe 4 abarca el análisis de la accesibilidad espacial desde cuatro cuestiones básicas a las cuales se trata de dar respuesta,

- ¿Qué nivel de accesibilidad espacial proporciona el sistema de transporte público existente? *–epígrafe 4.1.–*
- ¿Cómo cubrir la demanda espacial de accesibilidad a diferentes lugares? *–epígrafe 4.2.–*
- ¿Cómo mejorar la accesibilidad según los grupos de población? *–epígrafe 4.3.–*
- ¿Cómo potenciar la accesibilidad espacial en el entorno de una parada? *–epígrafe 4.4.–*

Analizada la accesibilidad, el epígrafe 5 abarca la monitorización y evaluación comparada de la accesibilidad entre el escenario previo del sistema de transporte público y el escenario de la propuesta de metro ligero.

Una vez expuesto el análisis y evaluación de la accesibilidad espacial, se realiza una visión general de las estrategias más comunes para la mejora de la accesibilidad espacial, así como se muestran algunos ejemplos de buenas prácticas *–epígrafe 6–*.

Para concluir, la guía recoge en un glosario una serie de términos utilizados o cuyos matices deben ser tenidos en cuenta *–epígrafe 7–,*

y un listado de referencias –*epígrafe 8*–, para que los usuarios puedan ampliar información sobre casos o herramientas que se muestran a lo largo de la guía.

0.4. PRINCIPALES FASES RECOMENDADAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA ACCESIBILIDAD

La evaluación de la accesibilidad puede estructurarse en cuatro fases, que se muestran a continuación –*Figura 1*–. Del total de fases expuestas, esta guía únicamente recoge la evaluación de la accesibilidad espacial en las fases 2 a 4. En este sentido es preciso hacer especial énfasis en que las fases presentadas son de carácter extenso, más allá de la mera evaluación espacial y por tanto no están recogidas en su totalidad en la presente guía.

► 0.4.1. FASE 1: EVALUACIÓN ESTRATÉGICA

La fase de evaluación estratégica tiene por objetivo dar unas pautas a escala regional sobre los usos y/o población prioritarios a la hora de evaluar y mejorar la accesibilidad. Igualmente en esta etapa se debe decidir de forma adecuada la financiación que debe destinarse, en función de las necesidades, a los distintos proyectos, programas y políticas.

► 0.4.2. FASE 2: EVALUACIÓN LOCAL

Esta segunda fase, de evaluación local de la accesibilidad, tiene como finalidad concretar la evaluación estratégica, detallando las pautas concernientes a los usos y los colectivos de población prioritaria.

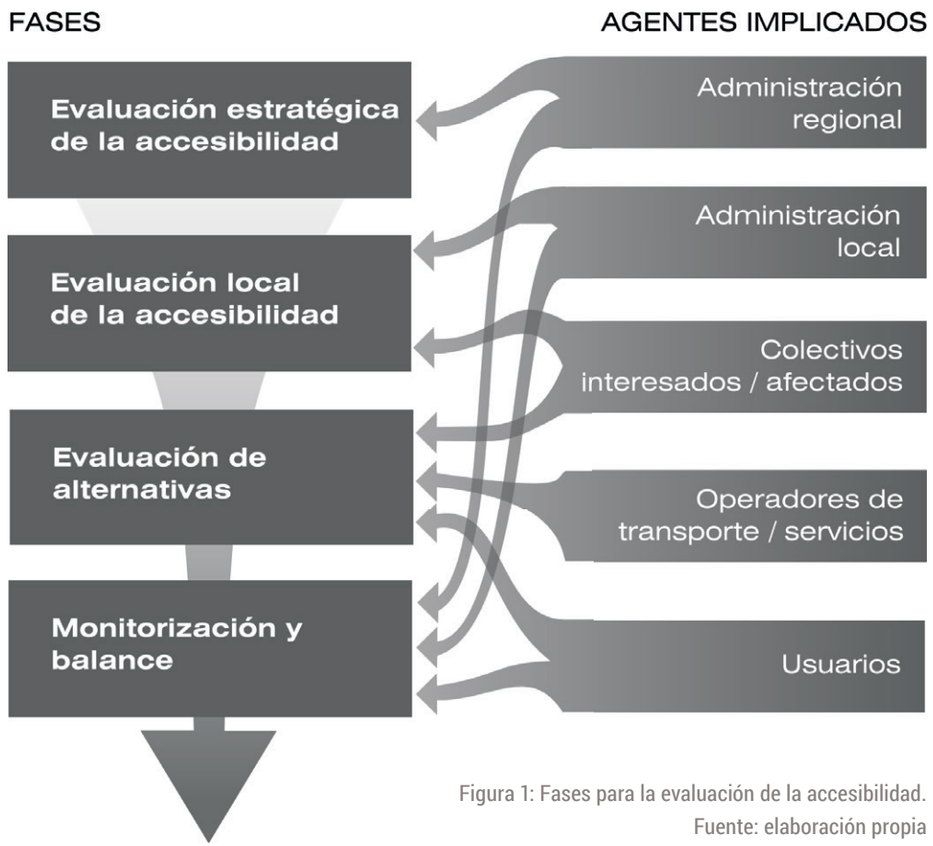


Figura 1: Fases para la evaluación de la accesibilidad.
Fuente: elaboración propia

Así mismo, en esta fase se debe establecer el modo en que se desarrollará las iniciativas para la mejora de la accesibilidad, teniendo en cuenta su adecuación, sostenibilidad y la relación coste-beneficio.

► 0.4.3. FASE 3: EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS / OPCIONES

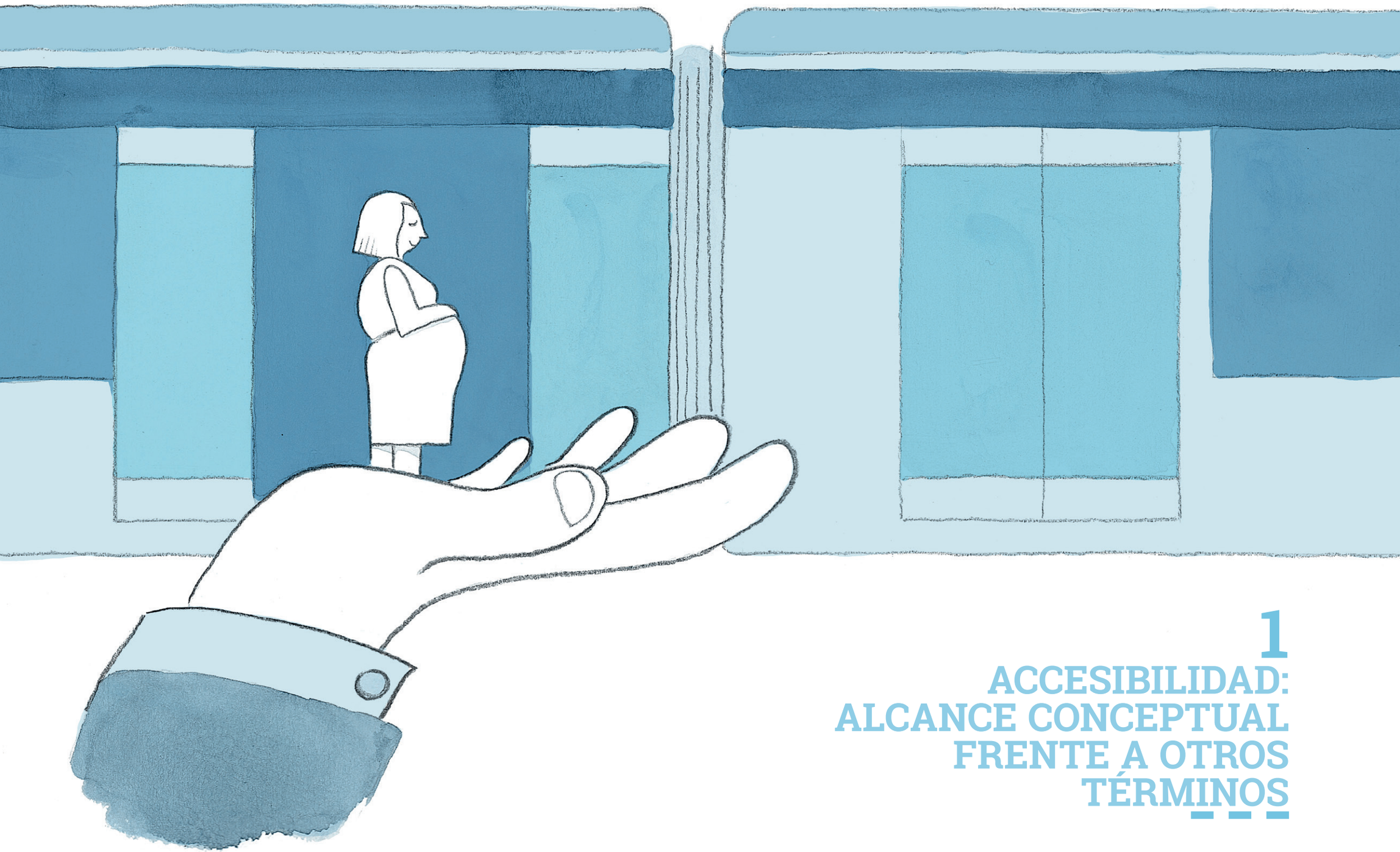
La fase de evaluación de alternativas u opciones tiene por objetivo identificar las acciones locales más prioritarias, beneficiosas y efectivas respecto a las estrategias de accesibilidad definidas en fases an-

teriores, considerando el contexto local, los usos del suelo, los actores implicados y los modos de transporte que van a estar implicados en el proceso.

► 0.4.4. FASE 4: MONITORIZACIÓN Y BALANCE

La última fase corresponde a la etapa de monitorización y balance de las medidas que se han llevado a cabo, así como la evaluación de su contribución a la mejora de la accesibilidad.

Una vez descritas de manera general las diferentes fases de las que se compone la evaluación de la accesibilidad, cabe destacar que el grueso en la implicación en las dos primeras fases y la última correspondería a las administraciones (tanto regional como local/es). Por su parte, el proyecto para una nueva línea o modo de transporte público se situaría fundamentalmente en las fases de evaluación de alternativa, así como en la monitorización y balance de las acciones emprendidas para la mejora de la accesibilidad espacial.



1
ACCESIBILIDAD: ALCANCE CONCEPTUAL FRENTE A OTROS TÉRMINOS

El amplio abanico de términos que aparecen en documentos técnicos, planes, proyectos, etc., tales como movilidad, accesibilidad o tráfico, son utilizados en ocasiones de forma imprecisa , dando lugar a confusiones o asociaciones del vocabulario con un determinado modo de transporte, frecuentemente el vehículo privado.

En otras ocasiones los términos se encuentran complementados con un segundo término asociado, que tiene la intención de aportar matices o introducir mejoras respecto a la concepción original. Entre los conceptos más habituales, en este sentido, se encuentran sostenible, universal, etc.

Este epígrafe trata de situar cada término en su correspondiente lugar, definiéndolo y describiendo los modos de transporte implicados, los usuarios, su relación con los usos del suelo, así como la problemática que tienen cada uno de ellos a la hora de ser utilizados. Al final del epígrafe se puede encontrar una tabla –*Tabla 1*– en el que se muestra de forma comparada las características principales de los términos descritos.

Así a continuación se comparan en base a la estructura desarrollada por Litman (2003) los términos tráfico, movilidad y accesibilidad respecto a los siguientes cuatro aspectos: usuarios, modos de transporte, usos del suelo, indicadores y el contexto global y enfoques.

REFERENCIA EXTERNA:
VICTORIA TRANSPORT POLICY INSTITUTE
WWW.VTPI.COM

1.1. TRÁFICO.

El término tráfico hace referencia a los desplazamientos de vehículos, y por tanto, cuando se habla de viajes o trayectos, siempre guardan una relación directa con el vehículo del que se trate.

- **Usuarios:** Los usuarios considerados bajo el concepto de tráfico son los vehículos, con especial atención a los vehículos motorizados.
- **Modos de transporte:** Dada la consideración de usuarios que otorga principalmente este concepto a los vehículos motorizados, el modo de transporte que considera el término tráfico es básicamente el vehículo privado o automóvil.
- **Usos del suelo:** Desde el punto de vista del tráfico, la mejor ubicación para los usos de suelo se encuentran a lo largo de los viales, así como en las zonas que rodean a los nudos o intersecciones de los nombrados viales. Además, al tratarse a los vehículos como usuarios principales, se otorga gran importancia a la disposición de suelo para el establecimiento de zonas de aparcamientos o parkings.
- **Indicadores:** Las medidas para evaluar el tráfico se encuentran ampliamente extendidas dada su sencillez, así como el grado de seguimiento que se suele llevar a cabo por parte de las administraciones públicas. Entre las medidas de tráfico se encuentran el número de licencias, número de vehículos registrados, velocidad de las vías, número de plazas de aparcamiento, número de accidentes, etc.
- **Contexto global y enfoques:** El uso de este término en la planificación lleva aparejada la consideración de una demanda continuada y creciente, lo que lleva a establecer políticas de incremento de la oferta. Este incremento de la oferta se lleva a cabo mediante el aumento en número y en anchura de los viales, así como se aumentan también el número de plazas de aparcamiento y los elementos viales adicionales necesarios. Estas políticas de incremento de la oferta en previsión de un incremento sostenido en el tiempo de la demanda tienen como consecuencia una ocupación continuada de suelo.

Figura 2: Conexiones entre autovías. Birmingham (UK). Fuente: Highways Agency.

Por tanto, esta concepción de incremento de viales solo es posible en una visión en el corto plazo, dado que el suelo como recurso es limitado y más aún cuando dentro de un ámbito urbano o metropolitano. Por otra parte, la mejora de la situación para los colectivos no usuarios de vehículos motorizados pasa por plantear una bajada de los precios de taxis, así como una bajada en los precios de vehículos motorizados para que la mayoría de la población pueda adquirir uno.

Como ejemplo de desarrollos basados en esta concepción de tráfico se puede destacar el caso de la autovía encima del río Cheonggyecheon en Seoul, donde durante los años cuarenta se potenció los desplazamientos mediante vehículo privado, hasta tal punto que se realizó una segunda autovía en altura para satisfacer la demanda existente. Este ejemplo es conocido actualmente por el cambio drástico en la concepción de la movilidad y la regeneración urbana que ha tenido lugar para recuperar el espacio del río para los ciudadanos, y que ha dado lugar a que haya disminuido drásticamente la movilidad en vehículo privado.

ENLACE VIDEO
HTTP://VIMEO.COM/37476124

Figura 3: Doble autovía en altura en el eje Cheonggyecheon (Seoul).
Fuente: Seoul Metropolitan Government

1.2. MOVILIDAD.

El término movilidad es quizás, actualmente, uno de los más extendidos, científica y socialmente, cuando se habla de la ciudad, y con mayor vinculación técnica dada la voluntad de las administraciones locales por la elaboración de planes de movilidad urbana.

La movilidad hace referencia al desplazamiento de personas o bienes, en ningún momento establece vinculación con lugares de partida o destino, asumiendo por tanto que los viajes son desplazamientos desde un punto de partida hasta otro de destino, pero sin ser estos condicionantes del desplazamiento. Además, bajo el concepto de movilidad se asume como beneficioso para la sociedad cualquier incremento de la longitud total del viario o el incremento de la velocidad media con el que se lleva a cabo el desplazamiento.

- **Usuarios y Modos de transporte:** Dada las características y el porcentaje que representa en los desplazamientos, el vehículo privado es el principal modo de transporte. No obstante tienen cabida en este concepto otros modos como el transporte público, las bicicletas o sistemas para compartir vehículos, como el "car sharing".
- **Usos del suelo:** La relación existente entre el término movilidad y los usos del suelo no es otra que el de prestar especial interés a la situación de las principales vías distribuidoras, puesto que serán los mejores lugares donde ubicar centralidades. Desde esta perspectiva, se presta gran atención a dónde se ubican los usos respecto a las vías distribuidoras, como autovías, así como a las plazas de aparcamiento. No obstante también reconoce la importancia del transporte público en relación con los usos del suelo, sobre todo en aquellas zonas en las que la densidad de población lo permita. En este contexto, la mejor localización para las centralidades sería una combinación de cercanía a las vías distribuidoras y a plazas de aparcamiento, así como a transporte público y ciclo-vías.
- **Indicadores:** La evaluación de la movilidad se lleva a cabo mediante medidas sobre desplazamientos o viajes, por tanto se tienen en consideración medidas como: personas por kilómetro, velocidad media del recorrido, parque de vehículos, velocidad media del transporte público, o algunas más recientes como el nivel de servicio.
- **Contexto global y enfoques:** la consideración del término movilidad lleva asociada la interpretación de que existe una situación problemática en los casos en los que la capacidad de desplazamiento se ve constreñida. La solución que se propone bajo esta concepción son las políticas de incremento de la oferta, en las que se proponen aumentos de la capacidad de la vía o ajustes en la velocidad máxima de circulación con el fin de que la movilidad se mantenga fluida. Además también se barajan mejoras en los aparcamientos, mejora en los servicios del transporte público,

mejora en el servicio de taxis, mayor número de trenes de alta velocidad y conexiones intermodales, entre otras. Sin embargo, se da poca importancia a la movilidad en modos de transporte alternativos como la bicicleta o el caminar, si no es, como complemento a otro modo de transporte. En este contexto, la mejor forma de fomentar que la población no utilice el vehículo privado en sus desplazamientos, es mejorar el transporte público, en términos de velocidad de servicio y frecuencia, mejorar el tiempo de intercambio intermodal, etc.

Actualmente la movilidad urbana, tal y como ha sido descrita anteriormente, se encuentra en un proceso de reconversión debido a las repercusiones negativas que las políticas de oferta y gestión de la demanda con relación al vehículo privado han originado, y a la imposibilidad de mejorar la fluidez de los desplazamientos en el medio urbano. Este hecho ha dado lugar además a efectos negativos en el transporte público en aquellos tramos en los que la plataforma viaria es compartida con el vehículo privado.

Ante esta situación se plantea modificar el concepto movilidad añadiendo seguidamente el término sostenible. Por tanto, la llamada "movilidad sostenible" intenta corregir y positivar el concepto de movilidad que se había desarrollado hasta el momento, priorizando los desplazamientos mediante transporte público o modos de transporte alternativos como la bicicleta o caminando.

Como ejemplo de las prioridades que consideran los planes de movilidad urbana sostenible se citan las que se recogen en el "Pacto para una movilidad sostenible" políticas que se llevan a cabo en relación a la movilidad sostenible son (Herce, 2009):

- Aumentar la superficie destinada a itinerarios y espacios para peatones.
- Potenciar el uso de la bicicleta como modo de transporte cotidiano.
- Mejorar la velocidad comercial del transporte público de superficie.
- Inducir a la rotación del aparcamiento en las zonas céntricas y comerciales.

- Conseguir una distribución de mercancías eficaz y compatible con el resto de funciones del espacio público.

LEER LA GUÍA DE INTEGRACIÓN AMBIENTAL PARA AMPLIAR CRITERIOS DE LA MOVILIDAD SOSTENIBLE

Finalmente, el análisis de los sistemas de metro ligero desde una perspectiva de la movilidad urbana y metropolitana puede incurrir en el error de planificar un nuevo modo de transporte con una alta velocidad media de servicio, con una longitud de recorrido elevada, con una frecuencia alta, etc. pero que no satisfaga las necesidades de la población al no estar vinculada con lugares a los que dicha población necesita o desea acceder.

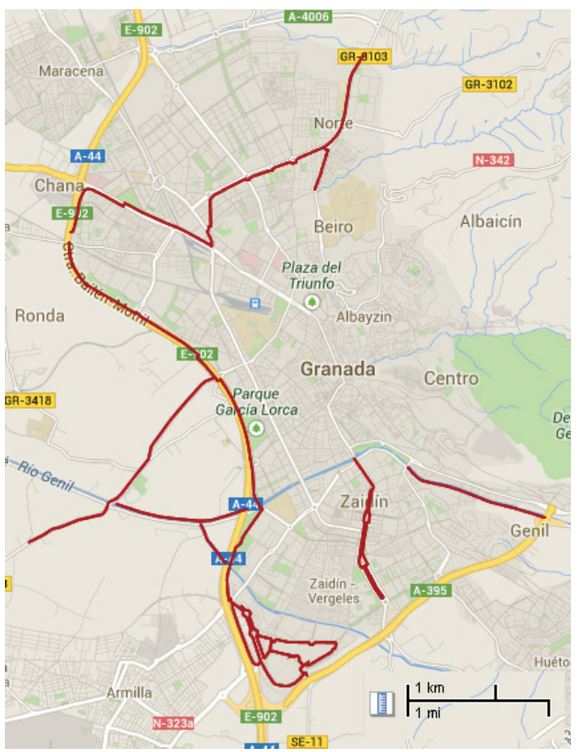


Figura 4: Red ciclable Granada periférica y fragmentada.
Fuente: Ayto. de Granada sobre Google Maps (2013)

Por tanto el reto a la hora de abordar la planificación de un sistema de metro ligero o de cualquier otro modo de transporte público radica en conocer y planificar a qué lugares necesita o quiere la población acceder, y a partir de ahí planificar una movilidad sostenible. Es en esta conjunción entre los lugares generadores y atractores de movilidad y la movilidad en sí, es donde aparece el tercer término, la accesibilidad.

1.3. ACCESIBILIDAD.

La accesibilidad se define en el contexto de la geografía del transporte como "la medida de la capacidad de un lugar para ser alcanzado, o para alcanzar diferentes lugares. La capacidad y la estructura de la infraestructura del transporte son elementos clave en la determinación de la accesibilidad" (Rodríguez, Brisson, & Estupiñán, 2009). En este sentido, la accesibilidad o acceso hace referencia a la capacidad para alcanzar los bienes, servicios, actividades o destinos que las personas desean.

Por tanto, la accesibilidad es la meta última en el transporte, a excepción de una pequeña proporción de los viajes cuya finalidad es el viaje en sí mismo y que carecen de un destino prefijado, como hacer footing o conducir por placer, entre otros.

- Usuarios: desde el punto de vista de la accesibilidad los usuarios son todas aquellas personas o negocios que quieren alcanzar bienes, servicios, actividades o destinos. Este concepto reconoce la diversidad de opciones de acceso, sin clasificarlos en conductores o usuarios de transporte público.
- Modos de transporte: la accesibilidad considera por igual todos los medios de transporte, sean motorizados o no motorizados. Además, permite una visión integrada del transporte y los usos del suelo, valorando igualmente los medios de transporte por su capacidad para satisfacer las necesidades de los usuarios. Esta perspectiva incluye la gestión de la movilidad, las estrategias de los usos del suelo y el incremento del transporte siempre que así se incremente la accesibilidad.
- Usos del suelo: los usos del suelo desde el punto de vista de la accesibilidad son tan importantes como la propia movilidad, de tal forma que diferentes usos de suelo pueden llevar asociados diferentes modos de transporte. La distribución de las centralidades, la diversidad, la conectividad, las condiciones peatonales, etc. afectarán a las condiciones del transporte. En este sentido la mejor localización para las centralidades públicas será una combinación de proximidad, servicio de transporte público, acceso a vías y peatonalización.
- Indicadores: La accesibilidad se mide en función del coste, tiempo, riesgo o impedimentos para alcanzar las oportunidades. Además, la accesibilidad resulta compleja de medir debido a la gran cantidad de factores que intervienen.
- Contexto global y enfoques: Pueden ser entendidos como problemas cualquier impedimento, riesgo, coste o barrera que impida a las personas alcanzar sus objetivos. Del mismo modo, las soluciones a adoptar pueden ser tanto de gestión del tráfico, mejora de la movilidad, alternativas a la movilidad o gestión de los usos del suelo para que sean más accesibles.

A la vista de lo expuesto anteriormente, la accesibilidad es un concepto de mayor complejidad que el de movilidad, ya que su alcance, medición e implementación concierne al modelo de ciudad que se quiere. No obstante, la mayor transversalidad de la accesibilidad como concepto, significa un análisis más elaborado o que necesitan de mayores requerimientos dado que convergen en estos análisis factores relativos a los usos del suelo, la movilidad, el diseño urbano o la actitud de la población, entre otros.

En este contexto, la mejora del sistema de transporte público puede abordarse desde dos vías:

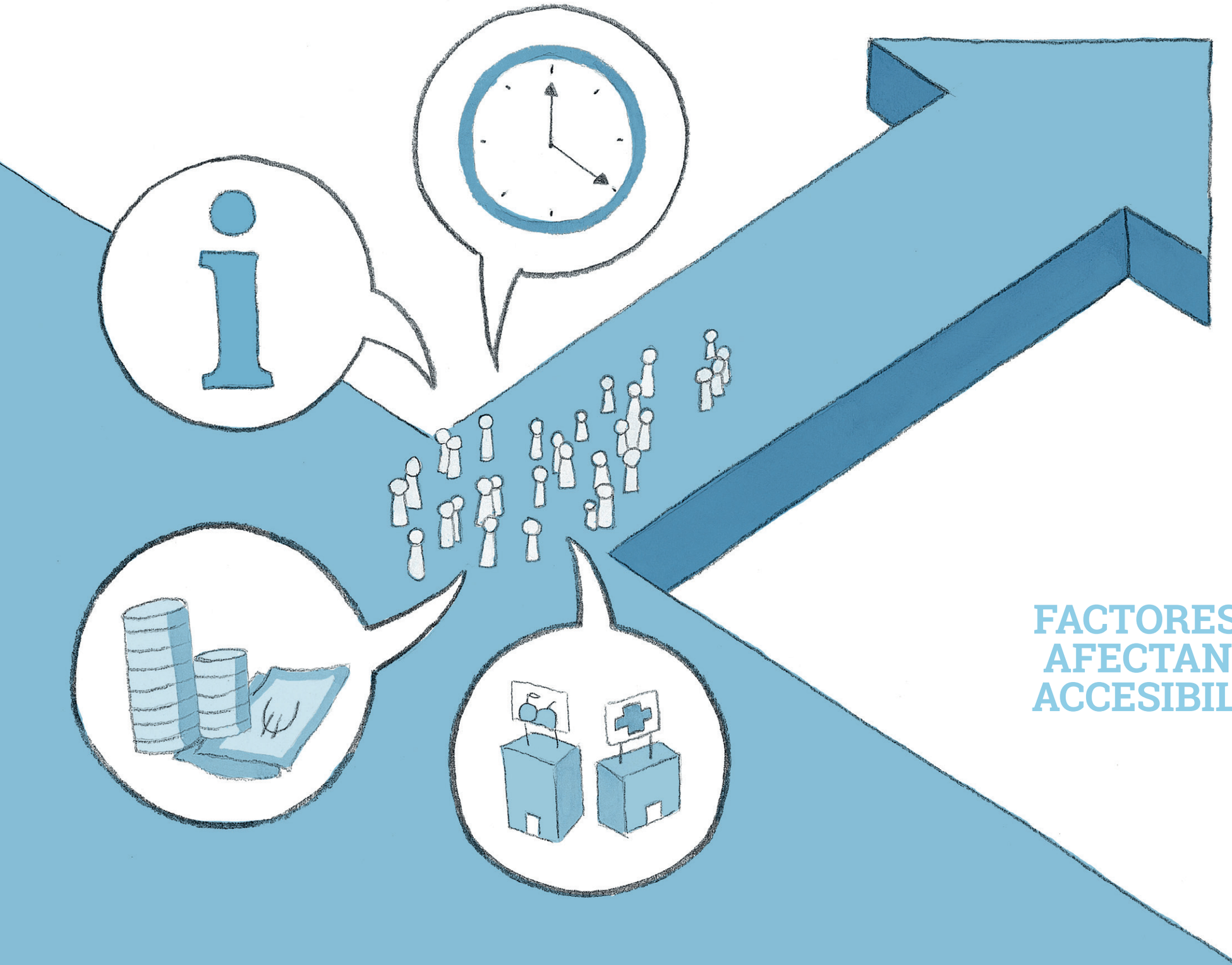
- **Mejorar la densidad y diversidad de usos del suelo:** La mejora de la densidad y diversidad de los usos del suelo, entendiendo estos como oportunidades de trabajo, equipamientos, servicios, etc., permitiría reducir la distancia entre orígenes y destinos, y por tanto, reduciendo las necesidades de desplazamiento y descargando los sistemas de transporte.

- **Mejorar la movilidad:** La segunda vía de mejora del sistema de transporte es la mejora y aumento de la eficiencia de los modos de transporte o introduciendo nuevos modos, en definitiva, una mejora de la oferta existente.

No obstante en aquellos casos en los que se planifica un nuevo desarrollo la mejora del sistema de transporte público debe estar vinculado a los usos del suelo, de tal modo que haya una mayor integración desde el inicio con las consecuente eficiencia en el transporte público y la posibilidad de acceso a los diferentes usos contenidos en mencionado desarrollo urbano o metropolitano.

	TRÁFICO	MOVILIDAD	ACCESIBILIDAD
DEFINICIÓN	Viaje en vehículo	Personas y movimientos óptimos en tiempo/distancia	Capacidad de obtener bienes, servicios y actividades
UNIDAD DE MEDIDA	Vehículos por kilómetro Vehículos-trayecto	Personas por kilómetro Personas-trayecto Kilómetros por viaje	Viajes Oportunidades alcanzables Coste
MODOS CONSIDERADOS PRINCIPALMENTE	Automóviles y vehículos pesados	Automóviles, vehículos pesados y transporte público	Todos los modos
INDICADORES HABITUALES	Volumen de tráfico y velocidad de la vía, nivel de servicio, coste por vehículo-kilometro, plazas de parking.	Volumen personas-trayectos y velocidad, nivel de servicio, coste persona-trayecto, comodidad de trayecto.	Nivel de servicio multimodal, accesibilidad a los usos, coste generalizado para alcanzar las actividades.
ASUNCIONES REFERENTE AL LOS BENEFICIOS PARA LOS USUARIOS	Máximo kilometraje del vehículo y velocidad, estacionamiento, bajo coste del vehículo	Fluidez en los movimientos y amplitud de destinos posibles.	Múltiples opciones de transporte, conveniencia, accesibilidad a los usos, eficiencia del coste.
CONSIDERACIÓN DE LOS USOS DEL SUELO	Favorece la baja densidad, patrones de desarrollo urbano residencial	Favorece la mayor densidad de usos para satisfacer el tránsito	Favorece la mayor densidad de usos, su diversidad y conectividad
MEJORAS ESTRATÉGICAS FAVORECIDAS POR EL TRANSPORTE	Incremento de la capacidad de las vías y aparcamientos, velocidad y seguridad.	Incremento de la capacidad del sistema de transporte, velocidad y seguridad.	Mejora de la movilidad, sustitutos de la movilidad y accesibilidad a los usos.

Tabla 1: Comparativa conceptual y metodológica entre Tráfico, Movilidad y Accesibilidad
Fuente: Adaptado a partir de Litman (2011)



2
FACTORES QUE AFECTAN A LA ACCESIBILIDAD

Para poder planificar o evaluar la accesibilidad en cualquier contexto, así como en especial en los sistemas de metro ligero, es necesario conocer qué factores son los que influyen en la accesibilidad. En este sentido no todos los factores que afectan a la accesibilidad son factores físicos o espaciales, también pueden incluirse factores relativos a la información, al precio del billete, etc.

Dentro del conjunto de factores que afectan a la accesibilidad espacial, la densidad de población ocupa un papel destacado dada sus repercusiones en la implantación de los sistemas de metro ligero. A este respecto, las ciudades con baja densidad de población poseen un uso reducido del transporte público, y a medida que la densidad de población es mayor, el uso del transporte público aumenta.

Esta relación entre densidad de población y uso del transporte público tiene profundas connotaciones relacionadas con los modelos de ciudad, en los que se aprecian claras diferencias en función del continente o país como muestra Newman and Kenworthy (1999) *–Figura 5–*. Un modelo de dispersión como el que se aprecia de manera generalizada en Estados Unidos da lugar a que el transporte público sea inviable desde todos los puntos de vista, puesto que son necesarias líneas extremadamente extensas en los que la cobertura da servicio a pocas personas. Conforme la densidad de población es mayor, como sucede en las ciudades europeas y de forma más marcada en las ciudades asiáticas, las paradas de transporte público pueden dar servicio a un elevado número de población, por lo que los proyectos serán más viables y eficientes. Además, una mayor densidad se asocia habitualmente a ciudades más compactas, lo que permite que tenga lugar una movilidad de proximidad, en las que la distancias son fácilmente abarcables a pie o en bicicleta.

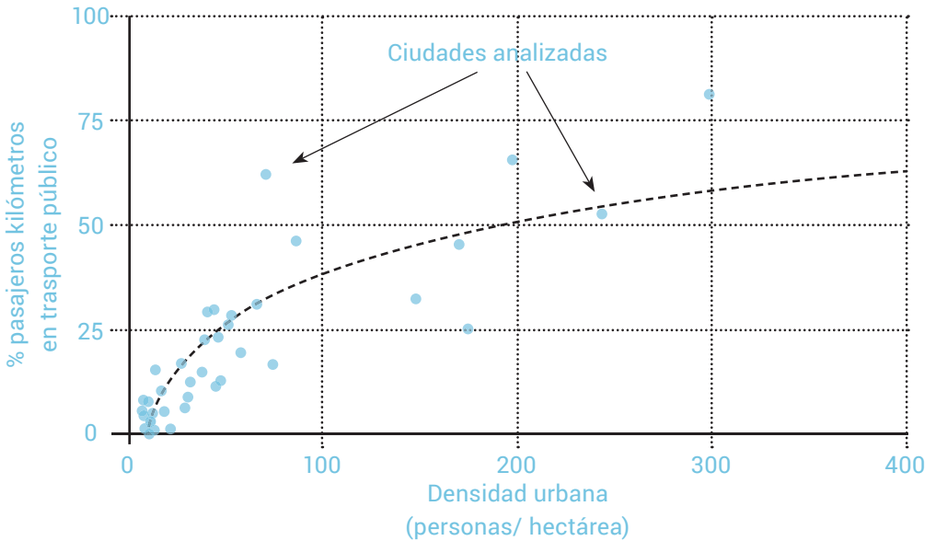


Figura 5: Porcentaje de usuarios de transporte público en función de la densidad de población.
Fuente: Adaptado a partir de Kenworthy and Laube (1999)

Además de la importancia de la densidad en relación con la accesibilidad, hay diversos aspectos que se relacionan con la accesibilidad *–Tabla 2–*, cada uno de los cuales va a dar lugar a que la población escoja un determinado modo de transporte o se decante por la utilización de otro. Algunos de los aspectos que se describen son comunes para los diferentes modos de transporte público, así como a los modos de transporte no motorizado, como puede ser la demanda, movilidad, la integración, el precio, la conectividad o la priorización. Estos aspectos son los que cuando se planifica la inserción de una nueva línea o un nuevo modo dentro del sistema de transporte, son tenidos en cuenta de manera notable.

No obstante, hay aspectos y factores relacionados con la accesibilidad que son más propios de algunos modos de transporte específico y de la percepción específica que la población tiene de ellos, como las "opciones" que contiene variables cualitativas como el confort, la seguridad, o el prestigio entre otros. Es en este sentido, donde modos como el metro ligero posee notables fortalezas.

Por último es preciso hacer mención a aquellos aspectos de contraposición como el factor "sustitutos de la movilidad" que están relacionados con el uso de nuevas tecnologías que reducen los trámites presenciales, reduciendo de esta manera la movilidad necesaria para la realización de los mismos. Del mismo modo se encuentra la "inaccesibilidad", que pone de manifiesto la existencia de una carencia de accesibilidad en algunos casos en los que dicha inaccesibilidad sea el valor que posee un lugar.

Otro de los aspectos fundamentales que intervienen en la accesibilidad de los sistemas de transporte público es el factor "humano", entendiendo éste como las circunstancias conocidas que influyen en la accesibilidad a la parada de transporte público. En este contexto la más conocida y ampliamente establecida es la función tiempo-distancia. Esta función viene determinada por la propia percepción psicológica del tiempo que establece el individuo, como las conocidas franjas de 5 y 10 minutos *–Figura 7–*, a partir de las cuales el deseo para alcanzar un objetivo decae. Además, dicha función establece unos porcentajes generales de usuarios que acceden a las paradas en función del modo de transporte y la distancia *–Figura 6–*. Así pues cuanto mayor es la distancia del modo de transporte mayor será el tiempo de acceso que los pasajeros están dispuesto a caminar para acceder y más aún si se lleva a cabo mediante combinación de modos como la bicicleta.

MOVILIDAD	ACCESIBILIDAD
Información usuarios	Calidad de la información disponible para los usuarios.
Integración	Grado de integración en el sistema de transportes incluyendo estaciones intermodales y parkings asociados a estaciones.
Precio	Coste a los usuarios de transporte y localizaciones.
Sustitutos movilidad	La calidad de las telecomunicaciones y los servicios de mensajería que sustituyen al viaje físico.
Usos del suelo	Densidad de los usos del suelo y la mezcla de actividades.
Conectividad de la red	Densidad de conexiones y grado de conexión directa entre dos puntos.
Diseño y gestión vial	El diseño y las prácticas de gestión afectan al tráfico, movilidad y accesibilidad.
Priorización	Estrategias que incrementan la eficiencia del transporte.
Inaccesibilidad	El valor de inaccesibilidad y aislamiento.

Tabla 2: Aspectos implicados en la accesibilidad.
Fuente: Adaptado de Litman (2008)

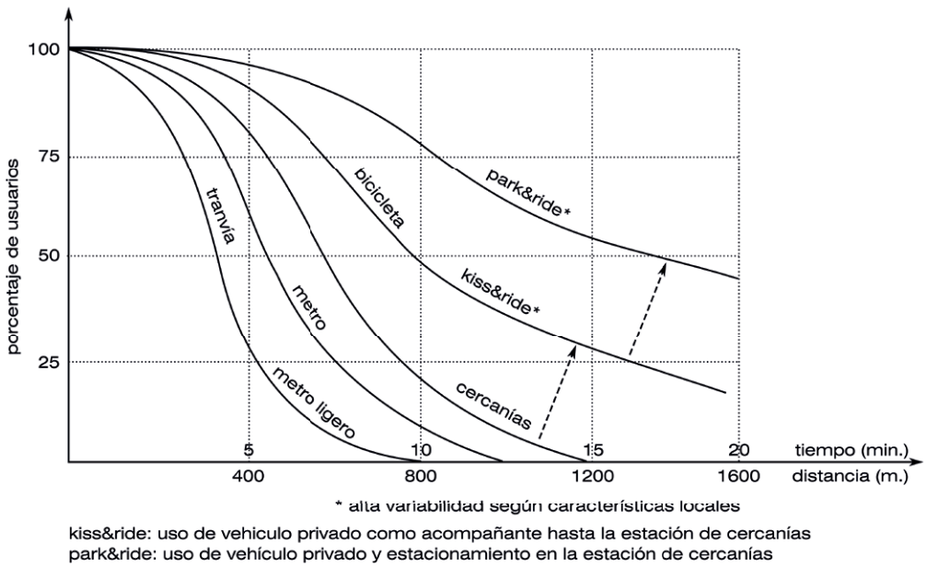


Figura 6: Acceso de usuarios en función del tiempo-distancia andando a la parada.
Fuente: Adaptado de Vuchic (2005)

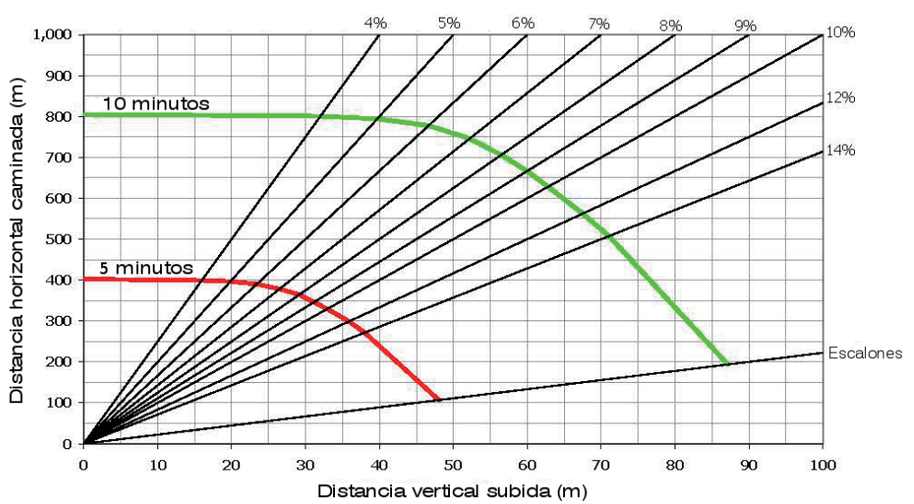
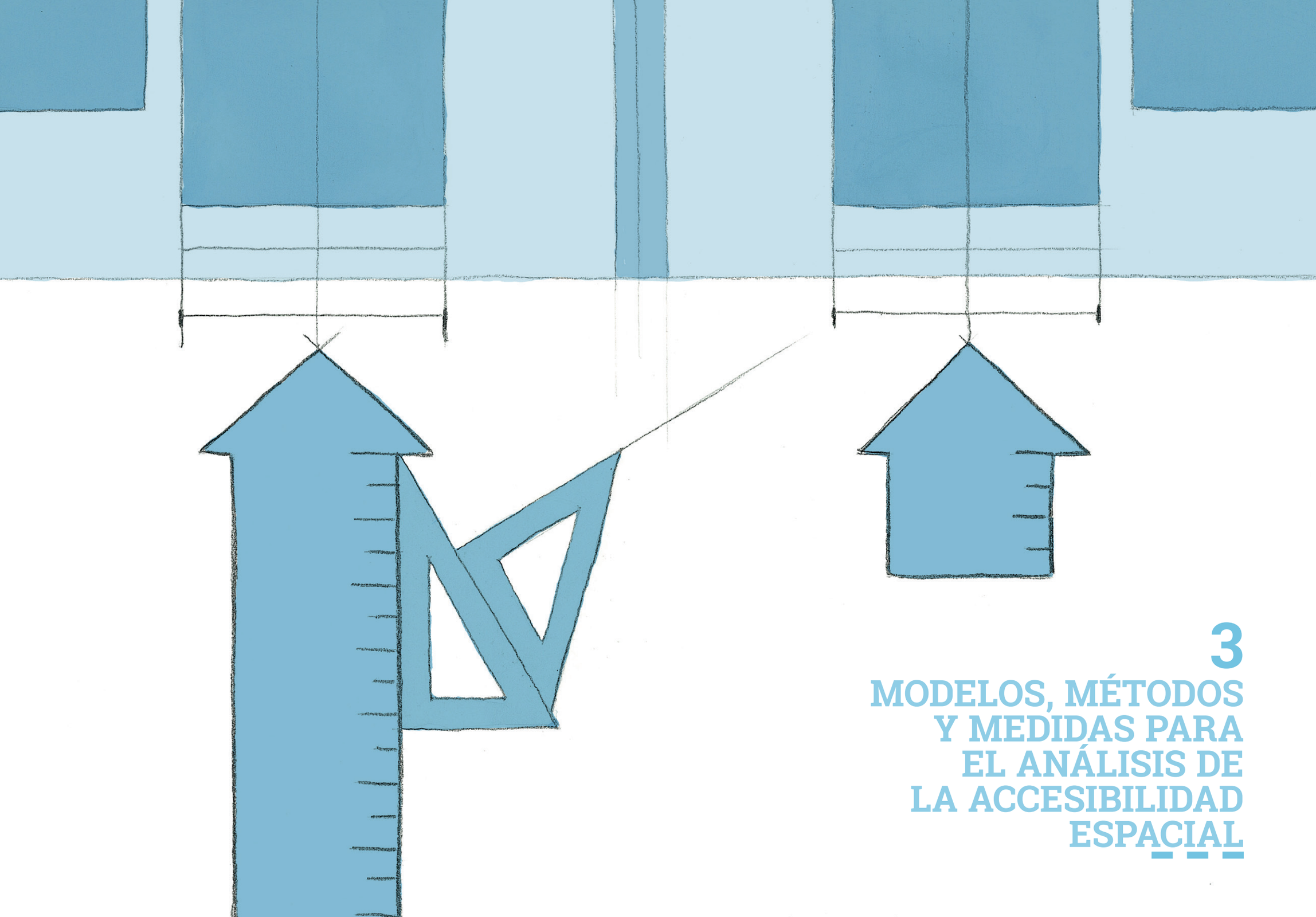


Figura 7: Acceso de usuarios en función del tiempo-distancia andando en pendiente a la parada.
Fuente: Adaptado de Kittelson, Quade, and Hunter-Zaworski (2003)



3
MODELOS, MÉTODOS Y MEDIDAS PARA EL ANÁLISIS DE LA ACCESIBILIDAD ESPACIAL

Profundizando un poco en las medidas para la evaluación de la accesibilidad, éstas deben cumplir una serie de criterios (Morris, Dumble, & Wigan, 1979), como son,

- estar basadas en el comportamiento de la población ante el transporte;
- ser técnicamente posibles de aplicar;
- y ser de fácil comprensión.

Además de cumplir con los criterios relativos a las medidas de accesibilidad espacial, es necesario resolver una serie de cuestiones en relación con la evaluación de la accesibilidad espacial (Wilson, 1971):

- ¿Qué grado y tipo de desagregación se desea en la evaluación de la accesibilidad?
- ¿Qué orígenes y destinos van a ser considerados a la hora de evaluar la accesibilidad?
- ¿Cómo se establece la atracción en la accesibilidad?
- ¿Cómo se va a establecer la impedancia en el sistema de transporte?

Para evaluar la accesibilidad en los proyectos de transporte público es necesario acudir a medidas que den unos valores útiles sobre los que poder llevar a cabo la toma de decisión. En este sentido son varias las perspectivas existentes en la evaluación de la accesibilidad dentro de las cuales se pueden encontrar diferentes medidas. La elección de las distintas medidas dependerá del tipo de proyecto, la escala de evaluación, la intermodalidad del proyecto y finalmente del tipo de evaluación que se quiera llevar a cabo.

Si bien las familias de Medidas de accesibilidad son variadas (basadas en la localización; en el individuo; en la utilidad; en la infraestructura; medidas de separación espacial o de redes), en la presente guía se abordan las familias de medidas más vinculadas a la planificación ambiental y el diseño urbano como son:

- Medidas basadas en la localización
- Medidas basadas en la separación espacial
- Medidas basadas en redes

Cada una de las medidas presentadas tiene mayor aplicabilidad según qué ámbitos y las implicaciones específicas a considerar, por lo que dependiendo de qué se quiera analizar y desde qué punto de vista se seleccionarán unas medidas u otras.

3.1. ANÁLISIS DE LA ACCESIBILIDAD ESPACIAL BASADO EN MEDIDAS DE LOCALIZACIÓN

Al tratarse en este capítulo la accesibilidad espacial, “desde” y “a” diferentes localizaciones de las áreas metropolitanas, como pueden ser las paradas de una línea de metro ligero o, en general, el sistema-red de transporte público o también las centralidades de diversas características, se escogen una serie de técnicas que representa este tipo de modelos (Geurs & van Wee, 2004; Lotfi & Koohsari, 2009; Neutens, Schwanen, Witlox, & De Maeyer, 2010):

► 3.1.1. MEDIDAS DE COBERTURA O CONTORNO:

Las medidas de cobertura o contorno son las medidas más comúnmente utilizadas y en la mayoría de los casos ambas términos se utilizan como sinónimos, sin embargo existen pequeños matices que las diferencian. Por un lado, las medidas de cobertura están más enfocadas a tener un resultado expresado en unidades de superficie, mientras que en las medidas de contorno se suele expresar el resultado en número enteros fruto del recuento de elementos contenidos.

- Área definida por una isócrona (línea que define una misma distancia temporal) *–Figura 8a–*. Ejemplo de aplicación: cálculo del número de familias sin vehículo propio en el radio de oferta de acceso de la parada de transporte público.

- Se define el método de contorno como el número de oportunidades que quedan en el interior de una distancia o tiempo determinado *–Figura 8b–*. Ejemplo de aplicación: cálculo del número de cafeterías cercanas a la parada de metro ligero.

► 3.1.2. MEDIDAS DE GRAVITACIÓN:

El método gravitacional implica la consideración del factor atracción en función de la distancia o tiempo, de manera que a mayor distancia o tiempo la atracción por acceder a un lugar decae *–Figura 8c–*. En general, estas técnicas pueden ser útiles para zonificar gradientes de potencial interacción espacial para la detección de ámbitos de atracción-generación de viajes.

Ejemplo de aplicación: cálculo de los usuarios potenciales que una parada de metro ligero va a atraer en función de la distancia de la parada.

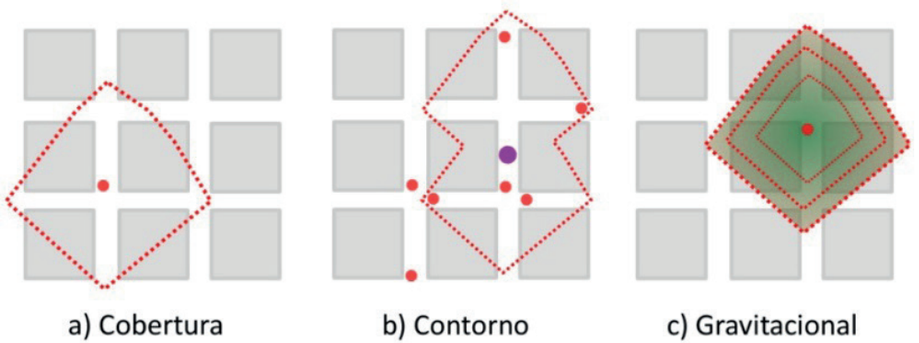


Figura 8. Medidas de análisis de la accesibilidad espacial basados en la localización.

3.2. ANÁLISIS DE LA ACCESIBILIDAD ESPACIAL BASADO EN INDICADORES DE SEPARACIÓN

► 3.2.1. DISTANCIA MÍNIMA:

Se define como la mínima distancia necesaria para unir un punto de origen (vivienda) y un punto de destino como pueden ser trabajos o centralidades, a través de la red.

Ejemplo de aplicación: cálculo de la ruta más corta entre la vivienda y un centro sanitario.

► 3.2.2. TIEMPO MÍNIMO DE VIAJE:

Se define como el tiempo mínimo que se requiere para alcanzar un objetivo (trabajo, centralidad, etc.) por medio de la red, desde un origen determinado, como puede ser la vivienda, parada de transporte público, etc.

Ejemplo de aplicación: cálculo del tiempo empleado desde la vivienda hasta el lugar de trabajo.

3.3. ANÁLISIS DE LA ACCESIBILIDAD ESPACIAL BASADO EN REDES

Aunque en algunas de las medidas anteriormente descritas se usan análisis sobre la red de transporte público o el sistema viario para analizar coberturas, distancias, etc., se puede llevar a cabo otro tipo de análisis de la accesibilidad a través de la evaluación de la propia red. En este sentido, para este análisis toma una mayor relevancia el modo en el que se relacionan cada una de los tramos de la red, ofreciendo una perspectiva de la ciudad y las áreas metropolitanas que van a tener repercusiones en los usos de los espacios, así como en la mayor densidad de los usos del suelo.

Dentro del ámbito del análisis topológico resultan de especial interés dos modelos de evaluación, por un lado la sintaxis espacial (Space Syntax) desarrollada en la University College of London y por otro de la evaluación de la multicentralidad (Multiple Centrality Assessment -MCA-) que se inspira en la sintaxis espacial y que ha sido desarrollada en el Politécnico de Milán.

► 3.3.1. SINTAXIS ESPACIAL:

La sintaxis espacial (Space Syntax) fue concebida en los años 70 como respuesta a los procesos de renovación urbana que estaban teniendo lugar en Londres y fruto de la observación del espacio como hospedador de actividades físicas y sociales. Posteriormente este concepto fue publicado por Hillier y Hanson en 1984 en el seno de la UCL (University College of London). La principal novedad que presenta este concepto es la noción de *configuración espacial* y su relación con variables sociales (Hillier & Hanson, 1984). Resultado de la observación de esta relación se podía predecir los efectos sociales que tendrían una u otra actuación ligada a la configuración espacial.

La sintaxis espacial se construye en base a dos ideas que tratan de reflejar la objetividad del espacio y la intuición de las personas. La primera de ellas es que el espacio está presente en todo y que todas nuestras acciones dentro de la ciudad tiene una representación geométrica, así pues, un movimiento se puede representar por una línea (espacio axial), las interacciones como un espacio convexo donde se pueden ver todos los puntos entre sí (espacio convexo), y la visión alrededor de un elemento construido (visibilidad) (Vaughan, 2007). La segunda de las ideas es que no existe un espacio humano en función de las características de un espacio, sino de la relación entre espacios que configuran el diseño espacial de una ciudad.

En esta guía se trabajará concretamente sobre el primero de los componentes del espacio sintáctico; el espacio axial, como representación del movimiento en relación a la configuración espacial. En este sentido se define el espacio axial como *"el conjunto mínimo de líneas rectas de la mayor longitud posible que interconectan todos los espacios abiertos de un sistema urbano"* (Hillier & Hanson, 1984). Se ha seleccionado la herramienta de los mapas axiales por sus posibilidades respecto a la representación del movimiento, de los flujos peatonales, en definitiva de "los caminos peatonales hacia el espacio público", que son justamente uno de los puntos de interés de esta guía al estar fuertemente relacionados con los entornos de parada.

CONECTIVIDAD (MAPA AXIAL):

Se entiende por conectividad el número de opciones disponibles desde un punto dado, o sea, en relación directa con las oportunidades. El cálculo de la conectividad en este sentido se basa en los índices topológicos generados a partir del viario. En consecuencia, será una herramienta útil para medir mejoras en la cohesión topológica de la red que se defina, en lo concerniente al análisis de alternativas de nuevos arcos y nodos (tramos, itinerarios y paradas).

INTEGRACIÓN (MAPA AXIAL):

Esta medida es quizás la más representativa y extendida dentro de las herramientas de Space Syntax por su utilidad. La integración mide qué lugar ocupa un segmento de calle con respecto a todos los demás segmentos que lo rodean, de esta forma es capaz de establecer una jerarquía entre el conjunto de segmentos. Esta jerarquía representa qué posición ocupa el segmento dentro del conjunto, ya sea a escala global o local. En este sentido, si un segmento tiene un alto valor de integración quiere decir que ese segmento de calle es el segmento más recorrido a la hora de establecer trayectos.

INTEGRACIÓN VISUAL (VISIBILIDAD):

La integración visual permite identificar qué lugares dentro del espacio público, sean plazas, parques o calles, tienen una mayor visibilidad y, por tanto, también tienen mayor potencial de acceso, considerando que la legibilidad visual del viario urbano es una medida de la conectividad de los itinerarios (principalmente peatonales).

► 3.3.2. ANÁLISIS NODAL:

Si bien el análisis nodal en el transporte público puede contener múltiples indicadores mediante el cual crear jerarquías nodales, en esta guía se va a abordar la valoración de la multicentralidad como una herramienta cada vez más extendida y que además está dando lugar a la generación desarrollo de otras herramientas relacionadas con el transporte público. No obstante, esto no quiere desmerecer la aplicación de diferentes indicadores a los nodos ya que pueden aportar del mismo modo una visión amplia y rica en matices.

VALORACIÓN DE MULTICENTRALIDAD (MCA):

La valoración de la multicentralidad desarrollada por Porta, Crucitti, and Latora (2006) establece una serie de indicadores sobre los nodos en función de parámetros propios de la red viaria. Este análisis nodal basado en la topología permite establecer principalmente tres características de los nodos,

- La **cercanía** del nodo respecto al resto de nodos o expresado de otro modo la centralidad que tiene ese nodo respecto al conjunto. Además se puede interpretar la cercanía al resto de nodos como el grado de integración física que de ese lugar, lo que además tiene como implicaciones un lugar estratégico para los usos del suelo.
- La **intermediación** muestra la importancia del nodo como elemento de paso, como canalizador de los flujos o desplazamientos. En este sentido dicha característica se relaciona de manera positiva con los usos comerciales.
- Finalmente, la **rectitud** aporta una idea de eficiencia en el recorrido entre dos nodos ya que compara la distancia real entre pares de nodos con la distancia virtual más corta entre ellos o también conocida como distancia euclídea. Si bien esta característica del nodo puede no tener una implicación directa con los usos del suelo, va a condicionar los flujos existentes por lo que va a tener una repercusión indirecta sobre la localización de determinados usos del suelo en el entorno de esos nodos.

Como principal ventaja que presenta esta herramienta se encuentra que ha sido desarrollada desde su inicio como una evaluación de los usos del suelo a partir de características topológicas de la red viaria.

Si bien inicialmente la herramienta de valoración de la multicentralidad (MCA) se ha desarrollado en base al viario peatonal, posteriormente ha sido adaptado al transporte público incorporando algunos indicadores adicionales relativos a características de la parada y el servicio de transporte público como la frecuencia, número de líneas, etc., dando lugar a valores agregados y comparables. Este análisis se ha venido desarrollando por Curtis and Scheurer (2010) con el nombre de SNAMUTS *(Spatial Network Analysis for Multimodal Urban Transport Systems)*, con la finalidad de establecer niveles de accesibilidad siguiendo el marco desarrollado en Reino Unido (Chapman & Weir, 2008). Las características de esta herramienta son expuestas de manera más detallada en el epígrafe siguiente.

Ejemplo de aplicación: evaluación de la eficiencia del sistema de transporte en función de las distancias entre nodos y su centralidad en la red, etc.

MODELOS / TIPO DE MEDIDAS	MEDIDAS		ESCALAS	APLICACIÓN
Medidas basadas en la localización	Cobertura - Contorno		Metropolitana	Zonificación de demanda según oportunidades
			Urbana	Superficie y población cubierta
			Parada	Superficie y población cubierta
			Parada	Oportunidades recogidas por cobertura de parada de transporte público
	Gravitacional		Parada	Atracción de las oportunidades en el ámbito de cobertura de parada
	Población dependiente		Metropolitana	Población dependiente cubierta
			Urbana	Población dependiente cubierta
Medidas basadas en la separación espacial	Tiempo de viaje		Metropolitana	Tiempo de acceso entre municipios
			Urbana	Tiempo de acceso entre distritos o secciones
Medidas basadas en la tipología de redes	Multicentralidada (MCA)		Metropolitana Urbana	Jerarquía de paradas y líneas
	Space Syntax	Conectividad	Parada	Posicionamiento topológico óptimo de parada
		Integración	Parada	Accesibilidad de la parada al resto
		Integración visual	Parada	Posicionamiento óptimo de parada respecto al flujo peatonal

Tabla 3: Medidas de accesibilidad espacial consideradas según sus características de aplicación
Fuente. Elaboración propia

MODELOS	MÉTODOS	(a) componentes					(b)		(c) útil para la evaluación del tiempo	
		TRANSPORTE	INDIVIDIO	USOS		TIEMPO	OPERATIVIDAD	INTERPRETACIÓN	SOCIAL	ECONÓMICO
				DEMANDA	OFERTA					
Medidas basadas en la localización	Cobertura	+	+	+	-	±	+	+	+	±
	Contorno	±	-	±	-	±	+	+	-	-
	Gravitacional	+	±	+	±	±	+	±	+	±
Medidas basadas en la separación espacial	Tiempo/distancia de viaje	+	-	+	-	+	±	±	±	±
Medidas basadas en redes	Análisis nodal	±	-	-	+	±	-	±	-	±
	Mapa axial	±	±	-	-	-	-	±	+	±

(a) Consideración: - no considerado, ± parcialmente, + considerado
(b) Facilidad: - difícil, ± moderado, + fácil
(c) Como indicador: - no vinculado, ± potencialmente vinculable, + vinculado

Tabla 4: Modelos utilizados, componentes implicados y utilidad para la evaluación.
Fuente: elaboración propia a partir de Geurs and van Wee (2004)

3.4. HERRAMIENTAS INNOVADORAS EN EL ANÁLISIS DE LA ACCESIBILIDAD

Una vez se han repasado las medidas tradicionales en el análisis de la accesibilidad o, en otras palabras, las familias de medidas, es posible encontrar multitud de herramientas que se sitúan entre dos familias o que desarrollan procesos que pertenecen a diferentes familias de medidas. Además, actualmente tienen mayor aceptación las medidas focalizadas al análisis de varios componentes (acera, destino, paradas de transporte público, etc.) que, de manera aislada, dan lugar a posteriores problemas. En este sentido, las nuevas herramientas que aparecen y que poco a poco se empiezan a integrar en los procesos de planificación se caracterizan por ser multiescalares y tener enfoque transversal.

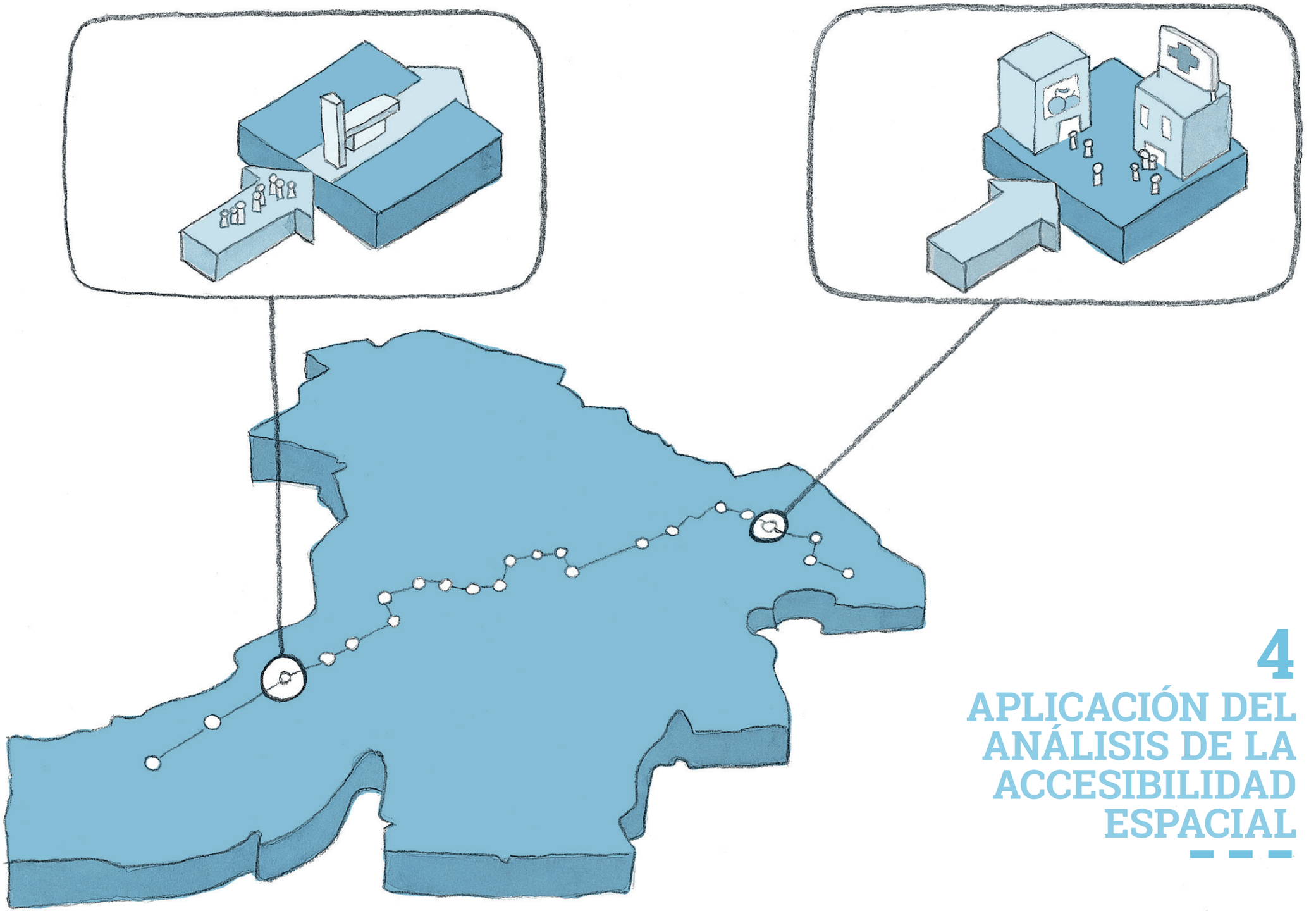
Como ejemplo del interés creciente en estas herramientas, cabe destacar la Acción COST financiada con fondos europeos titulada "Accessibility Instruments For Planning Practice In Europe" desarrollada entre 2010-2014 y en el que participan multitud de países (Bélgica, Chipre, República Checa, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Israel, Italia, Holanda, Noruega, Polonia, Portugal, Eslovenia, España, Suecia, Suiza, Turquía y Reino Unido).

Este proyecto europeo tenía como objetivo fomentar el conocimiento de nuevos avances y herramientas para el análisis de accesibilidad –*Tabla 5*– (Para ampliar la información de las herramientas ver Apéndice I), dado el papel fundamental que tiene en el desarrollo de las ciudades. Así mismo, pretende profundizar en el conocimiento de las relaciones que se establecen entre los usos del suelo y la movilidad en los diferentes países, de tal forma que puedan extraerse de cada una de las diferentes experiencias europeas que permitan servir de base para trasladarla de la manera más efectiva a la práctica de la planificación urbana.

Algunos de los resultados obtenidos en este proyecto han quedado recogidos en la publicación de Hull, Silva, and Bertolini (2012)

Herramienta		SNAMUTS	ASAMed	RIN	MoSC	JAD	MaReSi	SAL	UrbCA	IMaFa	PST	SNAPTA
Escala	Nacional			X						X		
	SupraMunicipal	X		X	X	X		X	X	X		
	Municipal	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
	Barrio		X		X		X	X		X	X	
	Censal		X		X					X		
Componentes	Usos suelo	X		X		X	X	X	X			X
	Transporte	X		X		X	X	X		X		X
	Otros		X	X	X						X	
Medidas	Separación	X	X		X		X			X		X
	Contorno	X				X		X				X
	Gravitacional	X				X	X		X			X
	Red	X	X	X	X					X	X	
Nivel degradación	Censal	X						X	X			X
	Parcela			X		X	X	X			X	
	Edificio		X				X					
	Vías				X				X		X	
	Parada TP					X	X				X	
	Individuo					X			X			
Modos	Autobús	X		X		X	X	X		X		X
	Tren	X		X		X	X	X				X
	Metro	X		X		X	X	X		X		
	Metro ligero	X		X		X	X	X				X
	Bicicleta		X	X		X	X	X				
	Peatón		X	X	X		X	X		X		
	Vehículo privado					X	X	X	X			

Tabla 5: Resumen de las principales características de herramientas innovadoras.
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de www.accessibilityplanning.eu/



4
APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE LA ACCESIBILIDAD ESPACIAL

Una vez definido el concepto de accesibilidad así como sus enfoques, tipologías de medición y principales aplicaciones de las mismas, según el objetivo y atendiendo a la integración del transporte público, especialmente los sistemas de metro ligero, es el momento de proceder con el apartado de mayor interés de esta guía, el análisis espacial de la accesibilidad.

Para llevar a cabo el análisis espacial de la accesibilidad el epígrafe se estructura en cuatro bloques fundamentales que deben ser abordados. El primero de ellos –*epígrafe 4.1.*– atañe a una verificación de la situación de partida en lo que a accesibilidad a transporte público se refiere, evidenciando las carencias o problemas existentes que justifican la inserción de un nuevo modo de transporte como es una línea de metro ligero.

Una vez verificado el estado previo del sistema de transporte público, el segundo bloque –*epígrafe 4.2.*– corresponde al análisis de las centralidades existentes y a las cuales se quieren dar acceso mediante transporte público.

El tercer bloque –*epígrafe 4.3.*– analiza la relación entre el sistema de transporte público y la población a la que se quiere dar acceso a oportunidades o centralidades. En este sentido, el uso del transporte público es una opción para determinados sectores de la población pero una obligación para otros sectores y colectivos de la población, por ello es necesario conocer cómo se distribuye la población dependiente del transporte público para darle servicio.

Finalmente el bloque cuarto –*epígrafe 4.4*– profundiza en el papel de la parada y su entorno como elemento fundamental en el intercambio modal desde o hacia la movilidad peatonal. En este contexto, el peatón posee un comportamiento diferente según las cualidades presentes en el entorno de las paradas, cualidades que pueden fomentar o inhibir que se produzca el acceso a las paradas de transporte público, y por tanto reduciendo el nivel de servicio del propio modo de transporte. Por tanto, conocer las debilidades en cuanto al diseño urbano del entorno de parada permite llevar a cabo actuaciones que permitan incrementar el nivel peatonal de servicio.

4.1. EL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DE PARTIDA

El punto de partida imprescindible para la integración de un sistema de metro ligero es comprender el sistema de transporte público de partida y el nivel de servicio que éste. Este conocimiento permite evaluar qué áreas urbanas y metropolitanas poseen un mayor nivel de servicio y qué áreas se encuentran con un déficit de servicio, e incluso el grado de ineficiencia que pueda existir en alguna área por solapamiento del servicio prestado.

PLANES	Plan de ordenación territorial del área urbana (POTAU)
	Plan general de ordenación urbanística (PGOU)
	Plan de movilidad urbana (PMU / PMUS)
FASE	[ES] Evaluación estratégica
	[EL] Evaluación local
ESCALA	Subregional
	Metropolitana
	Municipal
ACTORES	[AR] Administración regional
	[AL] Administración local
	[GI] Grupos interesados

Tabla 6: Información para la aplicación Fuente: Elaboración propia

¿POR QUÉ EVALUAR EL SISTEMA DE TRANSPORTE ACTUAL?
Identificar áreas no servidas
Identificar paradas y líneas con baja integración
Identificar el nivel de servicio en los entornos de parada
Identificar las centralicades en el área metropolitana que presentan carencias de servicio

► 4.1.1. DISEÑO DE LA RED INTERMODAL

La primera etapa para evaluar la situación de partida en la que se encuentra el sistema de transporte público y su implicación en la accesibilidad consiste en el diseño topológico de la red intermodal formada por las vías peatonales y las vías de transporte público. En esta red es necesario realizar un tratamiento diferencial para cada una de los modos de transporte de los que se compone dicha red. No obstante, en el caso en el que los modos de transporte que albergan varias líneas, como es el caso del autobuses, la red estará diseñada a su vez como una red intramodal que permite el intercambio entre las líneas del mismo modo, así como la conexión intermodal, tal y como se esquematiza en la Figura 9.

Para el diseño topológico o espacial de la red intermodal se puede realizar por medio de diferentes programas de modelización de transporte como EMME o TransCAD o basados en SIG como ArcGIS. En este sentido los ejemplos que se acompañan a lo largo de la presente guía se han elaborado a través del software ArcGIS 9.2. La implementación del modelo de red ha sido posible gracias al empleo de la extensión de análisis de redes Network Analyst, aunque han sido necesarias diversas etapas de pre procesamiento especialmente en lo que concierne a topología de la red, que han requerido de otros módulos del software.

A continuación se detalla el proceso de implementación de las distintas redes que conforman la red intermodal para el análisis de ac-

cesibilidad. En este contexto se describe el proceso partiendo de la premisa que no exista información disponible por parte de las administraciones de las diferentes vías o itinerarios de cada uno de los modos que conforman la red.

El proceso de implementación de la red para cada uno de los modos de transporte es el siguiente:

- **Modo peatón / viandante:** la red que alberga el modo peatón viene determinada por el viario que presenta la infraestructura necesaria para el tránsito peatonal, es decir, acerado. Así pues, es necesario en primer lugar, y en caso que no se encuentre disponible por parte de la administración local, llevar a cabo un proceso de revisión sobre la base del viario general para eliminar aquellas vías en las que no hay acerado e incluir las vías peatonales que no hayan sido contempladas den dicho viario general.

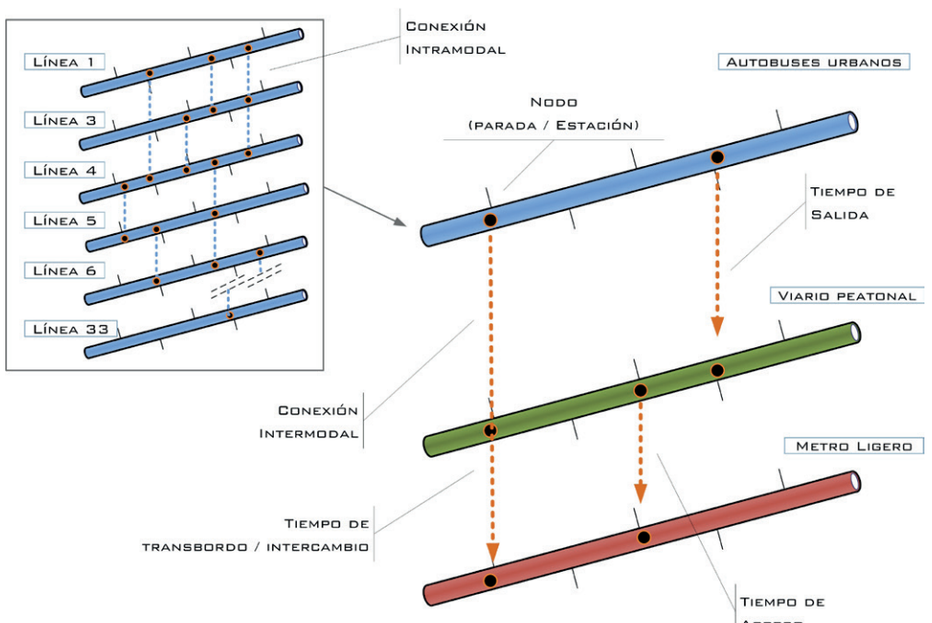


Figura 9: Esquema topológico de una red intermodal.
Fuente: Elaboración propia

- **Modo autobús:** la definición de la red que representa el modo de transporte en autobús requiere de un tratamiento más exhaustivo, puesto que es necesario que se considere cada una de las líneas existentes por separado. En primer lugar es necesario identificar sobre el viario general los diferentes tramos de vías por los que circulan cada línea de autobuses, extrayendo los recorridos de todas las líneas de autobuses urbanos y metropolitanos en el ámbito de la actuación del metro ligero.

- **Modo metro ligero:** las líneas de metro ligero se definen dentro de este esquema topológico sobre la identificación y localización del trazado sobre el viario general tal y como ha sido descrito para el modo autobús.

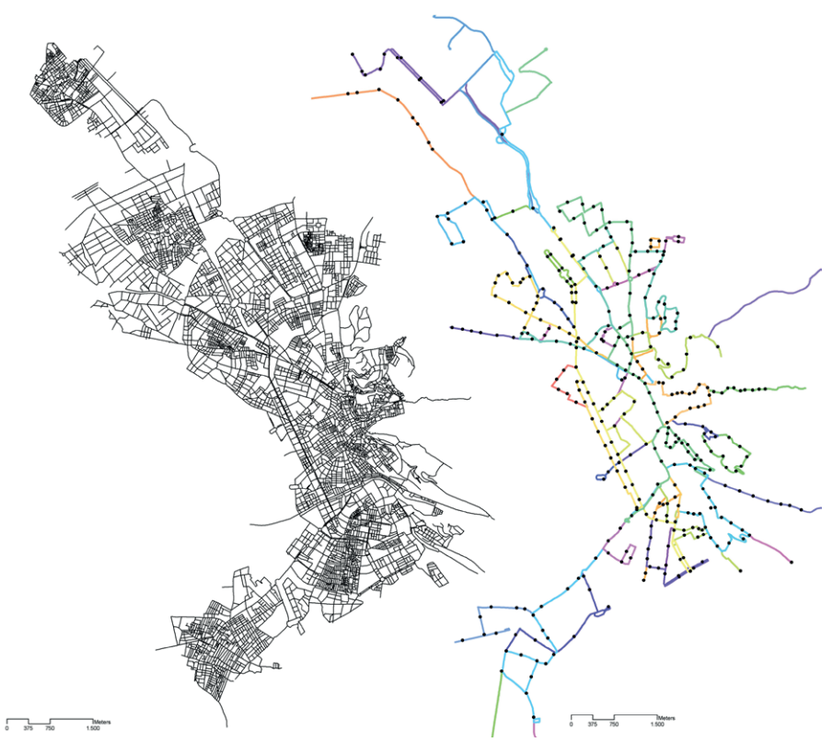


Figura 10: Redes de transporte (motorizado y no motorizado) existente en el área metropolitana de Granada en la que se plantea la línea de metro ligero (a.-peatonal, b.-autobuses)

Una vez han sido diseñada todas las líneas y paradas de los diferentes modos que componen la red intermodal, es fundamental caracterizar cada uno de los modos para que se comporte de la forma más fidedigna respecto a la realidad, para ello es necesario llevar a cabo a asignación de la impedancia de las líneas y la asignación de los sentidos de las líneas.

Así pues Subero Munilla (2009) define en su tesis doctoral (pag. 86) cinco tiempos diferenciados que componen el viaje,

- **Tiempo de acceso a la red (ta):** "En este tiempo está comprendido aquel que es necesario para llegar desde cualquier lugar del área de influencia de la estación hasta el lugar preciso de la parada. Así, se tendrá por un lado el tiempo que se recorre a pie por la superficie, que está constituido por el tiempo necesario para ir desde el lugar de partida hasta la parada en superficie y, por otro lado, se tendrá el tiempo de recorrido que existe dentro de la estación para llegar desde la superficie hasta el andén correspondiente".
- **Tiempo de espera (te):** "En este caso el tiempo a considerar es el que el pasajero ha de estar esperando, desde que llega al andén hasta que aparece el tren. Este tiempo de espera es, de media, el correspondiente a la mitad de la frecuencia del servicio de transporte".
- **Tiempo de viaje (tv):** "El tiempo de viaje es aquel en que el usuario se encuentra físicamente realizando el viaje dentro del medio de transporte, e incluirá desde el momento en que el pasajero se monta en el vehículo hasta que lo abandona".
- **Tiempo de transbordo (tt):** "Se refiere a la cantidad de tiempo perdida para el intercambio entre líneas de transporte, una vez que ya se ha realizado un primer tramo del viaje. Este tiempo de transbordo no siempre aparecerá y será consecuencia de la necesidad de los viajeros de acceder a destinos no servidos directamente por una línea de transporte. Una vez realizado el transbordo en el intercambiador correspondiente existirá una nueva repetición de tiempos de espera y de viaje".

- **Tiempo de salida hasta el destino (ts):** "El tiempo de salida será simétrico al tiempo de acceso en cada estación, y se corresponderá con la suma de los tiempos de llegada desde el andén hasta la superficie y del recorrido desde la parada al aire libre hasta el punto de finalización del viaje".

LA ASIGNACIÓN DE LAS IMPEDANCIAS A LA RED DE TRANSPORTE PÚBLICO Y AL VIARIO PEATONAL.

La asignación de las impedancias a los diferentes modos de transporte de la red, ya sea autobuses (urbanos y metropolitanos) así como al modo peatonal. Este es uno de los elementos fundamentales de la modelización de la red, puesto que controla la velocidad de desplazamiento en los diferentes modos de transporte, además de establecer diferencias entre las diferentes líneas de autobuses existentes.

Para llevar a cabo la asignación de las impedancias a la red de transporte público y al viario peatonal es necesario conocer las variables que intervienen en los diferentes modos de desplazamiento con el fin de obtener la velocidad de desplazamiento con la que establecer junto a la distancia, una impedancia temporal. Dicho proceso se muestra a continuación de forma específica.

ASIGNACIÓN DE LA IMPEDANCIA EN EL VIARIO PEATONAL

Establecida una velocidad media al caminar de 4-5 km/h es posible establecer una impedancia de carácter temporal de manera rápida y sencilla mediante la ecuación de la velocidad que relaciona el espacio y el tiempo. De esta forma conocida la velocidad media y la distancia de los tramos que componen la totalidad del viario se puede hallar el tiempo necesario para recorrer a pie determinado tramo del viario. En definitiva cuanto mayor sea la distancia que se

desee recorrer, mayor será el tiempo necesario empleado para tal fin.

ASIGNACIÓN DE LA IMPEDANCIA EN LAS REDES DE TRANSPORTE PÚBLICO.

En el caso de las líneas de transporte público es necesario asignar a cada una su atributo de la velocidad media de servicio, este dato suele estar presente en diferentes documentos de la planificación urbana y de la movilidad, no obstante si dicha información no se encuentra disponible se puede establecer a partir del tiempo total de recorrido y la distancia del mismo. En este último caso debe tenerse en cuenta que la velocidad media resultante ya contiene incorporada la impedancia por parada

Una vez obtenidas y caracterizadas las líneas que conformarán la red intermodal es necesario llevar a cabo la misma operación sobre las paradas o estaciones. Este proceso resulta más importante que el que se lleva a cabo en las líneas, ya que las paradas son los puntos en los que se pueden dar una conexión de líneas e incluso de modos de transporte diferentes. En este marco, el proceso se lleva a cabo mediante la localización y unión de las paradas de los diferentes modos de transporte, teniendo especial atención a aquellas paradas que sean intramodales e intermodales. Una vez localizadas el conjunto de paradas que van a conformar la red intermodal, es preciso caracterizar cada una de las paradas con el fin de que el paso de una línea a otra o de un modo a otro se produzca correctamente, es decir que no existan anomalías en la transferencia entre redes que puedan variar los resultados finales. Este proceso de caracterización de la transferencia entre líneas y modos va a depender en gran medida del entorno del programa informático con el cual se esté modelando la red de transportes.

ASIGNACIÓN DE LA IMPEDANCIA EN PARADAS Y TRANSBORDOS.

Otro aspecto importante a tener en cuenta a la hora de diseñar una red intermodal sobre la que llevar a cabo los diferentes análisis

de accesibilidad los diferentes tiempos de espera y transbordo en los que se puede descomponer el tiempo total del viaje desde una perspectiva tradicional (tiempo entre el origen y el destino del desplazamiento).

Esta asignación de tiempo de transbordos es fundamental ya que evidencia el grado de intermodalidad que existe en la red de transporte, así como su eficiencia.

En este sentido, sobre cada una de las líneas será igualmente necesario identificar los lugares de parada, que permitirán tanto los cambios entre modos de transporte (modo autobús-peatón; autobús-metro, etc.) como los cambios entre líneas del mismo modo. Las paradas que impliquen un cambio de un modo de transporte público a otro, así como los diferentes cambios de líneas dentro de un mismo modo son penalizados en tiempo en función de las frecuencias de paso de cada línea o modo de transporte público.

LA ASIGNACIÓN DE LOS SENTIDOS DE LA RED DE TRANSPORTE PÚBLICO Y EL VIARIO PEATONAL.

La asignación de los sentidos de las calles es otro elemento importante a la hora de modelizar los desplazamientos de los diferentes modos de transporte público. Este aspecto está fuertemente condicionado por la forma de implementar la red de transporte, la herramienta informática con la que se elabora y el grado de desagregación que se quiera de la red. Así pues, para una red intermodal con máxima desagregación de las líneas de transporte público, la asignación de los sentidos presenta una menor complejidad que si las líneas de transporte que son coincidentes en una determinada vía se encuentran unificadas. En este último caso se deberá tener especial atención a la asignación de sentidos para que guarde máxima relación con el funcionamiento real de las distintas líneas de transporte.

► 4.1.2. VERIFICACIÓN DE LA ACCESIBILIDAD DE PARTIDA.

Una vez definida la red intermodal de peatones y transporte público se puede comenzar con el análisis de accesibilidad propiamente dicho. Así pues, los primero que se debe llevar a cabo es una verificación del estado de partida de la accesibilidad. Esta verificación tiene como finalidad conocer el estado de partida del sistema de transportes, poniendo de manifiesto cuáles son sus fortalezas y, sobre todo, dónde se encuentran sus principales deficiencias. Estas verificaciones son una fase importante dentro de la evaluación de la accesibilidad, ya que permite canalizar o priorizar los recursos hacia unas determinadas áreas de la ciudad, grupos de población o equipamientos públicos.

En este contexto, las verificaciones se deben llevar a cabo desde niveles superiores a inferiores, entendiendo esta aproximación como la más idónea para poder llevar a cabo una evaluación de las necesidades de accesibilidad existentes previo a la implantación de un sistemas de transporte público sin que ello suponga un esfuerzo cuantioso tanto económico como de tiempo. En esta línea, las verificaciones deben reflejar múltiples aspectos de la accesibilidad como aspectos ambientales, de información, de seguridad, físicas, económicos, etc. Sin embargo, para que las verificaciones no supongan una dilatación temporal importante durante el proceso de evaluación de la accesibilidad se suelen reducir los aspectos a aquellos que son más fundamentales considerar en el proceso de verificación, como son los aspectos espaciales y temporales de la accesibilidad.

Además de los mapas de verificación que pueden ser elaborados como se describe en los epígrafes siguientes, se pueden llevar a cabo en el seno de las verificaciones de accesibilidad, verificaciones específicas para cada una de los principales equipamientos públicos que son puntos destino a los que la población accede. Es en estas centralidades urbanas y metropolitanas en las que se deben identificar, normalmente mediante cuestionarios, los principales aspectos relacionados con la accesibilidad a la centralidad. Una vez efectuados los cuestionarios se puede explotar los resultados y apreciar de forma general

cuales son las principales deficiencias de accesibilidad, en términos generales, que presenta cada uno de los equipamientos públicos más significativos a escala urbana y metropolitana.

► 4.1.3. ÁREAS SERVIDAS Y NO SERVIDAS.

La evaluación de las áreas urbanas y/o metropolitanas servidas y no servidas se encuentra directamente relacionada con la densidad de paradas de transporte y su distribución en el ámbito urbano y/o metropolitano, como se puede apreciar en la Figura 11. Esta figura muestra que a una mayor densidad de paradas el área servida es mayor, no obstante también lo es el coste total del sistema de transporte público, así como el tiempo de viaje por el mayor número de paradas que reduce la velocidad punta del modo de transporte. Resulta, por tanto, fundamental el equilibrio en la densidad y distribución de las paradas de transporte público de tal forma que permita tener el máximo de área servida con el menor coste posible tanto económico como de tiempo de viaje.

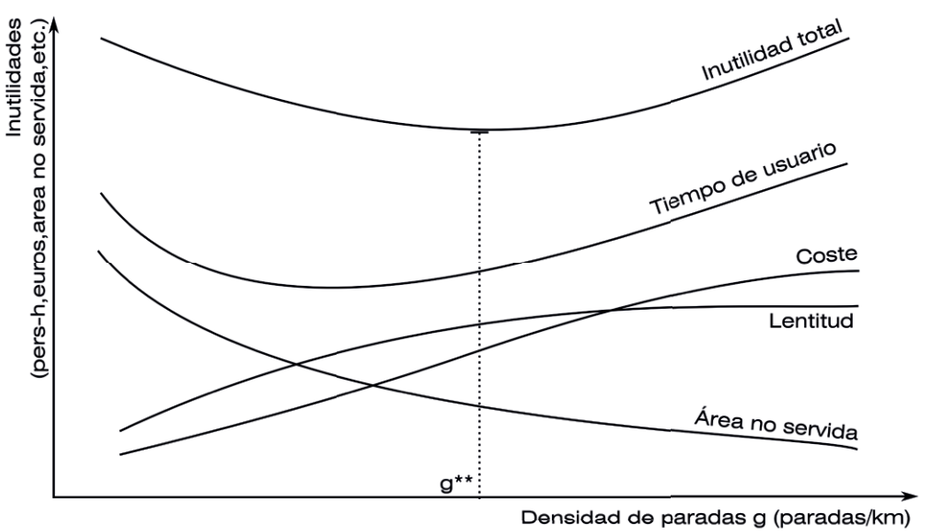


Figura 11: Diagrama de integración de objetivos para una densidad óptima de estaciones.
Fuente: Vuchic (2005).

OBJETIVO:

El objetivo de analizar las áreas servidas y no servidas es conocer qué zonas urbanas o metropolitanas se encuentran poco integradas desde un punto de vista de la accesibilidad en el sistema de partida de transporte público, así como aquellas zonas que por el contrario cuentan con los mayores niveles de accesibilidad al encontrarse dentro del área de confluencia de varias líneas de transporte público.

REQUISITOS NECESARIOS:

El análisis de las áreas servidas puede afrontarse de varias formas, en función de la cual variarán los requisitos necesarios. La forma más sencilla de análisis posee la ventaja de no necesitar requisitos previos más allá de conocer la localización de las paradas de transporte público, por lo que su implementación es sencilla y rápida de aplicar. En contraposición, un análisis de áreas servidas va a necesitar como requisitos previos la red intermodal implementada que ha sido desarrollada en los epígrafes anteriores, y que contiene información como frecuencias de paso, tiempo de paradas, velocidad de servicio, líneas conectadas por parada, etc.

MODELOS Y MEDIDAS:

Para el análisis de las áreas de servidas por el transporte público se utiliza el modelo basado en localización que es uno de los más extendidos, en el plano espacial, que se pueden emplear, y que se muestran de forma resumida en la Tabla 9. No obstante dentro de este modelo son varias las medidas que pueden aplicarse, en este caso ambas son de cobertura aunque poseen características diferenciadas.

COBERTURA BUFFER

La cobertura basada en la aplicación de un buffer sobre la parada de transporte público, como se apuntaba anteriormente, no necesita de requisitos previos, por lo que ofrece una aplicación rápida y directa a la hora de calcular la cobertura espacial que ofrece el transporte público. El empleo de esta medida da como resultado áreas homogéneas en su forma fruto de la independencia de la trama viaria que tiene lugar en el entorno de la parada.

ÁREA DE SERVICIO

La cobertura calculada sobre la red peatonal necesita de una serie de requisitos concernientes a la red peatonal y su caracterización, lo que supone un esfuerzo inicial para su cálculo. No obstante dicho esfuerzo tiene como contrapartida la obtención de unas áreas de cobertura de parada más reales, tal y como se aprecia en las formas heterogéneas resultantes, fruto de una consideración de la trama viaria *–Figura 12, Figura 13–*.

A la vista de la descripción anterior de cada una de las medidas aplicables para el análisis de las áreas servidas se puede obtener como conclusión que ambas medidas poseen ventajas y desventajas, de tal modo que la utilización de una u otra medida dependerá de la urgencia en la obtención de resultados y el grado de precisión que se desee alcanzar. Por otra parte, es preciso tener en cuenta que dicha elección puede no ser un aspecto trivial si se quiere llevar a cabo posteriormente análisis cruzados con datos poblacionales. En este supuesto planteado la elección de una medida u otra podría variar considerablemente la lectura de población servida por el transporte público, sobreestimando las áreas de servicio y encubriendo posibles deficiencias en el mismo *–Figura 14–*.

EJEMPLOS:

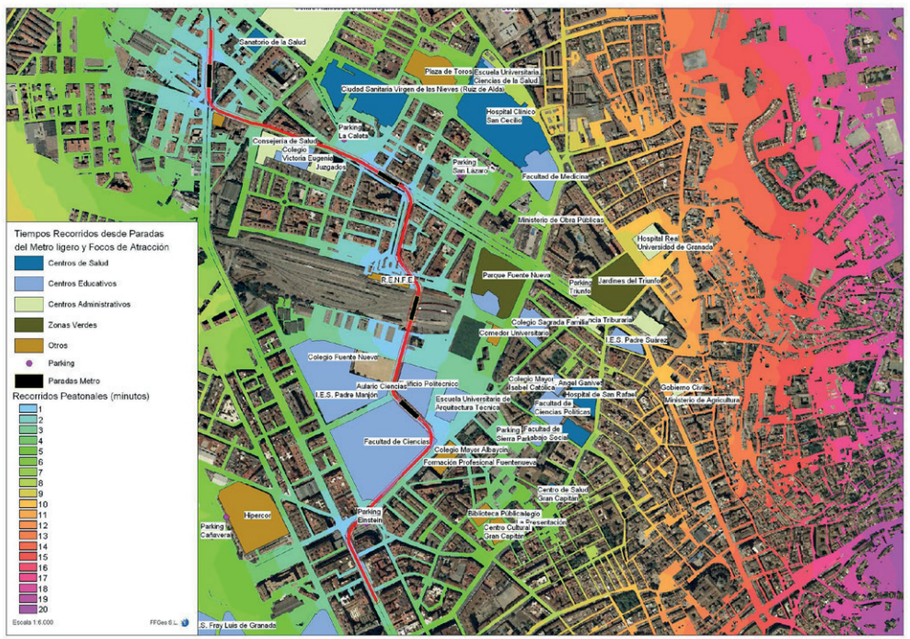
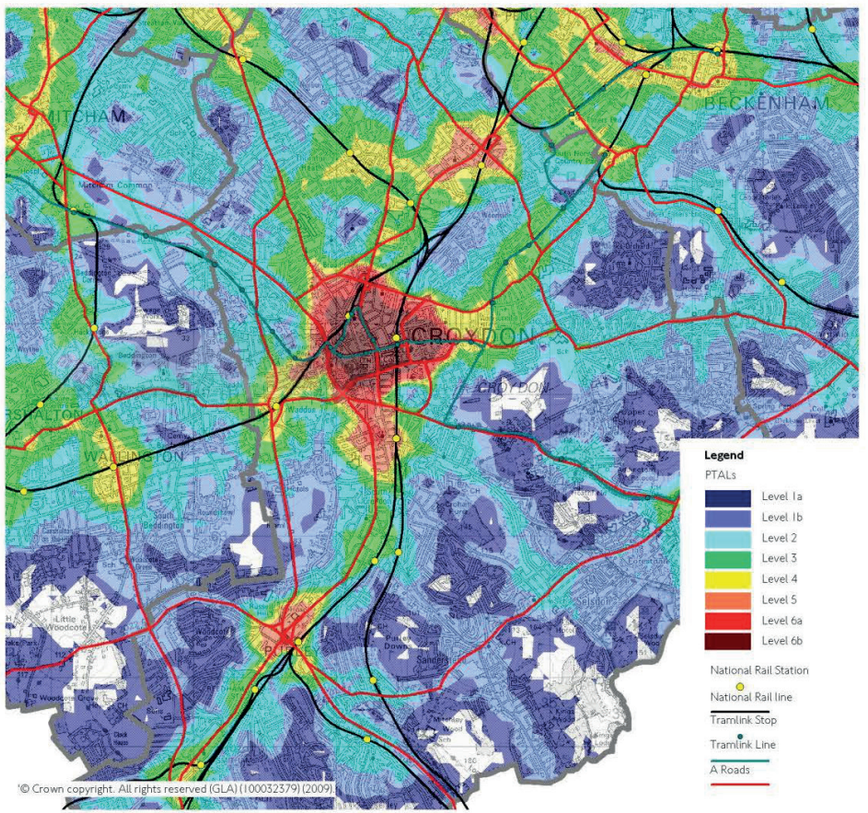


Figura 12: Ejemplo de isócronas generadas a partir de las paradas del Metropolitano de Granada.
Fuente: INGEROP



Source: Transport for London PTAL tool

Figura 13: Ejemplo de cobertura de las paradas de transporte público en Londres.
Fuente: Transport-for-London (2010)

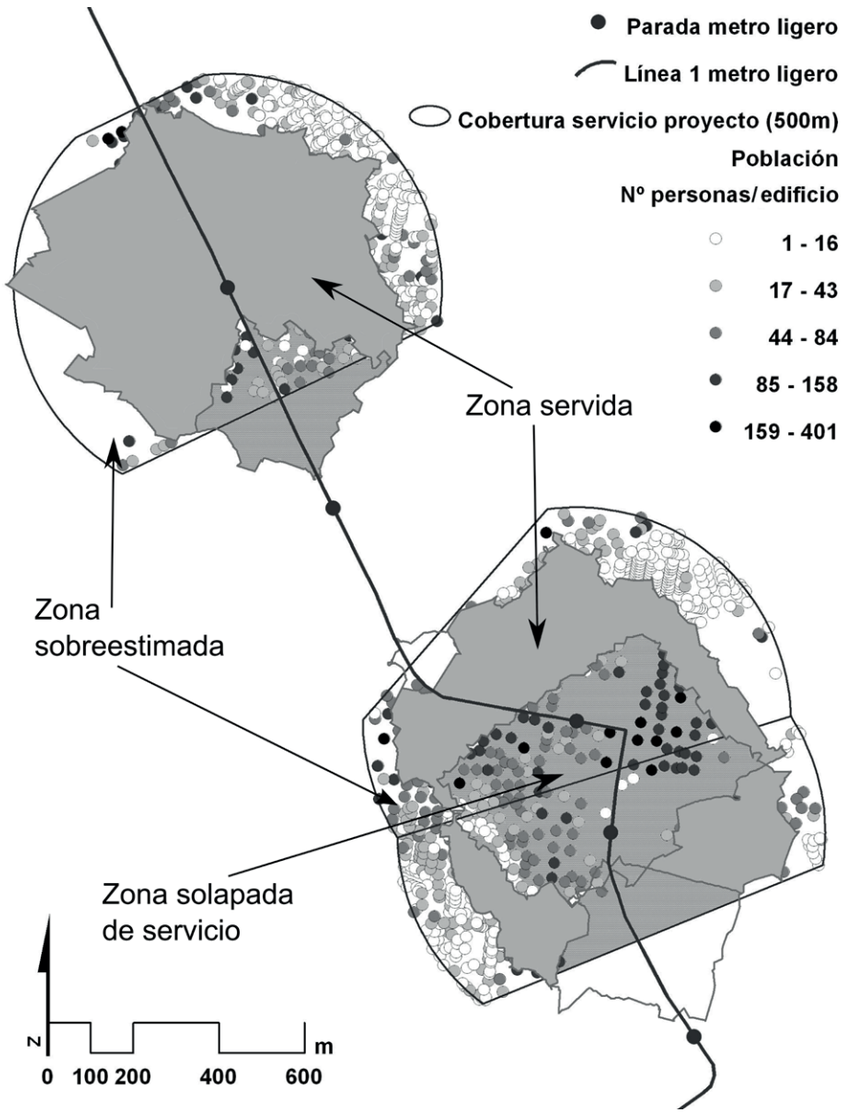


Figura 14: Ejemplo de solapamiento de áreas de servicio y diferencia entre modelos en paradas de metro ligero de Granada.
Fuente: Talavera-García and Valenzuela-Montes (2012)

► 4.1.4. EFICIENCIA ESPACIAL DEL SERVICIO.

Uno de los aspectos más destacados a la hora de analizar el estado de una red de transporte público existente es sin duda su eficiencia para proporcionar el servicio al que se encuentra encomendado. Es por ello que además de proporcionar áreas de servicio a toda la población, este servicio debe ser eficiente, de tal forma que permita a la población desplazarse en el menor tiempo posible, con el menor número de transbordos y que además le permita llegar al mayor número de destinos posibles.

OBJETIVO:

El objetivo de este análisis radica en conocer el estado en el que se encuentra cada una de las paradas que conforman la red de transporte de tal manera que además se saber qué área urbana recoge una parada, sea posible conocer si realmente esa parada presta un buen servicio a la hora de llevar a cabo desplazamientos o qué lugar ocupa dentro del conjunto de las paradas de transporte público.

Analizar la eficiencia de la red de transporte permite por tanto conocer el estado de servicio del conjunto de paradas de transporte público, lo que permite planificar de forma más óptima las nuevas líneas y/o los nuevos modos de transporte público que se quiera introducir.

REQUISITOS NECESARIOS:

Los requisitos necesarios, para analizar la eficiencia espacial del servicio de la red de transporte público previa a la inserción de una nueva línea o modo, son diversos dada la diversidad de indicadores que pueden aplicarse. Como requisitos básicos se encuentran las líneas y paradas de transporte público, así como los atributos que las caracterizan (frecuencias de paso, velocidad de servicio, etc.).

MODELOS Y MEDIDAS:

Por otra parte, la aplicación del modelo basado en redes sobre el conjunto de paradas de transporte público existente puede dar una idea del grado de servicio o funcionalidad que esa parada ofrece según una serie de indicadores específicos –*Tabla 7*–. La integración de todos los indicadores clasificados en intervalos diferenciados permite tener una idea de la jerarquía existente de las pardas, y por tanto del nivel de servicio que cada una de ellas ofrece (Curtis and Scheurer, 2010).

INDICADORES	
Frecuencia de paso	Centralidad de la parada
Líneas que conecta	Plazas de parking vinculadas
Nodos-paradas conectadas	Plazas de parking bicicletas
Modos conectados	vinculadas
Tiempo de recorrido máximo	Integración tarifaria

Tabla 7: Ejemplos de indicadores aplicables para la jerarquización de paradas de transporte público.
Fuente: Elaboración propia

NIVEL DE SERVICIO

El nivel de servicio es una herramienta ampliamente usada para auditar el estado del servicio del transporte público. Esta herramienta trata de convertir valores numéricos complejos, fruto de ecuaciones con cuantiosas variables a un gradiente sencillo de comprender por cualquier persona, que se asemeja al sistema de calificación educativa comúnmente utilizado en países anglosajones que va de la "A" a la "F". Esta valoración responde al nivel de calidad de servicio que es percibido por los usuarios del transporte público.

Profundizando en el sistema de calificación, la escala está compuesta por seis letras que van, como ya se ha comentado anteriormente, de la A a la F siendo la A la mayor graduación y por tanto el máximo nivel de calidad de servicio, y la F la menor graduación y por ende la peor calidad de servicio según los usuarios.

No obstante, esta herramienta puede contener en sí misma multitud de variaciones dependiendo de las variables consideradas en las ecuaciones en las que se sustenta, así como dependiendo del modo de transporte al cual se aplica. Es por tanto frecuente encontrar diferentes denominaciones sobre la base del acrónimo LOS como por ejemplo,

- MMLOS - MultiModal Level of Service (nivel de servicio multimodal)
- El nivel de servicio multimodal agrupa los diferentes niveles de servicios posibles de todos los modos de desplazamiento existentes.
- PLOS - Pedestrian Level of Service (nivel de servicio peatonal)
- El nivel de servicio peatonal es una combinación de la densidad peatonal junto con otros factores. En este sentido el nivel de servicio peatonal puede ser calculado de diversas formas, algunas de las cuales serán tratadas de manera más extensa en el epígrafe 4.4.1. En este contexto son varios los factores que componen el nivel de servicio peatonal como la densidad peatonal y otros factores distintos a la densidad.
- BLOS - Bicycle Level of Service (nivel de servicio ciclista)
- Por su parte el nivel de servicio ciclista es una combinación de la experiencia del ciclista a lo largo de los segmentos ciclables y de las intersecciones
- ALOS – Auto Level of Servicel (nivel de servicio del automóvil)
- El nivel de servicio del automóvil es una función de la velocidad a lo largo de la calle y del número medio de detenciones por longitud.
- TLOS - Transit Level of Service (nivel de servicio del transporte)

- El nivel de servicio de transporte se basa en una combinación de la experiencia del acceso, el tiempo de espera y la experiencia del usuario del transporte. En este sentido la experiencia del acceso de los usuarios al transporte público estaría representada por el valor del nivel de servicio peatonal en el segmento donde se encuentra la parada de transporte público. Por otra parte, el tiempo de espera y la experiencia del usuario sería una valoración conjunta.

- Cada uno de esos factores que son tenidos en cuenta para el cálculo del nivel del servicio alberga a su vez diferentes variables

JERARQUÍA DE PARADA

El análisis de la jerarquía de las paradas puede albergar diversos indicadores de gran utilidad para conocer el estado del sistema global de transporte en la situación actual, identificando aquellos puntos más conflictivos desde el punto de vista de la accesibilidad –*Figura 15*–. Del mismo modo, este análisis resulta muy relevante en la comparativa de escenarios alternativos donde se puede apreciar qué consecuencias puede tener las distintas alternativas en el sistema de transporte en su conjunto.

En este sentido los indicadores que se pueden considerar para evaluar la red de transporte pueden ser diversos. A continuación se muestran algunos,

- Frecuencia de paso
- Número de líneas que conecta
- Nodos-paradas conectadas
- Número de modos de transporte conectados
- Tiempo de recorrido máximo
- Plazas de parking vinculadas
- Plazas de parking bicicletas vinculadas
- Integración tarifaria
- Etc.

Además de estos indicadores sencillos en su aplicación, el análisis de la jerarquía de las paradas puede estar sustentado en indicadores obtenidos del análisis de la topología de la red, que ofrecen al planificador una información de notable utilidad.

En este sentido, encontramos el modelo conocido como Multiple Centrality Assesment (MCA) al que nos referiremos aquí como Valoración de Multicentralidad. Esta valoración tiene sus bases teóricas en Freeman (1977), aunque fue desarrollado, tal y como se conoce actualmente, por Porta, Crucitti, and Latora (2006). Esta valoración de multicentralidad se basa en la idea de cómo la forma urbana puede determinar ciertos procesos en las ciudades, sobre todo relacionado con la ubicación de determinados usos o el uso de determinados espacios públicos.

Aunque originalmente esta valoración no se concibe respecto a un modo de transporte concreto, se puede asumir que se aplica a modos no motorizados y privados, ya que se utiliza toda la red viaria para el análisis. Este análisis sobre la red viaria será tratado desde un punto de vista aplicado en el epígrafe referente a la parada y su entorno –*epígrafe 4.4*–. Por otra, la valoración de multicentralidad también puede ser aplicado para el sistema de transporte público (Curtis & Scheurer, 2010), obteniendo resultados muy clarificadores acerca de la configuración del sistema de transporte público y la variación que supone en el conjunto del sistema la inserción de una nueva línea con conexión en determinadas paradas.

Entre el conjunto de indicadores que se desarrollan bajo esta valoración son tres los que frecuentemente son utilizados.

Cercanía (Centrality closeness): mide la cercanía de un nodo respecto al resto de nodos existentes, a través de la ruta más corta en la red. La cercanía CC de un nodo y se define como:

$$C^C = \frac{N-1}{\sum_{j=1;j\neq i}^{N} d_{ij}}$$

N: Número total de nodos en la red

d_{ij}: Distancia más corta entre los nodos i y j

Intermediación (Betweenness centrality): se basa en la idea de que un nodo es más central cuando es atravesado por un mayor número de las rutas más cortas que unen un par de nodos en la red. La intermediación implica que un determinado nodo puede no ser importante como origen o destino de los desplazamientos o trayectos, pero sí relevante desde el punto de vista de canalización de dichos desplazamientos.

En este sentido la intermediación CB se define como:

$$C_i^B = \frac{1}{(N-1)(N-2)} \sum_{j=1;k=1;j\neq k\neq i}^{N} \frac{n_{jk}(i)}{n_{jk}}$$

N: Número total de nodos en la red
njk: Número de rutas cortas entre los nodos j y k
njk (i): Número de esas rutas cortas que contienen el nodo i

Rectitud (Straightness centrality): este indicador parte de la idea de que el trayecto entre dos nodos es más eficiente cuando menos desviaciones tiene que realizar respecto a una hipotética línea recta que una ambos nodos. La rectitud CS se define como:

$$C_i^S = \frac{1}{N-1} \sum_{j=1;j\neq i}^{N} \frac{d_{ij}^{Eucl}}{d_{ij}}$$

N: Número total de nodos en la red
djkEucl : Distancia Euclídea entre los nodos i y j

Estos indicadores propuestos principalmente sobre viario, han sido posteriormente utilizados en redes de transporte público, con la finalidad de evaluar el estado de la red de transporte de manera general. En esta contexto destaca el trabajo desarrollado por Curtis and Scheurer (2010) bajo el nombre de SNAMUTS (spatial network analysis for multimodal urban transport systems) –*Tabla 8*–.

INDICADORES SNAMUTS	
Impedancia	Movimiento más fácil entre nodos próximos en función del tiempo y frecuencia
Grado de centralidad	Número de grados de separación de un nodo respecto del resto
Cercanía a la centralidad	Movimiento más fácil entre un nodo y el resto de nodos de la red
Eficiencia de la centralidad	Número de residentes y trabajos accesibles en media hora
Tamaño de cobertura	¿Cuánta facilidad de mejora de movimiento posee la red?
Centralidad intermedia	¿Cómo están distribuidas espacialmente las oportunidades a lo largo de la red?
Comparativa de velocidad	¿Cómo de competitivo es el trayecto en transporte público respecto del coche?
Índice de conectividad	¿Cómo de bien integrado está un nodo en el conjunto de la red de oportunidades?

Tabla 8: Indicadores SNAMUTS.
Fuente: Adaptado de Curtis and Scheurer (2010)

EJEMPLOS:

Figura 15: Jerarquía de las paradas de transporte público del ámbito del Metropolitano de Granada.
Fuente: Francisco Aguilera Benavente

CUADRO RESUMEN DE MEDIDAS:

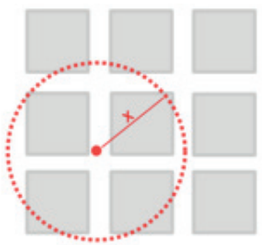
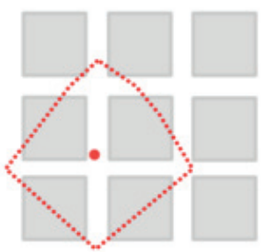
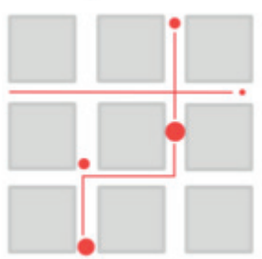
INDICADORES SNAMUTS	INDICADORES SNAMUTS	INDICADORES SNAMUTS
	Intuitivo Rápido	Sobreestimación
	Ajuste a la realidad	Requerimientos de partida
	Facilidad de comunicación Incremental Visión de conjunto	Requerimientos según variables Requerimientos según ponderación de variables

Tabla 9: Resumen métodos para el análisis de la accesibilidad al transporte público existente.
Fuente: Elaboración propia

4.2. ¿A DÓNDE? ACCESIBILIDAD A CENTRALIDADES / OPORTUNIDADES.

Uno de los aspectos fundamentales a la hora de planificar la integración de un nuevo modo de transporte o de una línea de los ya existentes es conocer aquellas zonas de la ciudad que demandan accesibilidad, es decir aquellos lugares a los que la población necesita acceder, ya sea por motivos de salud, educativos, alimenticios, administrativos, etc.

Uno de los pilares básicos en la evaluación de la accesibilidad son los usos del suelo, por tanto conocer cuáles son los principales usos del suelo de carácter metropolitano y urbano, así como dónde están ubicados.

Además, las características propias de cada uso de suelo, así como su temporalidad de uso resultan imprescindibles para poder gestionar la movilidad, segundo gran pilar del que se compone la accesibilidad.

¿QUÉ SE CONSIGUE MEJORANDO LA ACCESIBILIDAD MEDIANTE LOS SISTEMAS DE METRO LIGERO A LAS CENTRALIDADES?
Mejorar la salud y la falta de equidad en el acceso.
Mejorarla participación, asistencia en educación.
Promocionar el trabajo como mejor forma.
Aumentar los niveles de inclusión social, renovación de barrios y prosperidad regional.
Generar oportunidades y mejora de la accesibilidad de los servicios a la población en riesgo de exclusión.
Incrementar la participación en las actividades culturales y deportivas.

Las centralidades son en palabras del CERTU (2003),

"Lugar de vida, de intercambios y de movimientos, que permiten una mezcla social, un reagrupamiento de actividades, de equipamientos y de servicios con un poder de atracción y de difusión más o menos extendido".

Si bien esta definición se plantea desde una perspectiva positiva, las nuevas centralidades poco tienen que ver con los centros urbanos en los que los ciudadanos podían acceder con facilidad. En la actualidad las centralidades se plantean, cada vez más, como complementos a áreas residenciales o usos del suelo homogéneos, y frecuentemente ligadas al consumo como es el caso de los centros comerciales (Duhau & Giglia, 2007).

Además de lo que supone la existencia en si misma de una centralidad en lo que a accesibilidad se refiere, su distribución en la ciudad o área metropolitana, la relación con el resto de centralidades y las características de la propia centralidad va a tener repercusión en la oferta de acceso que se genere, así como la demanda por parte de la población de acceder a dicha centralidad. En este sentido, cuestiones como la densidad, la diversidad y el diseño (Cervero & Kockelman, 1997) adquieren gran relevancia a la hora de considerar las centralidades.

La densidad posee una gran relevancia en relación con la accesibilidad, ya que esta determina que un alta concentración de centralidades generen un efecto sinérgico entre ellas (Salingaros, Coward, West, & Bilsen, 2005). Este efecto sinérgico genera a su vez una mayor demanda de accesibilidad debido a que en un espacio reducido de superficie urbana se pueden tener disponibles múltiples centralidades.

Por otra parte, si además estas centralidades son diversas su efecto sinérgico es todavía mayor ya que en dicho espacio reducido además de poder localizar multitud de centralidades, estás son variadas por lo que una persona que acceda a dicha zona podrá ver satisfecha todas sus necesidades en un radio reducido. Esta idea no es nueva,

ya que en los núcleos de población de tamaño pequeño o medio se encuentran con facilidad este tipo de estructuras de centralidad en los que las centralidades se concentran alrededor de una plaza o a lo largo de una calle.

Finalmente, el tercero de los factores a tener en cuenta en relación con las centralidades consiste en el propio diseño de la centralidad. En este sentido el factor de diseño resulta más complejo de determinar y valorar debido a que puede incorporar multitud de variables como el horario de apertura y cierre, la diversidad interna, la decoración, la temperatura dentro de la centralidad, las colas de personas esperando, etc. Todo ello puede dar como resultado diferentes grados de confort y atracción de los peatones, y por ende diferentes demandas de acceso a dichas centralidades.

► 4.2.1. OPORTUNIDADES DE EMPLEO

Los puestos de trabajo son los lugares más relevantes en cualquier estudio de accesibilidad, ya que son estos los que poseen una demanda clara de accesibilidad que necesita ser satisfecha de manera prioritaria. Esta accesibilidad suele recogerse de forma habitual en los estudios de accesibilidad, así como en los estudios de movilidad urbana. En estos estudios estas oportunidades se analizan en una categoría propia conocida como accesibilidad por motivos laborales o de trabajo. Además, dado la necesidad de la población de acceder a estos lugares, hay diversos factores que no son relevantes en el efecto de atracción como es el diseño. Sin embargo, adquiere una especial importancia la cuestión de la densidad, ya que identificar aquellas zonas con mayores densidades de oportunidades laborales permite llevar a cabo estrategias de movilidad y posibilita la inserción de una parada de transporte público que pueda dar respuesta a la demanda de acceso. En lo que a diversidad se refiere, ésta no es relevante desde el punto de vista de acceso de los trabajadores a sus puestos de trabajo, pero si posee una clara importancia si se estos puestos de trabajo son también atractores de clientes, debido a la mayor atracción por la sinergia que produce la diversidad de usos del suelo o centralidades a escala local.

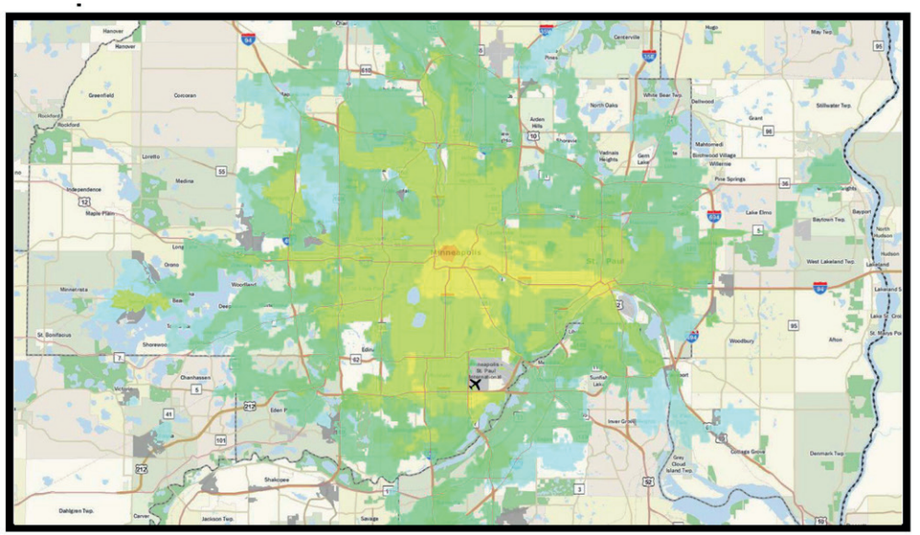


Figura 16: Ejemplo de análisis accesibilidad a puestos de trabajo:
Fuente: University of Minnesota

► 4.2.2. CENTRALIDADES

Dentro del conjunto de centralidades presentes en una determinada área metropolitana, se pueden clasificar estas según sus características. Así pues, una de las formas más utilizada para clasificar las centralidades es según su tipología o función, así como según la escala a la que presta servicio.

Esta diferenciación intenta responder a las diferencias en las que se lleva a cabo el acceso a cada una de esas tipologías, ya sea por modo de transporte, por horario o por días de la semana. De igual

modo ocurre con la escala, que tiene como consecuencia la capacidad de atraer población desde una distancia menor o mayor.

SEGÚN TIPOLOGÍA

- Centralidades educativas
- Centralidades administrativas
- Centralidades culturales
- Centralidades comerciales
- Centralidades de ocio
- Centralidades de transporte

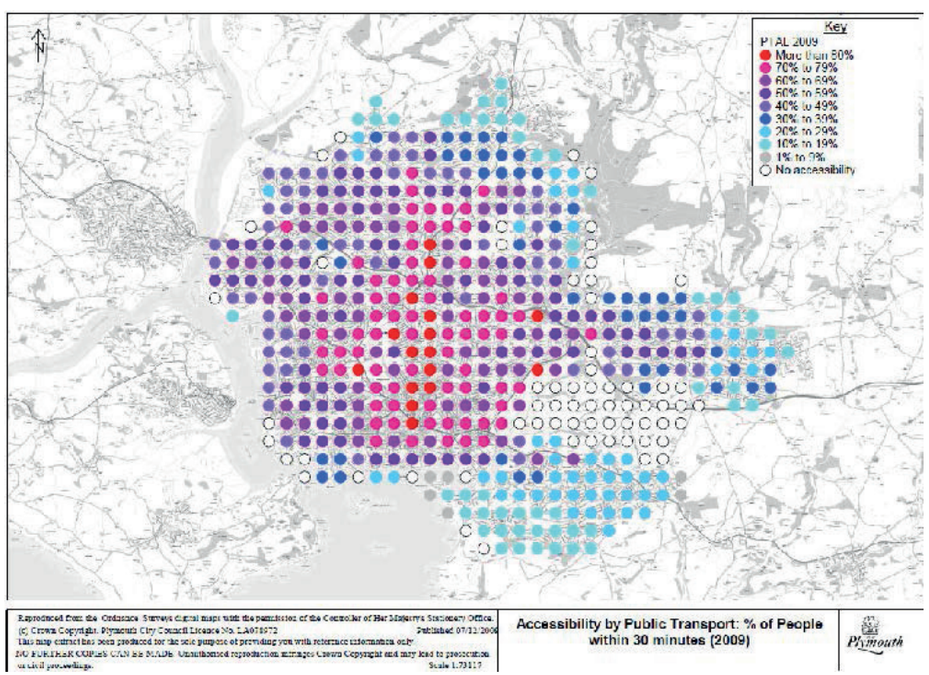


Figura 17: Grado de accesibilidad en transporte público a centralidad sanitaria en Plymouth:
Fuente: Plymouth-City-Council (2010)

SEGÚN ESCALA

- Metropolitanas
- Urbanas
- Locales

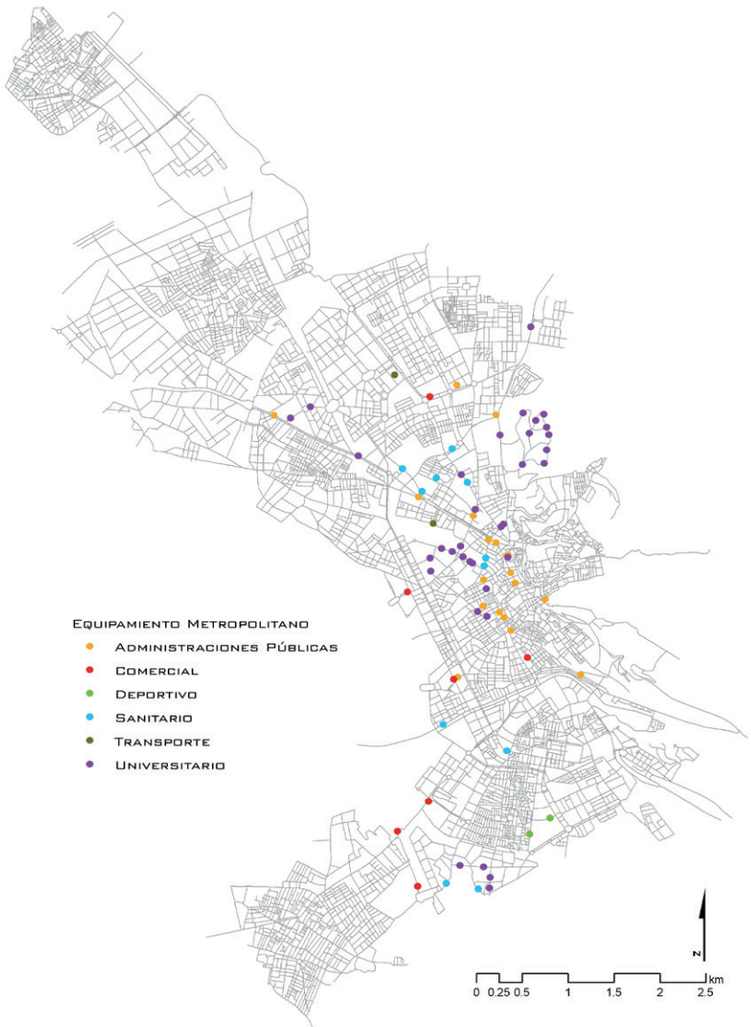


Figura 18: Ejemplo de caracterización de centralidades metropolitanas del ámbito del Metropolitano de Granada.
Fuente: Elaboración propia

► 4.2.3. OBJETIVO:

El objetivo de analizar las centralidades/oportunidades metropolitanas no es otro que el de conocer cuáles son las demandas de accesibilidad existente y poder así planificar el sistema de metro ligero de forma que esa demanda de accesibilidad pueda ser satisfecha. Del mismo modo, con la planificación del sistema de metro ligero se pueden analizar aquellas zonas que además de satisfacer la demanda de accesibilidad generan zonas de oportunidad para nuevas centralidades.

► 4.2.3. REQUISITOS NECESARIOS:

Para analizar el grado de accesibilidad espacial que presentan las centralidades u oportunidades es necesario en primer lugar contar con la localización de dichas centralidades u oportunidades con un grado de desagregación tal como el grado de detalle o precisión que se quiera obtener. Cumplido el requisito básico de la localización de las centralidades, los siguientes requisitos varían en función de las medidas que se vayan a emplear. Así pues para un análisis básico en el que se empleen buffers no será necesario ningún requisito adicional, mientras que si se requiere mayor precisión en función del trazado existente de las calles será necesario contar con la red peatonal. Por otra parte, para análisis de acceso a centralidades teniendo en cuenta no solo el acceso desde la parada, sino la accesibilidad desde el origen del trayecto, será necesario contar con la red intermodal completa con sus características básicas como frecuencias de paso, tiempo de paradas, velocidad de servicio, líneas conectadas por parada, etc.

► 4.2.4. MODELOS Y MEDIDAS:

Para llevar a cabo los análisis referentes a las centralidades metropolitanas, el modelo de localización basado en el lugar ofrece diferentes posibilidades de gran interés. Con este fin es necesario la utilización del análisis de redes sobre la implementación de la red de viario peatonal y de transporte público.

De este modo, implementada la red intermodal y caracterizada con los atributos de velocidad, longitud y tiempo se puede determinar la superficie de atracción que ejerce cada una de las centralidades según su tipología o características.

Otro análisis interesante en este sentido son las matrices origen-destino (OD), estas matrices permiten conocer, por ejemplo, que secciones censales tienen mejores tiempos de acceso a las centralidades o a las oportunidades laborales.

TIEMPO MÍNIMO

Esta medida hace referencia al menor tiempo posible que es necesario emplear para desde un origen determinado alcanzar una centralidad urbana o metropolitana.

Uno de los casos en los que se utiliza esta medida, por ejemplo, es para evaluar el tiempo necesario desde las diferentes secciones censales para alcanzar una centralidad metropolitana. En esta línea se pueden establecer una serie de orígenes y de destinos configurando lo que se conoce como matrices OD (Origen-Destino).

COBERTURA O CONTORNO:

La medida de contorno permite conocer cuántas centralidades se encuentran en un radio determinado de acción respecto a la parada de transporte público. Por tanto, cuanto mayor número de centralidades estén en el área de cobertura de una parada de transporte, más accesible serán dichas centralidades y habrá una mayor satisfacción de la demanda.

Cabe destacar que esta medida puede ser utilizada en dos momentos bien diferenciados. El primero de ellos corresponde al periodo en el que se planifican las paradas de las nuevas líneas o el nuevo modo transporte público. En este momento se puede establecer un radio igual al de cobertura de la parada de transporte que se pretende implantar, para cada una de las centralidades. Dicha cobertura permite conocer en qué lugares existen áreas de solapamiento, que son las áreas de máxima oportunidad y por tanto preferentes para localizar las paradas de transporte público.

Por otra parte, en aquellas zonas en las que no esté planificada ninguna centralidad, el área de influencia de la parada de transporte público resulta también de máxima oportunidad para el establecimiento de centralidades, por la oferta de accesibilidad que implica.

Uno de los aspectos adicionales que pueden ser contemplados en la medida de contorno además de la densidad de centralidades, es la diversidad de las mismas. En este sentido, una mayor diversidad de centralidades conlleva un mayor grado de atracción y de demanda.

Finalmente, es preciso destacar que en ambos casos esta medida puede analizarse mediante el establecimiento de áreas buffer o áreas generadas a partir de la red peatonal, con las ya mencionadas diferencias en el ajuste a la realidad en ambos resultados.

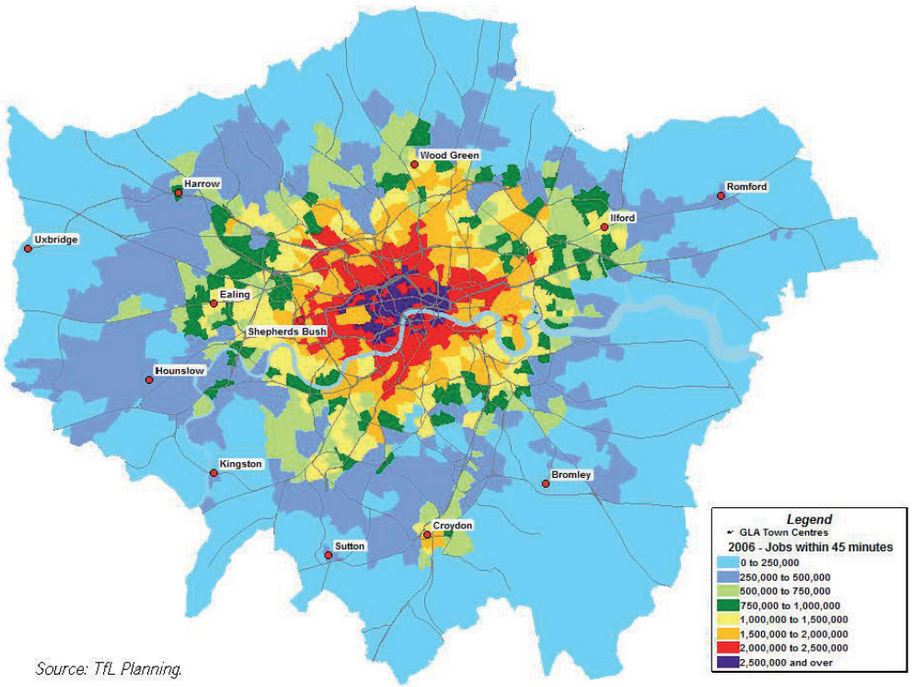


Figura 19. Empleos accesibles en Londres.
Fuente: Travel in London Report 3 (2010)

GRAVITACIONAL:

La medida gravitacional supone un paso más en el análisis de las centralidades en relación con las paradas de transporte público. En esta medida se considera la diversidad de las centralidades y su efecto sobre la demanda. En este contexto dependiendo de qué centralidad se trate puede tener una mayor demanda o menor de accesibilidad en función de la distancia *–Figura 20–*, así como de la edad de la población *–Figura 21–*.

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente, la ubicación de las paradas de transporte público pueden variar su ubicación con respecto

a la medida de contorno, ya que con la medida gravitacional, lo que se busca es que la parada de transporte público esté en los valores más elevados posibles de todas las centralidades y en caso de no poder satisfacerse esta necesidad, se busca la el valor más elevado de la centralidad que se considere más relevante a la hora de satisfacer la demanda de accesibilidad.

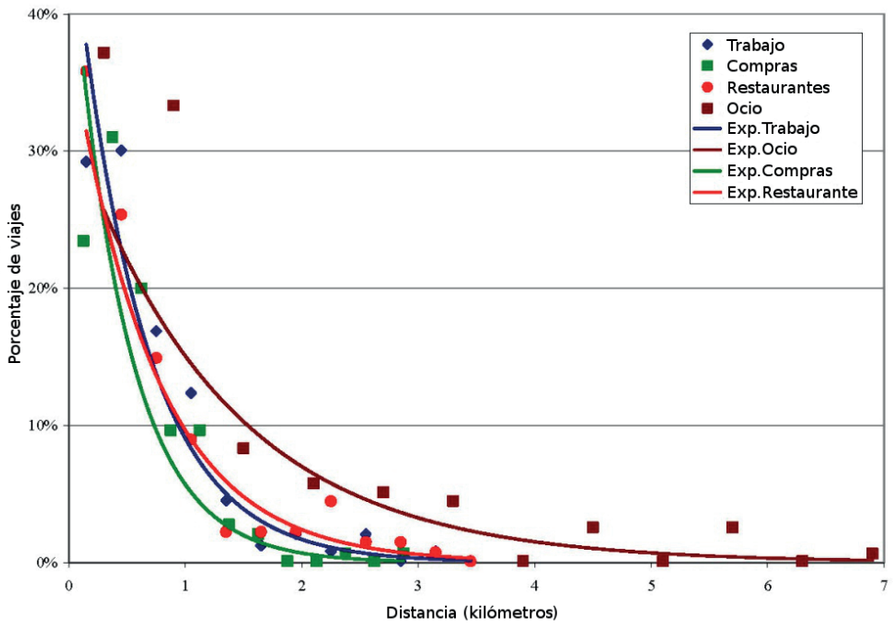


Figura 20: Decaimiento de la atracción según centralidad.
Fuente: Adaptado de Iacono, Krizek, and El-Geneidy (2010)

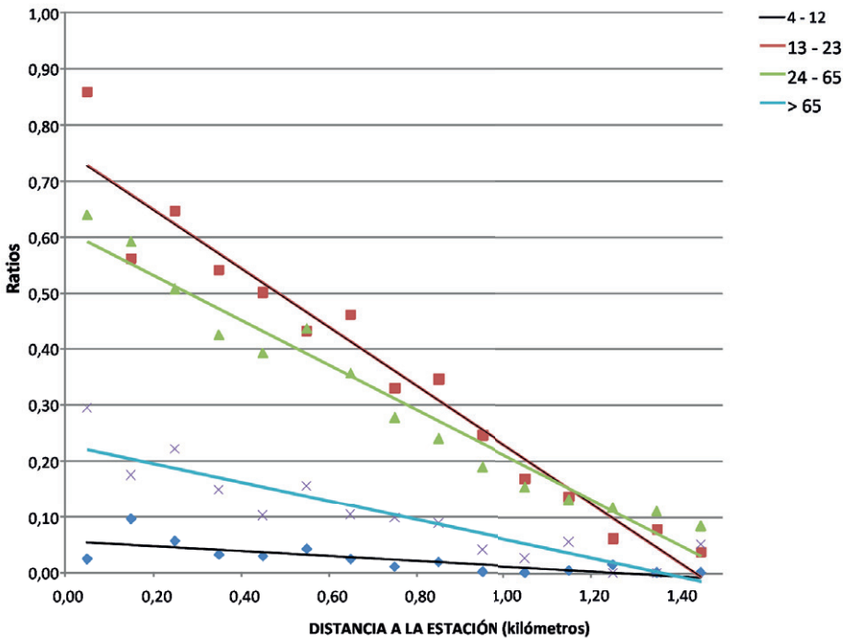


Figura 21: Decaimiento de la atracción según edad de la población.
Fuente: Adaptado de Gutiérrez-Puebla and García-Palomares (2008)

► 4.2.5. EJEMPLOS:

Figura 22: Ejemplo de análisis de tiempos de acceso a centralidades del ámbito del Metropolitano de Granada.
Fuente: Elaboración propia

CUADRO RESUMEN DE MEDIDAS:

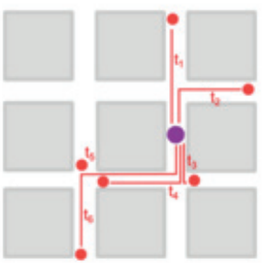
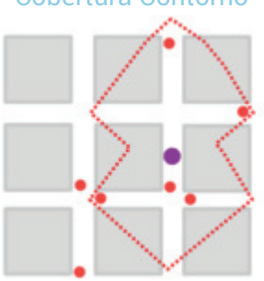
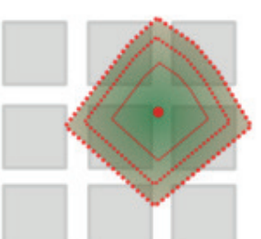
MEDIDAS	PROS	CONTRAS
Tiempos de acceso 	Aproximación a la realidad	Requerimientos de partida
Cobertura-Contorno 	Visión de conjunto Zonas de máxima oportunidad	Sobreestimación de accesibilidad No distingue tipología
Gravitacional 	Ajuste al comportamiento	No considera el propósito personal

Tabla 10: Resumen de métodos para el análisis de accesibilidad a centralidades
Fuente: Elaboración propia

4.3. ¿PARA QUIÉN? POBLACIÓN SERVIDA Y EQUIDAD DEL ACCESO.

Uno de los aspectos fundamentales a la hora de planificar un sistema de transporte público con sus correspondientes paradas es conocer la población a la que va a dar servicio. En este sentido es bien conocido y habitual analizar la densidad de población para en base a ella planificar las paradas. No obstante, en ocasiones no se tiene en consideración la caracterización de esa población a la que se está ofertando accesibilidad, de modo que esta cuestión puede determinar el éxito o fracaso en las previsiones de población desplazada anualmente y por tanto poner en entredicho la rentabilidad del propio proyecto.

PLANES	Plan de ordenación territorial del área urbana (POTAU) Plan general de ordenación urbanística (PGOU) Plan de movilidad urbana (PMU / PMUS)
MOMENTO	[ES] Evaluación estratégica [EL] Evaluación local
ESCALA	Subregional Metropolitana Municipal
ACTORES	[AR] Administración regional [AL] Administración local [GI] Grupos interesados

Tabla 11: Información para la aplicación
Fuente: Elaboración propia

PLANES
Mayor equidad en el acceso a los servicios públicos.
Mejorar la integración social aumentando el acceso a oportunidades.
Mejorar la accesibilidad a los servicios y centralidades de la población cautiva del transporte público como personas de avanzada edad y jóvenes.
Mejorar la eficiencia del transporte público ajustando la demanda de acceso lo más posible a la realidad

► 4.3.1. DENSIDAD DE POBLACIÓN.

Como ya se ha formulado en el Epígrafe 2, la densidad de población es sin lugar a duda uno de los análisis más manejados en la planificación de los sistemas de metro ligero ya que en base a los cálculos de población anual desplazada se establece la viabilidad o no del proyecto. No obstante, este análisis tan asumido en la planificación de sistemas de metro ligero en ocasiones alberga una sobreestimación fruto de los métodos implementados que repercuten de forma importante en las previsiones de población desplazada.

OBJETIVO:

El objetivo del análisis de la densidad de población reside en determinar cómo se distribuye a lo largo del área metropolitana la población de manera que permita planificar el sistema de metro ligero en concordancia con una alta densidad de población. La planificación del sistema de metro ligero en función de la densidad permitirá a priori compensar a largo plazo la inversión realizada, no obstante es necesario considerar los puntos que se tratan en epígrafes posteriores *–5.2 y 5.3–*.

LEER LA GUÍA DE ESTRUCTURA URBANA PARA AMPLIAR INFORMACIÓN SOBRE LA DENSIDAD

REQUISITOS NECESARIOS:

Líneas de transporte público, frecuencias de paso, paradas, velocidad de servicio, líneas conectadas por parada, etc.

MODELOS Y MEDIDAS:

Para analizar la distribución de la densidad de población en un área metropolitana es necesario tener los datos relativos a número de personas por edificio, no obstante en muchas ocasiones esta información resulta complicada de obtener sin llevar a cabo una recolecta de datos puerta a puerta. Ante esta situación resulta imprescindible acudir al ente institucional que se encuentre en posesión de la información estadística necesaria para el análisis. Dependiendo del grado de desagregación a los que se encuentren los datos estadísticos será conveniente distribuirlos espacialmente en función del número de alturas que tengan los edificios, cuyo dato se puede extraer del catastro.

Una vez hayan sido caracterizados todos los bloques, manzanas o secciones censales en función de la densidad de población se puede llevar a cabo el análisis de población servida por cada parada. Con este fin se recure al modelo de accesibilidad basado en el lugar dentro del cual es posible encontrar diferentes técnicas. A continuación se listan algunas de las medidas más conocidas como son la cobertura buffer y el área de servicio, así como sus respectivas ventajas e inconvenientes.

COBERTURAS BUFFER:

Es la técnica de asignación más habitual y más sencilla de aplicar. Consiste en determinar mediante la distancia euclidiana, generalmente de 500 metros, él área que rodea a la parada de metro ligero. De esta forma, la población que quede en el interior de esta área corresponde a la población servida e igualmente se puede apreciar la densidad

de población de esa área de servicio. A la ya mencionada ventaja en cuanto a la sencillez e inmediatez de aplicación se contrapone la sobreestimación que se produce al ser una distancia euclidiana, ya que esta distancia no tiene en cuenta que los peatones únicamente pueden desplazarse por las calles.

ÁREAS DE SERVICIO:

Esta técnica para la determinación del área de servicio de las paradas de metro ligero tiene como principal ventaja la aproximación a una situación real eliminando en este sentido la sobreestimación que se producía en el caso anterior. No obstante esta mejor aproximación a la situación real conlleva un mayor trabajo en el tratamiento del viario peatonal y su caracterización.

EJEMPLOS:

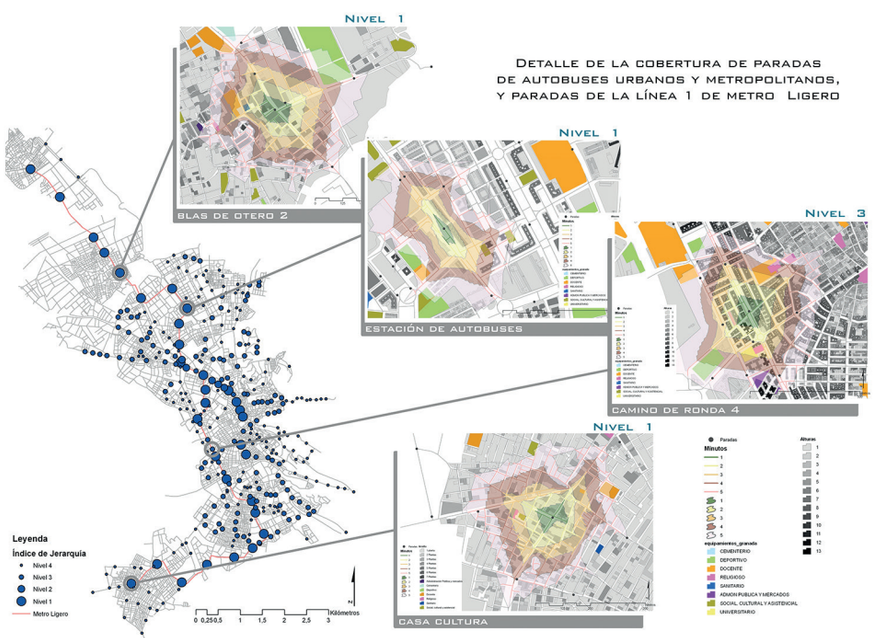


Figura 23: Ejemplo de jerarquía de paradas y su entorno en el ámbito del Metropolitano de Granada.
Fuente: elaboración propia

► 4.3.2. POBLACIÓN DEPENDIENTE.

Como fue descrito en el epígrafe anterior a la hora de establecer la ubicación de una parada suele tenerse en cuenta la población servida como indicador de la viabilidad del proyecto, de esta forma cuanto mayor es la población servida mayor viabilidad tiene el proyecto ya que la recuperación de costes de implantación será en un tiempo menor. No obstante, la consideración de población servida no garantiza que realmente esa población vaya a ser usuaria del metro ligero, es por ello que se hace necesario incorporar otras variables, como las socioeconómicas –*Figura 15*–, con el fin de que los valores de población servida puedan acercarse a la realidad.

OBJETIVO:

El objetivo del análisis de población dependiente no es otro que caracterizar aquellos grupos de población cuyas características socioeconómicas las hacen más susceptibles de depender del transporte público para efectuar sus desplazamientos.

REQUISITOS NECESARIOS:

Líneas de transporte público, frecuencias de paso, paradas, velocidad de servicio, líneas conectadas por parada, etc.

MODELOS Y MEDIDAS:

Los métodos para el análisis de la población dependiente servida son los mismos que los empleados para el análisis de población servida descritos en el epígrafe anterior, sin embargo la diferencia radica en la información base sobre la que desarrollamos el análisis.

La información base con la caracterización de la población se puede extraer de la institución estadística pertinente, en este caso el censo poblacional. Obtenida información hay que evaluar el grado de desagregación que posee ya que condicionará la precisión del análisis, siendo más preciso cuanto más desagregada se encuentre la información. En los casos en que la información disponible no cuente con el grado de desagregación adecuada es posible llevar a cabo un pre-procesamiento de la información para que tenga un mayor detalle, sin embargo esta mejora en el detalle tendrá lugar a costa de la veracidad de la información, pasando a ser una distribución aproximada o simulada, pero alejada de la realidad.

El procedimiento de aplicación de las medidas es el mismo que ha sido expuesto en el apartado anterior de análisis de densidad de población.

EJEMPLOS

Como ejemplo de la aplicación de las medidas presentadas, la figura 24 muestra el análisis de la población dependiente servida en el ámbito del proyecto del Metropolitano de Granada. Este análisis se basa en la localización en base a la información censal de dónde se encuentran la mayor concentración de población con una edad menor de 15 años, lo que implica que dicha población no está en edad de poder moverse en ningún modo de transporte privado. Esta información demográfica se cruza con las áreas de cobertura establecidas para las paradas del Metropolitano de Granada, teniendo en cuenta su jerarquía en función de la red intermodal de transporte público. Con toda la información se puede apreciar espacialmente qué población menor de 15 años se encuentra cubierta por la oferta de transporte público.

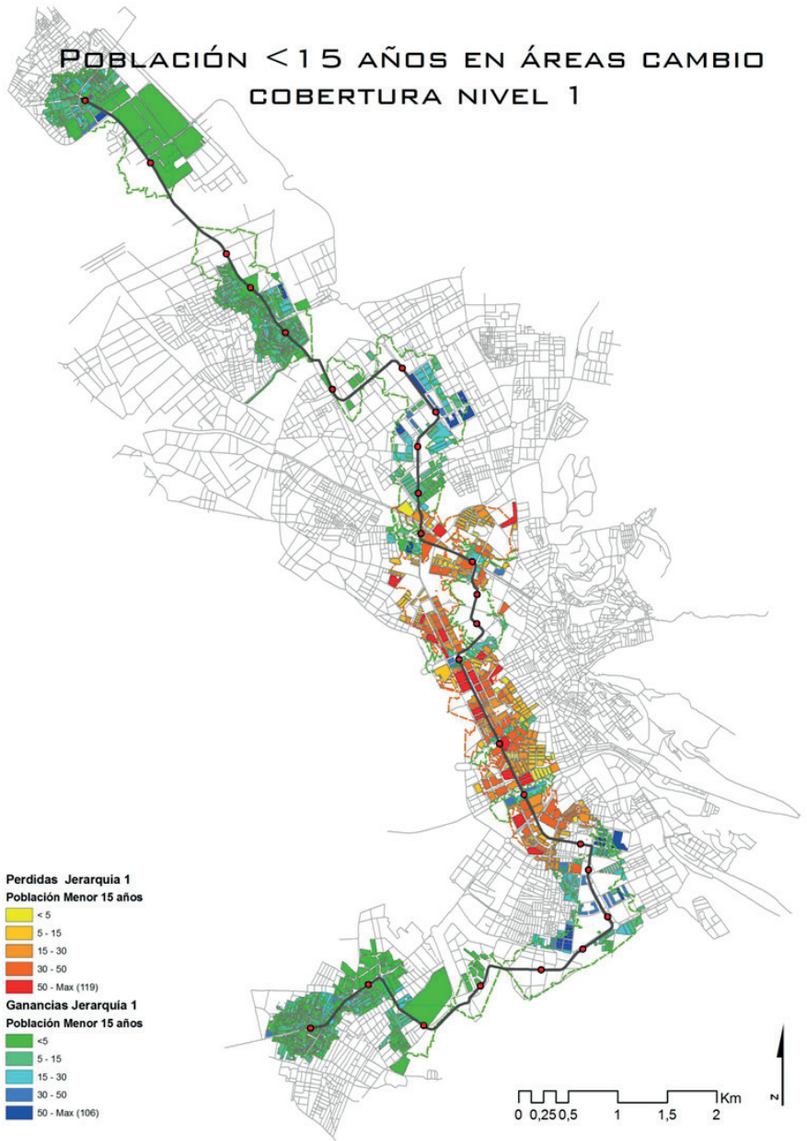


Figura 24: Análisis de población dependiente servida (menor 15 años) en el ámbito del Metropolitano de Granada.
Fuente: Francisco Aguilera-Benavente.

► 4.3.3. INTEGRACIÓN SOCIAL.

Otro de los aspectos importantes a la hora de planificar los sistemas de metro ligero es además de considerar la densidad de población servida, analizar cómo optimizar la capacidad de este sistema de transporte público para estructurar el área donde se integra. En este sentido un sistema de metro ligero puede favorecer la integración en el conjunto de la ciudad de ciertas zonas de la ciudad que por diversas circunstancias se encuentran poco integradas, de tal forma que dichas zonas puedan regenerarse a partir de la implantación de este sistema de transporte público.

OBJETIVO:

El objetivo que el análisis de integración social persigue es el de mostrar cómo se encuentran distribuida la población que por sus características socio-económicas son susceptibles de encontrarse en situación de exclusión o con baja integración –*Figura 25*–. Conocer cómo se encuentra distribuida esta población a lo largo de la ciudad permite orientar las estaciones y recorridos de las líneas de metro ligero con el fin de ser instrumento para la integración de esta población, así como un punto de partida para la revitalización de estas zonas de la ciudad.

REQUISITOS NECESARIOS:

Líneas de transporte público, frecuencias de paso, paradas, velocidad de servicio, líneas conectadas por parada, etc.

MODELOS Y MEDIDAS:

Como ocurría en el apartado 6.1 y 6.2 la importancia en la información base sobre la que se realiza el análisis compartiendo posteriormente los métodos de cálculo en torno a la parada de metro ligero.

En este caso, la información base sobre la que llevar a cabo el análisis de integración social es la información referente a nacionalidad y nivel de ingresos.

EJEMPLOS:

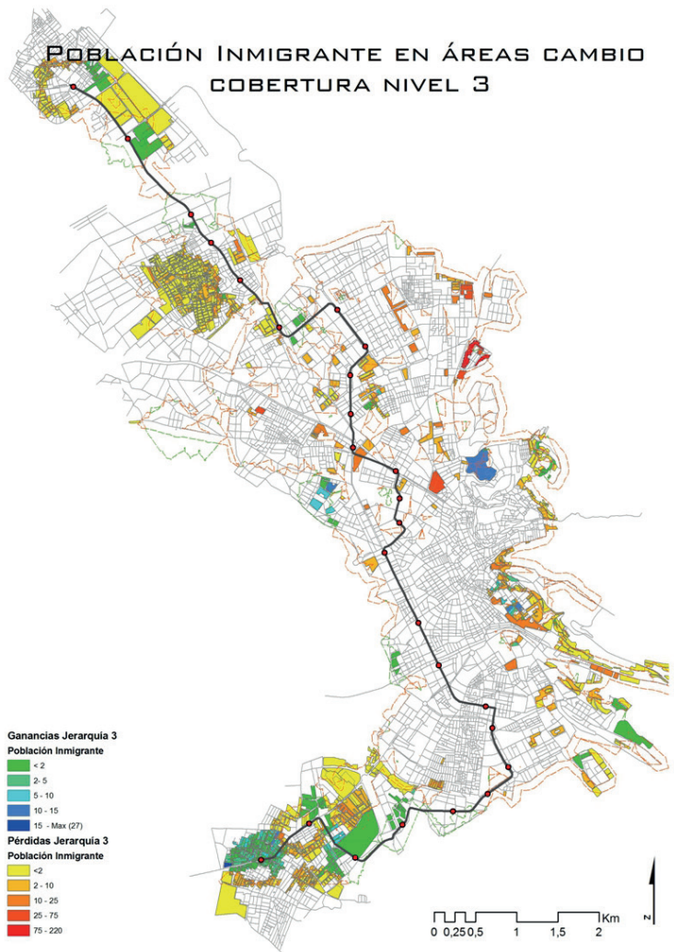


Figura 25: Análisis de población servida como integración social en el ámbito del Metropolitano de Granada
Fuente: Francisco Aguilera-Benavente.

CUADRO RESUMEN DE MEDIDAS:

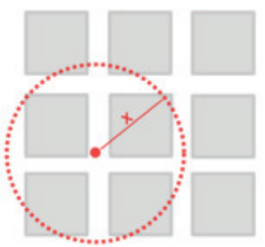
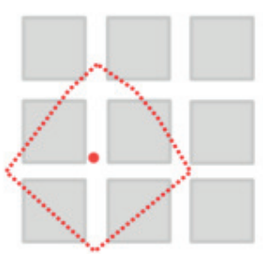
PLANES	PLANES	PLANES
Cobertura - distancia euclidiana (Buffer) 	Intuitivo Rápido	Sobreestimación
Cobertura - análisis de redes 	Ajuste a la realidad	Requerimientos de partida

Tabla 12: Resumen métodos para el análisis de población servida.
Fuente: elaboración propia

4.4. ¿DESDE DÓNDE? LA PARADA Y SU ENTORNO.

Las paradas o estaciones de cualquier modo de transporte público poseen una gran importancia en el marco de la accesibilidad. Esta importancia viene dada por ser el punto de partida en el trayecto en trans-

porte público y el punto final del trayecto en dicho modo. Sin embargo, más allá de ser elementos de acceso y salida del modo de transporte escogido, las estaciones son puntos de intercambio intermodal, siendo en la mayoría de los casos un intercambio desde o hacia el modo peatonal. En este sentido, y desde un punto de vista temporal de la accesibilidad, la mejora que se puede llevar a cabo en el entorno de la estación respecto del peatón es mayor que la del propio metro ligero debido a la velocidad que poseen cada uno de ellos. El metro ligero al poseer una velocidad media alta, la influencia de la distancia en el recorrido posee menor influencia que la que se produce en el trayecto peatonal, ya que al poseer una velocidad baja cualquier interferencia en la ruta puede ser temporalmente sustancial en el cómputo global. Es por ello que analizar la parada y su entorno resulta fundamental para que la accesibilidad a transporte público, y en especial al metro ligero sea máxima.

En este contexto, el trayecto que realiza cada peatón para acceder a la parada de metro ligero es básico y tiene una marcada influencia en el uso y visión del propio transporte público. Para poder obtener el máximo potencial de atracción que se le atribuye a una parada de metro ligero se debe en primer lugar, ubicar la parada en las calles que son más representativas dentro del conjunto del barrio o entorno de movilidad, y en segundo lugar, modificar aquellos aspectos que repercuten sobre el acceso peatonal a la parada o estación y que son susceptibles de mejora.

La influencia que los diferentes factores pueden tener sobre la accesibilidad a las paradas de transporte público son objeto de estudio y propuesta de medidas que intentan recoger la influencia de los factores sobre la distancia de recorrido peatonal de acceso. Así pues, se pueden encontrar términos para la evaluación de la accesibilidad peatonal como la "la distancia peatonal equivalente" que tiene como finalidad representar la influencia de factores urbanos en el nivel de servicio peatonal.

PLANES	Plan general de ordenación urbanística (PGOU) Plan de movilidad urbana (PMU / PMUS) Proyecto de metro ligero
FASE	[EL] Evaluación local [EO] Estimación de opciones [P] Preparación
ESCALA	Distrito Sección
ACTORES	[AL] Administración local [GI] Grupos interesados [O] Operadores

Tabla 13: Información para la aplicación
Fuente: Elaboración propia

► 4.4.1. NIVEL DE SERVICIO PEATONAL

Una vez descrita la herramienta de nivel de servicio de manera general en el epígrafe 4 .1.4., en este punto se va a desarrollar de manera específica el nivel de servicio correspondiente al peatón y también al ciclista.

El concepto de nivel de servicio peatonal fue introducido por (Fruin, 1971) como medida del flujo de peatones en el que se recogían el número de personas por sección unitaria de acera. Este concepto ha sido tratado posteriormente por otros autores como (Dixon, 1996) o (Landis, Vattikuti, Ottenberg, McLeod, & Guttenplan, 2001), cuyos trabajos tienen en consideración factores que condicionan al peatón como la percepción de seguridad, confort, o atracción.

El análisis de estos factores supone un aspecto fundamental en la evaluación de las centralidades y en especial las paradas de transporte público, como así lo expresa la Guía de BRT (Wright & Hook, 2010):

"El acceso peatonal de alta calidad puede ser definido a través de factores de diseño como el ser directo y tener conectividad, estética, facilidad de movimiento, legibilidad, seguridad personal y seguridad vial. Hacer un mapa para peatones de la calidad de las instalaciones alrededor de la estación es un primer paso para identificar las barreras y dificultades con las que se encuentra el usuario. Las zonas únicamente para peatones, el espacio compartido (shared space) y los caminos cubiertos son algunas de las soluciones de diseño que pueden motivar un vínculo fuerte entre una comunidad y el servicio de BRT. Los usuarios prefieren cruces seguros a nivel en lugar de puentes peatonales y túneles, aunque los últimos también pueden ser efectivos si se diseñan de manera apropiada."

En esta misma línea se encuentran los trabajos realizados por Olszewski and Wibowo (2005) centrados en la importancia del acceso peatonal a las estaciones de tren y cómo varía la distancia equivalente en función de las características de dichos accesos.

Entrando en detalle en el análisis del nivel de servicio peatonal, el nivel de servicio peatonal puede analizarse desde dos perspectivas distintas pero complementarias, por un lado el que se refiere al espacio requerido por el peatón y por otro lado, el análisis teniendo en cuenta aquellos factores del diseño urbano que hacen que los entornos posean mayor calidad peatonal.

NIVEL DE SERVICIO PEATONAL BASADO EN EL ESPACIO REQUERIDO

La evaluación del nivel de servicio peatonal las consideraciones más frecuentes del nivel de servicio peatonal se basan, fundamentalmente, en la capacidad y los requerimientos de espacio. En este sentido la sección de una calle se encuentra divida según su función en diferentes franjas en las que cada una tiene su espacio y debiendo tener cada una de ellas el mínimo necesario para que las funciones no se vean afectadas negativamente –Figura 26– Esta evaluación del nivel de servicio en función de los requerimientos de espacio es conocido también como Nivel de Servicio de la Densidad Peatonal (DPLOS).

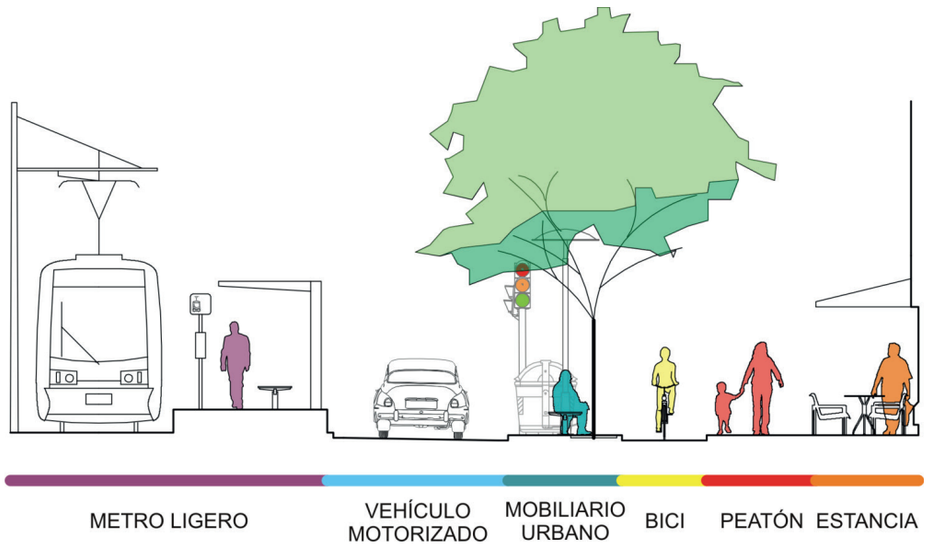


Figura 26: Franjas funcionales en una calle.
Fuente: Elaboración propia

OBJETIVO:

El objetivo de la evaluación del nivel de servicio peatonal es conocer la capacidad de la infraestructura viaria para albergar los flujos peatonales, teniendo en cuenta las necesidades de espacio que un peatón necesita para desplazarse a una velocidad estándar.

La evaluación del nivel de servicio peatonal adquiere gran relevancia si se tiene en cuenta que el nivel de servicio peatonal es inversamente proporcional al tiempo de acceso. Por tanto, cuanto más deficiente es el nivel de servicio (más próximo al nivel F) el tiempo de acceso a un destino, como las paradas de transporte público, se incrementará.

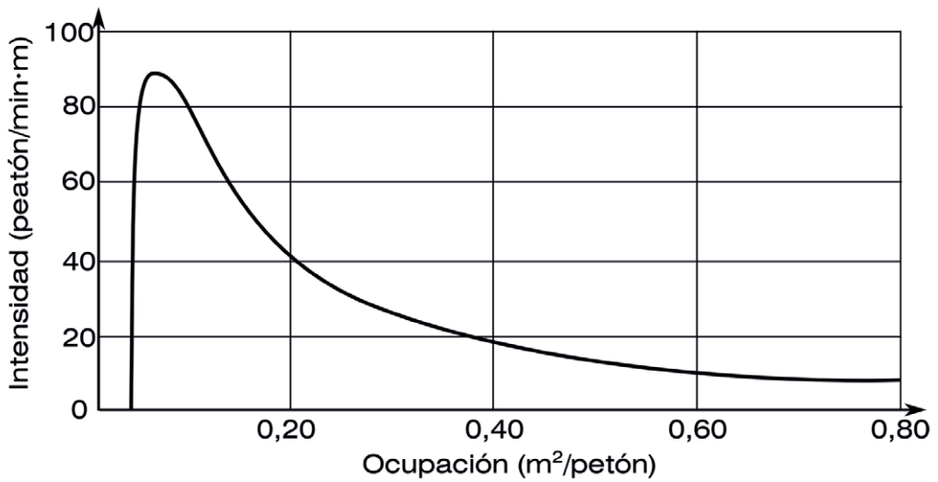


Figura 27: Curva intensidad-ocupación peatonal.
Fuente: Elaboración propia:

REQUISITOS NECESARIOS

Para poder realizar dicha evaluación de la infraestructura viaria peatonal es necesario conocer únicamente las características físicas de dicha infraestructura.

Así pues, el principal dato utilizado para el cálculo del nivel de servicio peatonal es la anchura de la acera o infraestructura peatonal, siendo esta la característica más condicionante en los flujos peatonales.

No obstante, cabe hacer algunas acotaciones a la anchura, ya que ésta no debe ser entendida como la anchura existente entre el borde de la acera o infraestructura peatonal y la intersección con un muro, pared o vallado, ya dicha anchura estaría sobreestimando la anchura efectiva de la infraestructura peatonal. Este hecho sucede al no tener en cuenta la anchura correspondiente a obstáculos presentes como pudiera ser las luminarias, alcorques u otros elementos del mobiliario urbano presente en citada infraestructura.

Para determinar la anchura de los obstáculos puede llevarse a cabo una medición pormenorizada de los elementos y sus dimensiones, sin embargo puede aplicarse de manera genérica los valores medios de obstáculos que se encuentran presentes en diferentes manuales de manera pormenorizada.

La anchura efectiva se puede definir como,

$$W_E = W_T - W_O$$

W_E: Anchura efectiva
W_T: Anchura total
W_O: Achura de los objetos u obstáculos

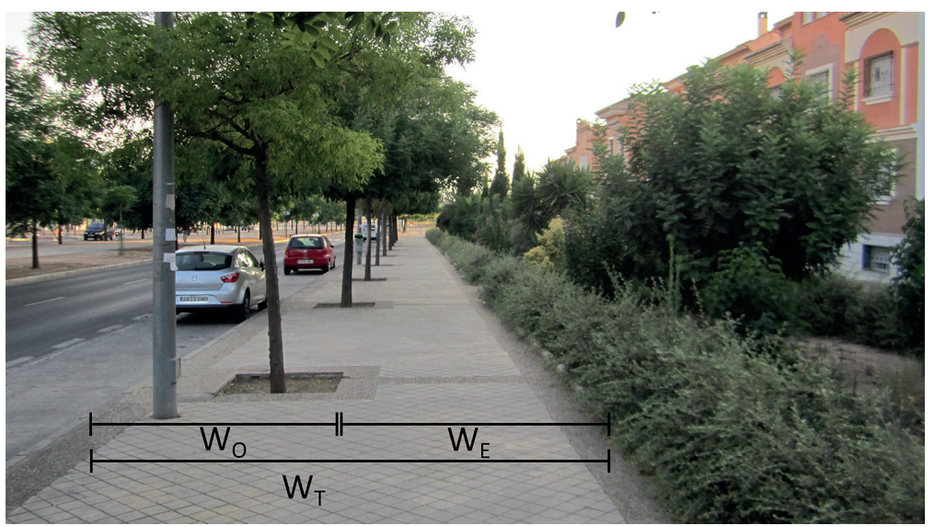


Figura 28: Esquema de la anchura total, anchura de obstáculo y anchura efectiva.
Fuente: Elaboración propia

Figura 29: Reducción drástica de la anchura efectiva de acera por la presencia de una parada de autobuses urbanos en Linares (Jaén).
Fuente: Elaboración propia

MEDIDA

La intensidad de flujo sobre la cual se establece la distinta graduación de nivel de servicio se puede obtener de manera sencilla mediante la siguiente formula,

$$v_P = \frac{v_{15}}{15 * W_E}$$

v_p: Unidad de flujo peatonal (p/min/m)
v_{15}: Flujo de peatones en 15 minutos
W_E: Anchura efectiva

De acuerdo a los valores contenidos en la tabla anterior, se puede establecer una breve descripción de los diferentes niveles de servicio peatonal.

- Nivel de servicio A:

Los peatones pueden desplazarse con independencia de su dirección dada la poca densidad de peatones que implique modificar dicha dirección. Asimismo la velocidad de transito es la que el propio peatón decida sin entrar en conflicto con otros peatones.

- Nivel de servicio B:

En este nivel de servicio, los segmentos de calle cuentan con la suficiente superficie para que aun habiendo diferencias en las velocidades de transito de los peatones, estos puedan adelantarse unos a otros sin incurrir en conflictos. No obstante en este nivel los peatones mantienen una dirección dado que la mayor densificación peatonal puede influir en la trayectoria de otros peatones.

- Nivel de servicio C:

El nivel C de servicio peatonal indica que la superficie es suficiente para que se desarrolle un tránsito a una velocidad peatonal estándar, permitiendo además que se produzcan adelantamientos entre peatones, siempre y cuando el flujo peatonal transcurra principalmente en una dirección. En el caso que el flujo tenga lugar en direcciones contrarias, la superficie peatonal no podría evitar que se produjesen pequeños conflictos entre peatones, disminuyendo en este sentido la velocidad de flujo y el volumen de tránsito peatonal.

Pedestrian LOS rating definitions given by HCM 2010

LOS A	Ability to move in a desired path, no need to alter movements (Average Space: >49.2 m^2)
LOS B	Occasional need to adjust path to avoid conflicts (Average Space : >8.36-49.2 m^2)
LOS C	Frequent need to adjust path to avoid conflict (Average Space : >3.71-8.36 m^2)
LOS D	Speed and ability to pass slower pedestrians restricted (Average Space : >2.14-3.71 m^2)
LOS E	Speed restricted, very limited ability to pass slower pedestrians (Average Space : >1.02-2.14 m^2)
LOS F	Speeds severely restricted, frequent contact with other users (Average Space : ≤1.02 m^2)

Effective Sidewalk Width	Approximate # of Pedestrians per hour (Platoon Flow)							
	250	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000
1.2m	LOS B	LOS B	LOS C	LOS D	LOS E	LOS E	LOS F	LOS F
1.5m	LOS B	LOS B	LOS C	LOS D	LOS D	LOS E	LOS E	LOS F
2.0m	LOS B	LOS B	LOS B	LOS C	LOS D	LOS D	LOS E	LOS E
2.5m	LOS B	LOS B	LOS B	LOS C	LOS C	LOS D	LOS D	LOS E
3.0m	LOS A	LOS B	LOS B	LOS C	LOS C	LOS D	LOS D	LOS D
3.5m	LOS A	LOS B	LOS B	LOS B	LOS C	LOS C	LOS D	LOS D
4.0m	LOS A	LOS B	LOS B	LOS B	LOS C	LOS C	LOS C	LOS D
4.5m	LOS A	LOS B	LOS B	LOS B	LOS C	LOS C	LOS C	LOS D
5.0m	LOS A	LOS B	LOS B	LOS B	LOS C	LOS C	LOS C	LOS C
5.5m	LOS A	LOS A	LOS B	LOS B	LOS B	LOS C	LOS C	LOS C
6.0m	LOS A	LOS A	LOS B	LOS B	LOS B	LOS C	LOS C	LOS C
6.5m	LOS A	LOS A	LOS B	LOS B	LOS B	LOS C	LOS C	LOS C
7.0m	LOS A	LOS A	LOS B	LOS B	LOS B	LOS B	LOS C	LOS C
7.5m	LOS A	LOS A	LOS B	LOS B	LOS B	LOS B	LOS C	LOS C
8.0m	LOS A	LOS A	LOS B	LOS B	LOS B	LOS B	LOS C	LOS C

Figura 30: Nivel de servicio peatonal en función de la anchura de acera y el número de peatones por hora en base al HCM (2010).
Fuente: http://ottawa.ca/en/city-hall/public-consultations/planning-and-infrastructure/ottawa-pedestrian-plan-display-boards

- Nivel de servicio D:

Este nivel de servicio de los segmentos de calle limita la velocidad del peatón, así como la posibilidad de adelantamientos. Además si el flujo peatonal transcurre entrecruzado o en ambos sentidos, los conflictos entre peatones son frecuentes, siendo además necesario el cambio de velocidad y trayecto para evitar dichos conflictos. En resumen, este nivel de servicio permite un flujo relativamente fluido aunque con fricciones entre peatones.

- Nivel de servicio E:

El nivel E de servicio implica una restricción de la velocidad peatonal con frecuentes modificaciones de trazado y rectificaciones de la velocidad. Además no es posible adelantar a los peatones que transitan a menor velocidad. Por otra parte, los cruces de peatones serán dificultosos dando lugar a que el flujo peatonal se ralentice e incluso en ocasiones pueda verse interrumpido.

- Nivel de servicio F:

Finalmente el nivel F de servicio implica un flujo peatonal extremadamente lento en el que las velocidades se ajustan a los peatones que circulan a menor velocidad. En este contexto es inevitable la existencia de conflictos entre peatones, resultando además altamente improbable la existencia de flujos en sentidos contrarios. Es por tanto frecuente en este nivel de servicio la existencia de retenciones o aglomeraciones.

EJEMPLOS

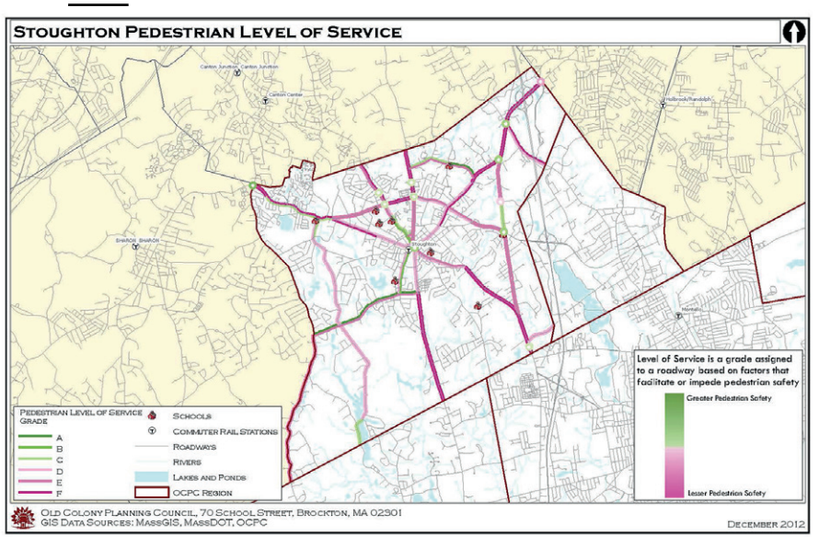


Figura 31: Nivel de servicio peatonal (PLOS) de las principales rutas recorridas por los usuarios para acceder a centros educativos y estaciones de transporte público.
Fuente: Mowatt (2013)

NIVEL DE SERVICIO PEATONAL BASADO EN EL DISEÑO URBANO

El nivel de servicio peatonal no basado en la densidad permite incorporar diversos factores que pueden intervenir en el nivel de servicio peatonal. El análisis de estos niveles de servicio es cada vez más frecuente en el ámbito académico, aunque su transferencia a los proyectos de metro ligero es todavía escasa.

OBJETIVO:

El objetivo de la evaluación del nivel de servicio peatonal no basado en la densidad es el de considerar diferentes factores del diseño urbano que pueden modificar o variar los flujos peatonales y que por tanto estaría influyendo en el nivel de servicio de los segmentos de calle.

Estos elementos del diseño urbano pueden, además de influir en los flujos peatonales a nivel de intensidad, influir en la calidad en la que estos flujos transcurren por los segmentos de calles.

REQUISITOS NECESARIOS

Para analizar este nivel de servicio, se pueden incorporar en la ecuación de cálculo diversas medidas como por ejemplo,

- Elementos de separación entre el peatón y el tráfico motorizado
  - Presencia de aceras
  - Anchura de aceras
  - Borde de separación
  - Barreras de separación
  - Aparcamiento en la vía
  - Anchura del arcén
- Volumen de tráfico motorizado
- Intersecciones
- Dificultad de cruce de calle

- Velocidad del tráfico motorizado
- Mezcla de vehículos
- Frecuencia y volumen de acceso a la vía
- Etc.

No obstante, la consideración de factores diferentes a la densidad peatonal aumenta la complejidad para el cálculo de los niveles de servicio, haciendo que las ecuaciones aumenten sustancialmente de volumen.

MODELOS Y MEDIDAS:

Una de las medidas para el análisis del nivel de servicio peatonal no basado en densidad puede encontrarse en "Multimodal Level of Service Analysis for Urban Streets: Users Guide" (2009), en el que se plantea la siguiente fórmula para la valoración,

$$NDPLOS = (0{,}318\ PSeg + 0{,}220\ PInt + 1{,}606) * (RCDF)$$

NDPLOS: Nivel de servicio peatonal (no densidad)
Pseg: Valor del nivel de servicio peatonal del segmento
PInt: Valor del nivel de servicio peatonal de las intersecciones
RCDF: Factor de dificultad para cruzar la vía

Esta fórmula para el cálculo del nivel de servicio implica otras ecuaciones correspondientes a cada uno de los valores descritos.

Otro ejemplo de medida para evaluar factores diferentes de la densidad peatonal es el sistema de valoración por puntos que establece Dixon (1996) y que permite puntuar los diferentes factores para obtener un resultado final de nivel de servicio. Este método de evaluación del nivel de servicio permite una aplicación más rápida y con menores requerimientos. A continuación se expone la tabla planteada por el autor.

AMPLIAR LA FÓRMULA EN EL MANUAL HIGHWAY CAPACITY 2010

CATEGORÍA	CRITERIO	PUNTUACIÓN
Infraestructura (Máximo valor=10)	No existente o no continua	0
	Continua en un lado	4
	Continua en ambos lados	6
	Min. 1.53 m anchura efectiva	2
	Anchura >1.53	1
	Infraestructura alternativa	1
Conflictos (Máximo valor=10)	Calzada	1
	Señalización peatonal	0,5
	Reducción conflictos de giro	0,5
	Anchura de cruce 18.3 m o menos	0,5
	Señalización de velocidad	0,5
	Presencia de medianas	1
Confort (Máximo valor=10)	Buffer no inferior a 1m	1
	Asientos, bancos o iluminación	0,5
	Sombra de arbolado	0,5
Nivel de servicio automóvil (Máximo valor=2)	LOS = E, F, o 6+ carriles de tráfico	0
	LOS = D, & < 6 carriles de tráfico	1
	LOS = A, B, C, & < 6 carriles de tráfico	2
Mantenimiento (Máximo valor=2)	Alto o frecuente mantenimiento	-1
	Menor o infrecuente mantenimiento	0
	Sin necesidad de mantenimiento	2
TDM/Multi Modal (Máximo valor=1)	Sin soporte	0
	Existencia de soporte	1

Tabla 14: Criterios para la valoración del nivel de servicio peatonal.
Fuente: Dixon, 1996

NIVEL DE SERVICIO	PUNTUACIÓN
A	>17
B	>14-17
C	>11-14
D	>7-11
E	>3-7
F	3 o menos

Tabla 15: Correspondencia entre la puntuación total y el nivel de servicio peatonal.
Fuente: Dixon (1996)

EJEMPLOS

HTTP://WWW.BIKELIB.ORG/ROADS/BLOS/LOSFORM.HTM

EJEMPLO DEL NIVEL DE SERVICIO CICLISTA (BLOS) Y NIVEL DE SERVICIO PEATONAL (PLOS) EN UNA CALLE	
Número de carriles por sentido de circulación	2
Anchura del arcén	1,5 metros
Carril ciclista /arcén pavimentado	0 metros
Volumen de tráfico (ambas direcciones)	1200 vehículos/día
Señal de velocidad máxima permitida	80 km/h
Porcentaje de vehículos pesados	10 %
Puntuación del estado del pavimento (en escala FHWA)	5
Porcentaje de segmento con plazas de parking ocupadas	20 %
Porcentaje de segmento con aceras	25 %
Anchura de la acera	6 metros
Zona de protección de la acera	1,5 metros
Espaciado medio entre arboles	12 metros

	PUNTUACIÓN	NIVEL DE SERVICIO	NIVEL DE COMPATIBILIDAD
BLOS	7,02	F (> 5,50)	Extremadamente bajo
PLOS	5,27	E (4,51 – 5,50)	Muy bajo

Tabla 16: Ejemplo de Nivel de servicio peatonal (PLOS) y nivel de servicio ciclista (BLOS) obtenido mediante calculadora de nivel de servicio. (Adaptado de The Sustainable Cities Institute)

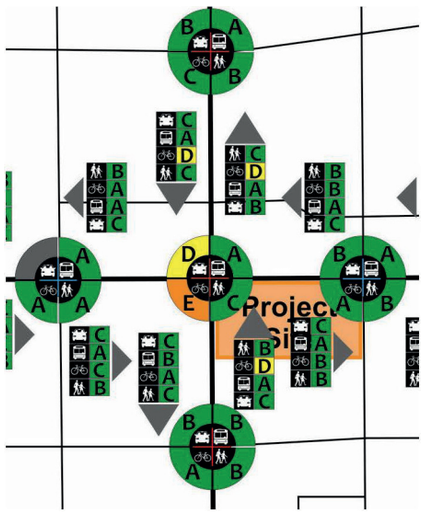


Figura 32: Nivel de servicio en segmentos e intersecciones para diferentes modos de transporte en Pasadena (EE.UU.).
Fuente: http://www.kittelson.com/

Finalmente, cabe mencionar como el desarrollo de los sistemas de información geográfica permite llevar a cabo nuevos métodos para la evaluación de los niveles de servicio. En este sentido, es posible analizar diversas características del diseño urbano o variables ambientales en un análisis multivariante, características de las que pueden verse algunos ejemplos en los epígrafes posteriores. Otro aspecto importante en estos análisis del nivel de servicio peatonal es la posibilidad de asignar pesos a cada uno de las variables consideradas en función del propio conocimiento del planificador o, mediante la aplicación de datos existentes u obtenidos sobre las preferencias de los peatones. Dicho análisis multivariante de factores ofrece la posibilidad de obtener un valor agregado, como podría ser la calidad del nivel de servicio peatonal.

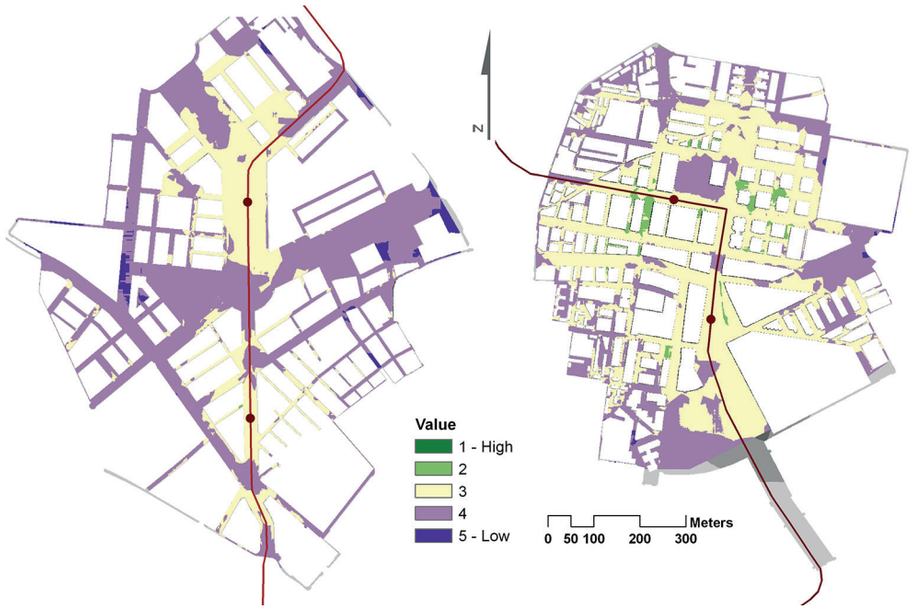


Figura 33: Ejemplo de Nivel de servicio peatonal (PLOS) en función de características de calidad ambiental (ruido, comercios, arbolado, etc.) en segmentos del metro ligero de Granada.
Fuente: Elaboración propia.

► 4.4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PARADA SEGÚN UBICACIÓN

INTEGRACIÓN

El concepto de integración espacial, como ya ha sido expuesto en el epígrafe 3.3 de esta guía, se encuentra ampliamente introducido en la planificación, resultando una herramienta útil como medida de accesibilidad para la localización de las paradas de metro ligero.

Tener en cuenta el concepto de integración resulta fundamental a la hora de ubicar una parada ya que de su ubicación va a depender que se encuentre situado en un lugar más accesible o menos, y por tanto, que el propio transporte público tenga un mayor o menor uso.

En este sentido la perspectiva que se va a adoptar es la generada a partir de la sintaxis espacial desarrollada por Hillier and Hanson (1984).

OBJETIVO:

El objetivo de evaluar la integración en el ámbito de la parada es el de conocer qué calles tienen una mejor posición respecto al resto de calles. Las calles que posean una mejor posición dentro del conjunto serán aquellas con un mayor potencial para ser usadas como ejes de desplazamiento por parte de los peatones.

En este sentido, saber qué calles son los ejes peatonales distribuidores resulta de gran utilidad a la hora de posicionar la parada de transporte público, permitiendo a los peatones, por una parte, localizar fácilmente el transporte público y por otra, incorporarse a las salida del transporte público a los flujos principales de desplazamiento, lo que le da la posibilidad de acceder con mayor facilidad a cualquiera de las vías que se sitúan en el entorno.

REQUISITOS NECESARIOS:

Para evaluar en qué modo afecta la integración a la accesibilidad a las paradas de metro ligero es necesario contar con el viario, lo que no supone grandes requerimientos de información.

No obstante, para aplicar la herramienta que se propone en el apartado siguiente es necesario tratar el viario de tal modo que pueda ser procesada la información de manera satisfactoria.

El tratamiento del viario consiste en simplificar las líneas existentes en segmentos de líneas rectas de la mayor longitud posible, con lo que al final se obtendrá lo que se denomina un mapa axial. Este proceso aunque sencillo puede resultar tedioso al tener que procesar todas las calles individualmente.

MODELOS Y MEDIDAS:

Uno de los análisis más interesantes que ofrece la sintaxis espacial en relación al espacio axial y que es objeto del presente y posteriores epígrafes, es el análisis de la integración –Figura 34–, por el cual se evalúa una componente social como es la inteligibilidad en relación con la configuración espacial. Aunque esta relación pueda parecer intranscendente juega un papel fundamental para ambas partes en lo que Hillier, Penn, Hanson, Grajewski, and Xu (1993) definen como la teoría del movimiento natural, determinado por dos factores, el primero de ellos corresponde al destino al cual se quiere llegar y el segundo concerniente al trayecto que se escoge para llegar al mismo.

Ambos factores dependen de cómo la población calcula las distancias espaciales, hecho que no está exento de debate dentro de la ciencia del conocimiento. La población no calcula las distancias mínimas del recorrido, sino que usa un modelo mental de geometría y conectividad en base al cual se calcula la distancia mínima de acceso al destino con el menor número de cambios de sentido (Kim, 1999). Por tanto cuanto más inteligible sea un espacio en la configuración espacial mayor movimiento potencial albergará.

Figura 34: Mapa axial de la ciudad de Londres

Fuente: www.spacesyntax.com

Por consiguiente, la posición que ocupa un espacio dentro de la configuración espacial va a determinar su integración o segregación (Vaughan, 2007); si en la representación en este caso de una determinada calle mediante el j-graph (gráfico justificado) da lugar a que las restantes calles se sitúen en niveles próximos estará más integrada y por tanto con mayor movimiento potencial, por el contrario, si el número de niveles es mayor para alcanzar el resto de calles que componen la red, la calle tendrá una integración más baja o estará más segregada, por lo que el movimiento potencial por ese espacio será menor –*Figura 35, Figura 36*–.

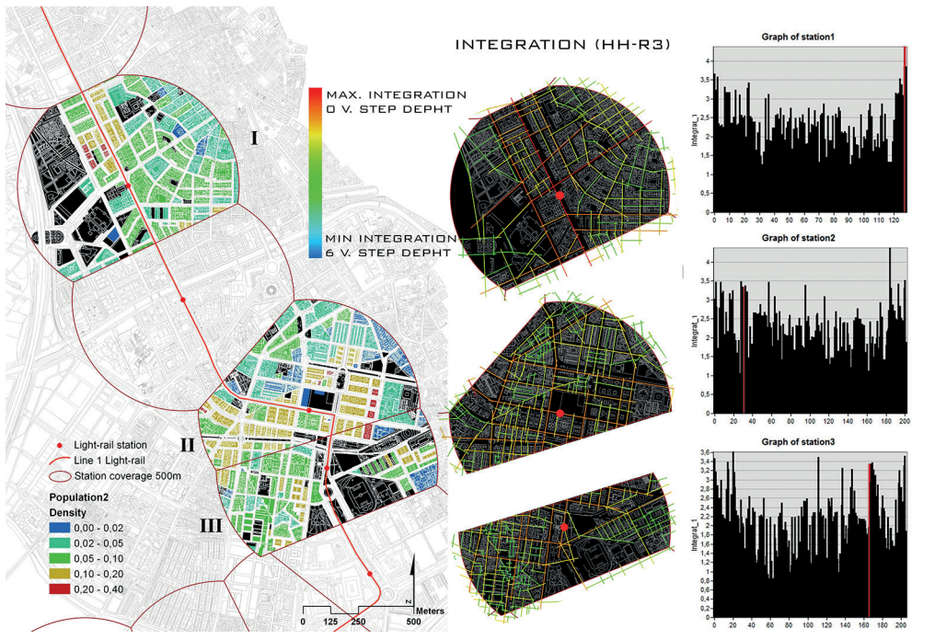


Figura 35: Integración (HHRn) de las calles en el entorno de parada del Metropolitano de Granada.

Fuente: Elaboración propia

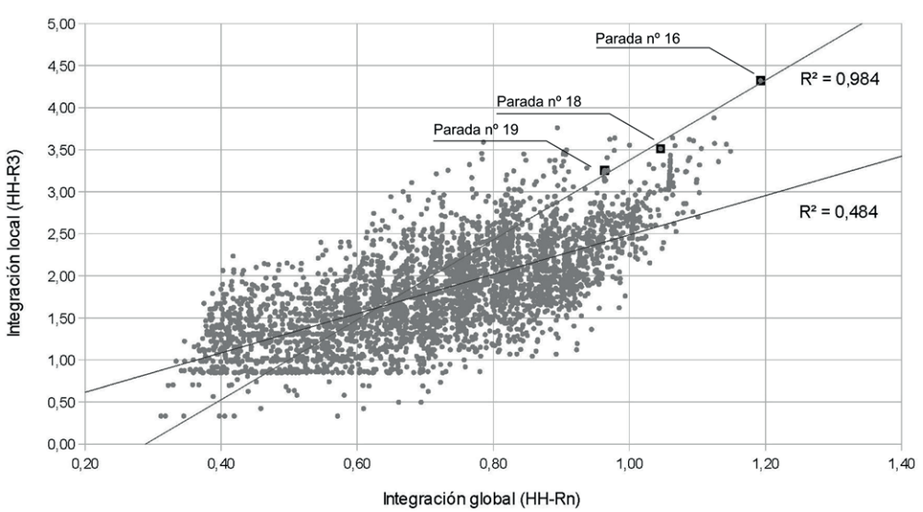


Figura 36: Escatograma de sinergia (Integración global - local).

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, se puede considerar para el análisis de la integración de las paradas de transporte público según su ubicación el modelo de multicentralidad (MCA). Éste modelo que ha sido expuesto anteriormente sobre la red de transporte público, se aplica en este caso al viario peatonal, permitiendo conocer que intersecciones del viario poseen unas cualidades más relevantes dentro del conjunto de la estructura viaria, que hacen que los flujos peatonales y de bicicletas tengan mayor presencia en determinados nodos.

En este sentido son varias las medidas que pueden ser aplicables y que ya han sido expuestas anteriormente para el análisis de la eficiencia del transporte público. No obstante son descritas a continuación desde el punto de vista de los modos de transporte que alimentan a los diferentes modos de transporte público a través de sus paradas.

Cercanía *(Centrality closeness):* mide la cercanía de un nodo respecto al resto de nodos existentes, a través de la ruta más corta en la red. Traduciendo esta definición al contexto de la ubicación de una parada de transporte público, conllevaría ubicar la parada en un lugar central dentro del viario.

Intermediación *(Betweenness centrality)*: se basa en la idea de que un nodo es más central cuando es atravesado por un mayor número de las rutas más cortas que unen un par de nodos en la red. La intermediación implica que un determinado nodo puede no ser importante como origen o destino de los desplazamientos o trayectos, pero sí relevante desde el punto de vista de canalización de dichos desplazamientos, en este caso peatonales o en bicicleta.

Rectitud *(Straightness centrality)*: este indicador parte de la idea de que el trayecto entre dos nodos es más eficiente cuando menos desviaciones tiene que realizar respecto a una hipotética línea recta que uniría ambos nodos.

La evaluación de la accesibilidad mediante estas medidas muestra una elevada correlación entre la densidad de peatones y los valores obtenidos de dichas medidas. No obstante, en el caso de la población que se desplaza en bicicleta la correlación se vuelve más laxa. Por otra parte, en cuanto a centralidades en torno a las intersecciones, se han obtenido fuertes correlaciones entre cercanía, intermediación y rectitud y la presencia de centralidades. Estas correlaciones demuestran que la estructura urbana desempeña un papel fundamental en la localización de centralidades como en los flujos peatonales.

PARA APLICAR ESTAS MEDIDAS, MIRAR LAS FÓRMULAS EN EL EPÍGRAFE 4.1.4.

VISIBILIDAD

La visibilidad es otra de las características vinculadas a la localización de las paradas. Esta visibilidad posee gran interés desde el punto de vista de la accesibilidad, por su vinculación con la generación de atracción de los peatones hacia las paradas de transporte público.

En este sentido, la localización de las paradas desde el punto de vista de la visibilidad permite una pronta identificación de las paradas y por tanto reduciendo el tiempo de acceso para peatones con especial énfasis en turistas o personas poco habituadas en el uso del transporte público.

OBJETIVO:

El análisis de la visibilidad tiene por objetivo principal localizar las paradas de transporte público en aquellos lugares que permitan un reconocimiento rápido dentro del entorno en el que se implanta. Del mismo modo permite conocer qué lugares o puntos de la trama urbana se encuentra con bajos índices de visibilidad respecto a las paradas, y por tanto pueden ser susceptibles de llevar a cabo intervenciones que incrementen la atracción a las mencionadas paradas de transporte público.

REQUISITOS NECESARIOS:

Para el análisis de la visibilidad los requisitos necesarios van a estar condicionado por el método empleado para su análisis, no obstante en ambos casos es necesario contar con el catastro completo. Esta información catastral debe ser tratada según el software a utilizar. En este sentido, la información catastral suele estar disponible únicamente en formato CAD por lo que será necesario algunas conversiones de formatos para la aplicación de los distintos métodos de que se muestran a continuación.

MODELOS Y MEDIDAS:

Los métodos que se muestran en este apartado para el análisis de la visibilidad son dos, por una parte la profundidad visual (visual step depth, VSD) y el segundo la visibilidad obtenida a partir del modelo digital de elevaciones. Ambos métodos poseen ventajas e inconvenientes en su aplicación, características que deben tenerse en cuenta para utilizar uno u otro según las necesidades.

MDE

La visibilidad analizada mediante el modelo digital de elevaciones, permite obtener con facilidad mediante un software SIG el mapa de visibilidad para las paradas de transporte público. En este sentido, el análisis daría como resultado una zonificación del entorno de parada según los observadores que hayan sido determinados en cada entorno, así como la visibilidad de forma general respecto a la parada de transporte público. Por tanto, este es un método de fácil aplicación ya que únicamente es necesaria la información catastral.

VSD

El análisis de profundidad visual (VSD), por su parte, está relacionado con la configuración espacial, y por 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 –Figura 37–. Este análisis tiene como finalidad de 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.

Una vez descritos los diferentes métodos que se pueden emplear para evaluar la visibilidad como elemento de notable importancia para el análisis de la accesibilidad en el entorno de parada se pueden establecer una serie de conclusiones fruto de comparar ambos métodos.

El método de profundidad visual posee una ventaja clara en comparación con la visibilidad analizada sobre el modelo digital de elevaciones, ventaja que reside en la obtención de la cantidad de pasos de visibilidad necesarios para establecer una visión directa con la parada de transporte. Esta característica propia permite contrastar qué zonas del entorno de las paradas tienen una conexión visual más directa con las paradas, conociendo por tanto si algunos de los entornos de parada posee una relación de mayor orden con otra parada de transporte.

En contraposición, el método de VSD posee la desventaja respecto al método de MDE de no tener en cuenta la topografía y por tanto, en aquellas ciudades en las que dicho factor sea característico puede sobreestimar los resultados de visibilidad. En cambio, el método de MDE al estar construido sobre las elevaciones topográficas y de las edificaciones, los resultados de visibilidad mantendrán una mayor representatividad respecto a la realidad. En definitiva, los dos métodos presentados son de gran utilidad para valorar la visibilidad de la pa-

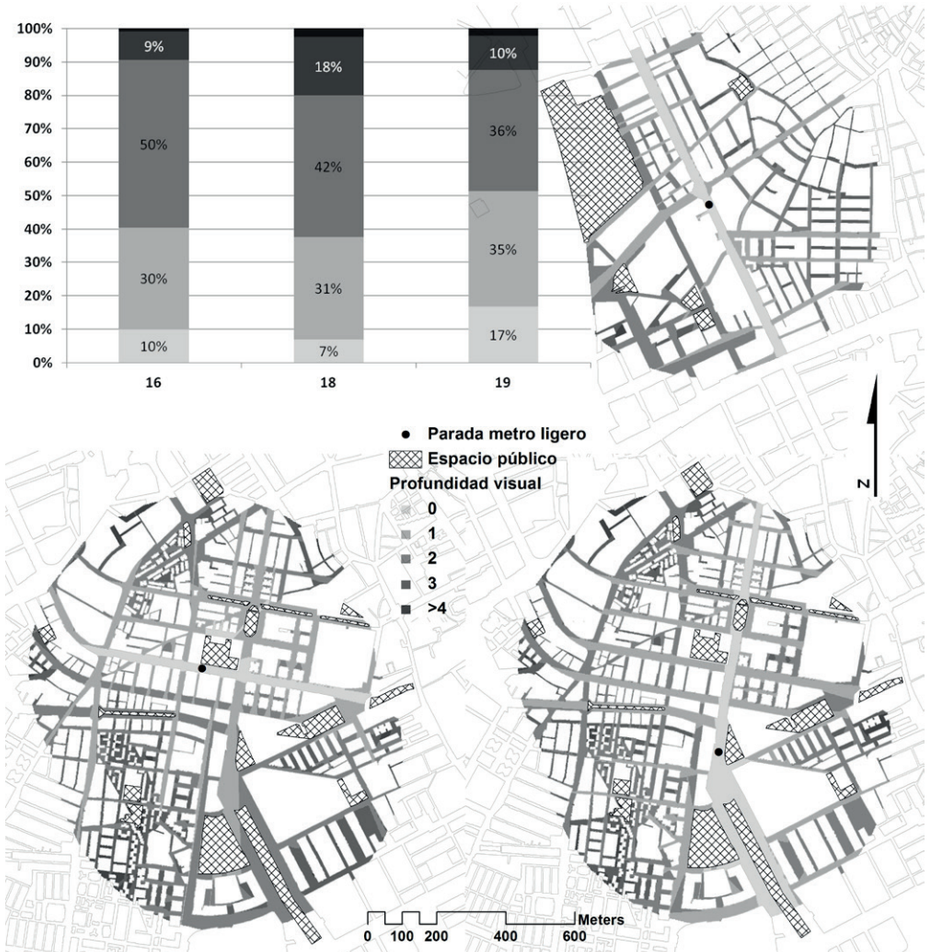


Figura 37: Ejemplo de VSD de las calles en el entorno de tres paradas del Metropolitano de Granada: Fuente: Talavera-García and Valenzuela-Montes (2012)

rada según su ubicación y por consiguiente la atracción que puede generar en el conjunto de calles comprendidas en dicho entorno. Del mismo modo, la utilización de uno u otro va a estar relacionado con las necesidades específicas del análisis de accesibilidad y las características presentes en el entorno.

► 4.4.3. EL DISEÑO URBANO EN EL ENTORNO DE PARADA

Con frecuencia los proyectos de metro ligero únicamente tienen en cuenta el diseño de la propia parada o de la sección por la que transcurre la línea de metro ligero. Sin embargo, no se tienen en cuenta el resto de calles que se encuentran en el ámbito de influencia de la parada de metro ligero.

Elementos como el arbolado, la anchura de acera, el tipo de vía, la contaminación acústica, etc. pueden ser determinantes a la hora de que la población acceda a las paradas de metro ligero.

Al objeto de evaluar la calidad peatonal en un ámbito geográfico específico, es preciso no solo diseccionar la(s) relación(es) que se establece(n) entre los peatones y el entorno urbano por el que éstos transitan, sino conocer también qué condiciones son las que propician o no la movilidad peatonal. Inicialmente, el estudio de los condicionantes de la movilidad peatonal cubrían aspectos como la seguridad, conveniencia, continuidad, confort, coherencia y atractivo (Fruin, 1971). Aspectos que con posterioridad fueron reagrupados en los cuatro bloques siguientes:(i) accesibilidad, (ii)seguridad, (iii) confort, y (iv) atractivo (Alfonzo, 2005; Pozueta, Lamíquiz, & Porto, 2009). Es por tanto, en la medida en que tales condicionantes sean satisfechos, el "entorno peatonal" poseerá una mayor o menor calidad para que el peatón se desplace, lo que incidirá de manera decisiva en los niveles de servicio peatonal del entorno urbano (Olszewski & Wibowo, 2005). Tal aspecto es determinante si se trata, por ejemplo, de potenciar el acceso peatonal a determinadas centralidades urbanas como podrían ser las estaciones de transporte público. 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 factores se encuentran vinculados mediante una relación secuencial –Figura 38– en la que la accesibilidad es el aspecto condicionante a satisfacer en primera instancia. Una vez satisfecho este primer factor el siguiente factor a abordar sería seguridad, para posteriormente poder emprender el factor del confort y finalmente el factor de atracción (Alfonzo, 2005).

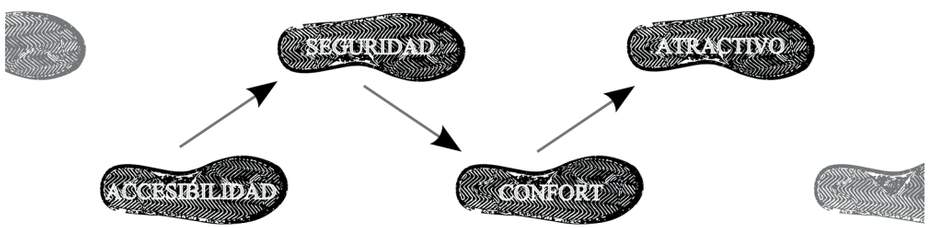


Figura 38: Aspectos condicionantes en la movilidad peatonal.
Fuente: Elaboración propia a partir Alfonzo (2005)

OBJETIVO:

El objetivo del análisis del diseño en el entorno de la parada es el de mejorar la calidad de las calles que conducen a las paradas de metro ligero, de tal manera que se potencien las calles como elementos de atracción y orientación hacia la parada.

REQUISITOS NECESARIOS:

Los requisitos necesarios para la evaluación del diseño y elementos del entorno de la parada en relación a su accesibilidad estarán determinados por los factores que se quieran considerar. En este sentido los factores del diseño urbano que son considerados por su influencia en la movilidad peatonal se muestran en la tabla siguiente –*Figura 39*–.

En este sentido, cada uno de estos factores puede ser evaluado por medio de sus correspondientes indicadores.

FACTOR	
Acera-acondicionamiento	Limpieza-Mantenimiento
Acera-anchura	Meteorología
Acera-tipo	Mobiliario urbano
Anchura calle	Obstáculos
Aparcamientos	Paisaje
Arbolado	Peatones
Arte urbano	Pendiente
Borde separación	Refugio
Conectividad	Resalte
Confinamiento	Ruido
Contaminación	Señalización
Continuidad	Servicios
Direccionalidad	Sombras
Distancia intersecciones	Terrazas
Distancia recorrido	Tipo de calle
Edificios-alturas	Tráfico-gestión
Edificios-tipos	Tráfico-velocidad
Entretenimientos	Tráfico-volumen
Espacio público	Transporte público
Estructura	Usos y negocios
Iluminación	Vallado
Integración	Verde urbano
Inteligibilidad	Vigilancia-seguridad

Tabla 17: Factores del diseño urbano que intervienen en la movilidad peatonal
Fuente: Elaboración propia

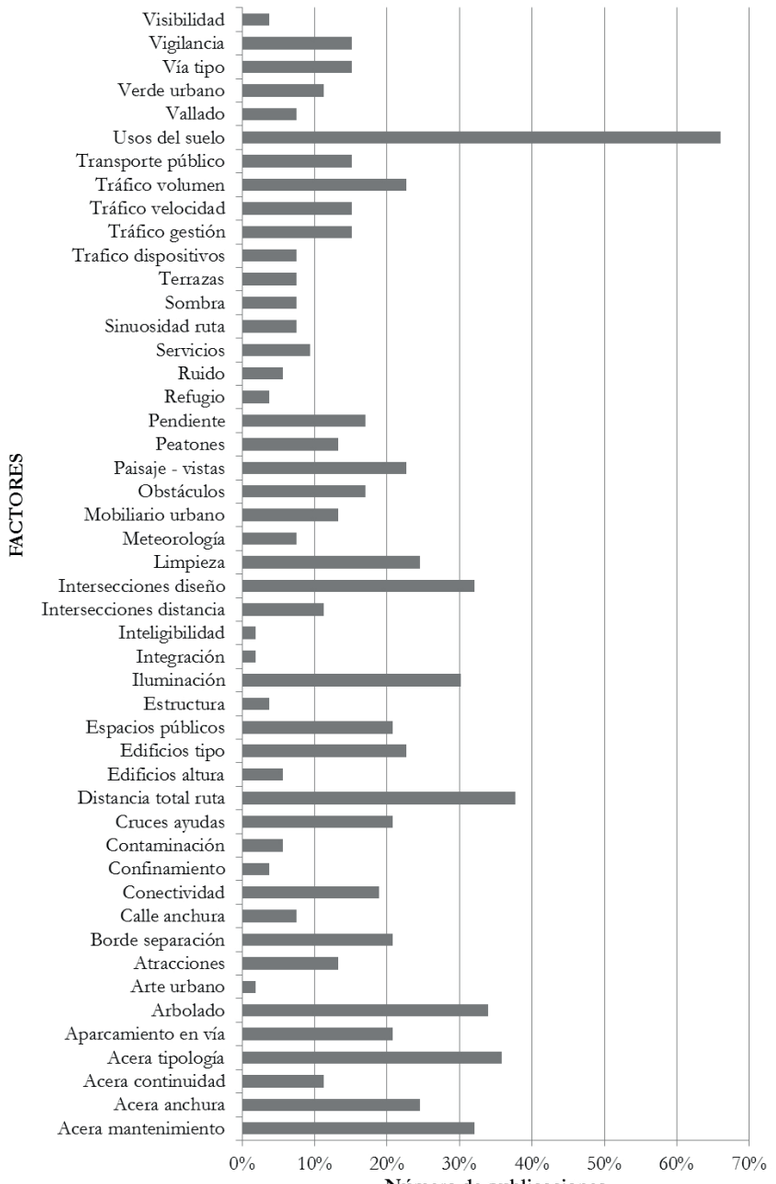


Figura 39: Factores relacionados con la movilidad peatonal presente en la bibliografía científica.
Fuente: elaboración propia

Figura 40: Diseño de intercambiador de transporte público en Liverpool, en el que se ofrece protección frente a las condiciones meteorológicas adversas.
Fuente: Elaboración propia

Por ejemplo, será necesario contar con un inventario de árboles elaborado por la administración local para analizar la visibilidad de arbolado como elemento que ayuda a guiar o como elemento que proporciona sombra durante la época estival.

MODELOS Y MEDIDAS:

Para evaluar el diseño y elementos del entorno no existen modelos establecidos ni medidas, pero si es posible recurrir a un análisis basado en indicadores. El resultado de aplicar indicadores en relación

a valores mínimos y óptimos ya establecidos en manuales, permite determinar qué calles presentan unas condiciones más favorables respecto los condicionantes de la movilidad peatonal a la hora de acceder a las paradas de cualquier transporte público y específicamente a las paradas de metro ligero.

La **accesibilidad**, como condicionante estructurante, y que está en el primer lugar de los aspectos previamente apuntados, hace referencia a aquellos aspectos más esenciales implicados en la movilidad peatonal. Aspectos relativos a la propia existencia de una infraestructura peatonal, la pendiente de ésta, su anchura o los materiales empleados; así, por ejemplo, ciertas evidencias muestran que existe una relación entre la dimensión de la acera y la velocidad peatonal, según la cual una acera menor de 2 metros puede originar que los encuentros entre peatones se den con dificultad (Prinz, 1986; Sanz, 2008), al ralentizar u obstruir el flujo peatonal. En este sentido, la accesibilidad como condicionante estructural ha dado lugar a que sean numerosos los manuales de diseño que tengan en consideración esta cuestión (Manchón, Santamera, de Diego, Mínguez, & Ormazábal, 1995; Portland, 1998; Pozueta, 2001; Pozueta, Lamíquiz, & Porto, 2009; Sanz, 2008).

El segundo aspecto condicionante de la movilidad peatonal es la **seguridad**, en especial, la relacionada con el tráfico (Pikora, Giles-Corti, Bull, Jamrozik, & Donovan, 2003). En esta línea, factores como la velocidad de circulación en una vía tiene claras repercusiones sobre la calidad peatonal, ya que determinan la sensación de seguridad del peatón (Young, 2007). Este aspecto se introduce en el diseño urbano mediante diferentes actuaciones destinadas a reducir la fricción entre modos de transporte, actuaciones como el templado de tráfico, disminución de la velocidad o espacio compartido, entre otras, y que además repercuten positivamente en la intensidad y diversidad de funciones urbanas (Sanz, 2008) y por ende en la calidad peatonal de una calle o ámbito determinado.

El **confort** es el tercero de los aspectos señalados como condicionantes de la movilidad peatonal, siendo además el aspecto cuya determinación puede suponer una mayor dificultad en cuantificar por la diversidad de matices que puede contener. El análisis del confort como condicionante de la movilidad peatonal puede dividirse en tres ramas: físico, sicológico y fisiológico (Sarkar, 2003). En el seno de cada una de esas ramas es posible encontrar multitud de variables vinculados al confort entre las que ocupan un papel destacado, por volumen de referencias, las variables climáticas (Nikolopoulou & Lykoudis, 2006; Stathopoulos, Wu, & Zacharias, 2004). Además estas variables pueden ser reguladas mediante elementos del diseño urbano como el arbolado (Shashua-Bar & Hoffman, 2000), el cual permite crear en calles con amplias secciones, sensación de encajonamiento así como orientar el flujo peatonal, ayudando de esta forma a definir la calle, requisito indispensable para generar en el peatón la impresión de seguridad e intimidad (Peters, 1981), y dando a la calle un carácter especial por el movimiento de las hojas de los arboles (Jacobs, 1993). Desde una visión contrapuesta, en ocasiones, el confort para el peatón es analizado desde aquellas variables que generan estrés en el peatón y que generalmente están asociadas con el tráfico, como son el ruido (Raggam et al., 2007) y la polución.

Por último, la **atracción** hace referencia a los paisajes urbanos que originan que los itinerarios sean atractivos para los peatones. En este aspecto juega un papel fundamental las personas puesto que la movilidad peatonal permite al peatón interaccionar con otros peatones (Gehl, 1971; Peters, 1981), y además participa de la actividad comercial y cultural en las calles (Venturi, Brown, & Izenour, 1977). En esta línea y de manera específica, los usos comerciales se establecen en sí mismos como puntos de atracción de personas que observan los distintos escaparates, que interactúan con otras personas en estos establecimientos y son fruto de inspiración (Gehl, 1971). Además, se establece una fuerte relación entre el diseño de la calle y los usos comerciales, pudiendo animar el comercio (Peters, 1981) e incluso crear entre ellos sinergias que fortalezca su atracción (Salingaros, Coward, West, & Bilsen, 2005). Por tanto una calle densa en usos comerciales que además posea una diversidad de oferta resulta determinante como atrayente de peatones *–Figura 41–*.

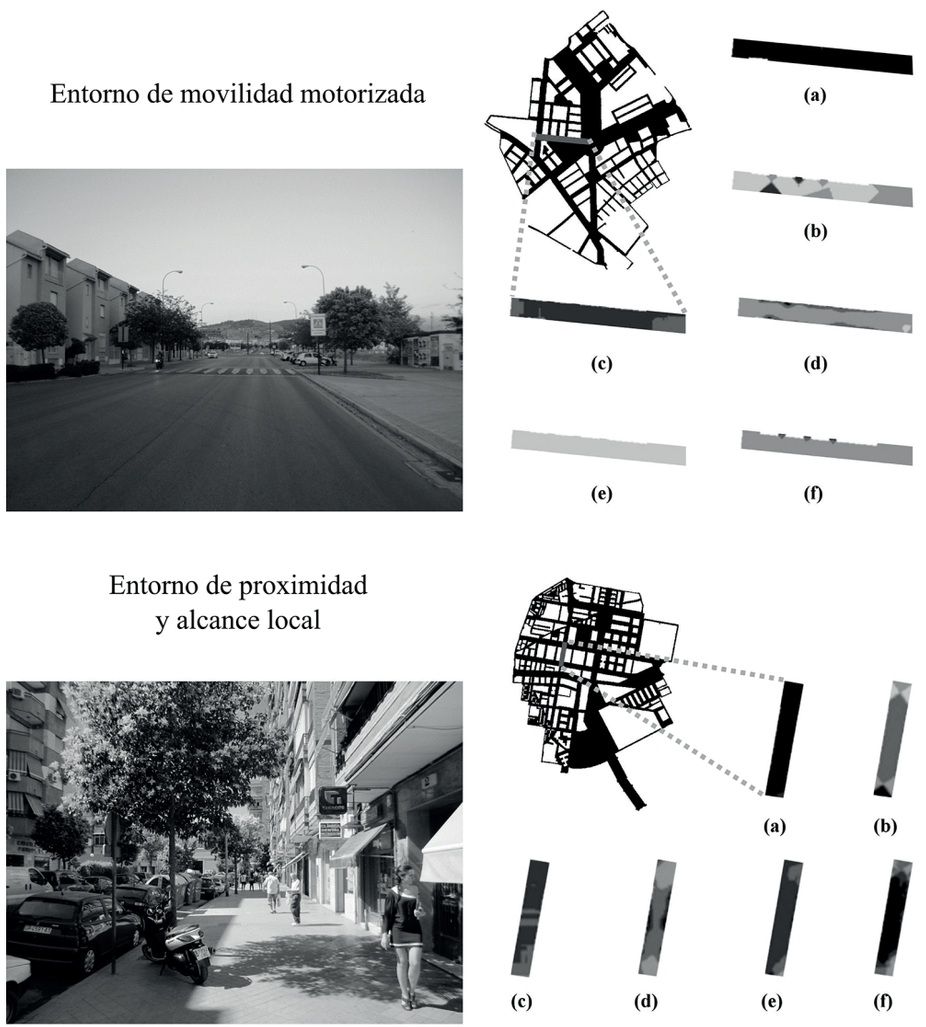
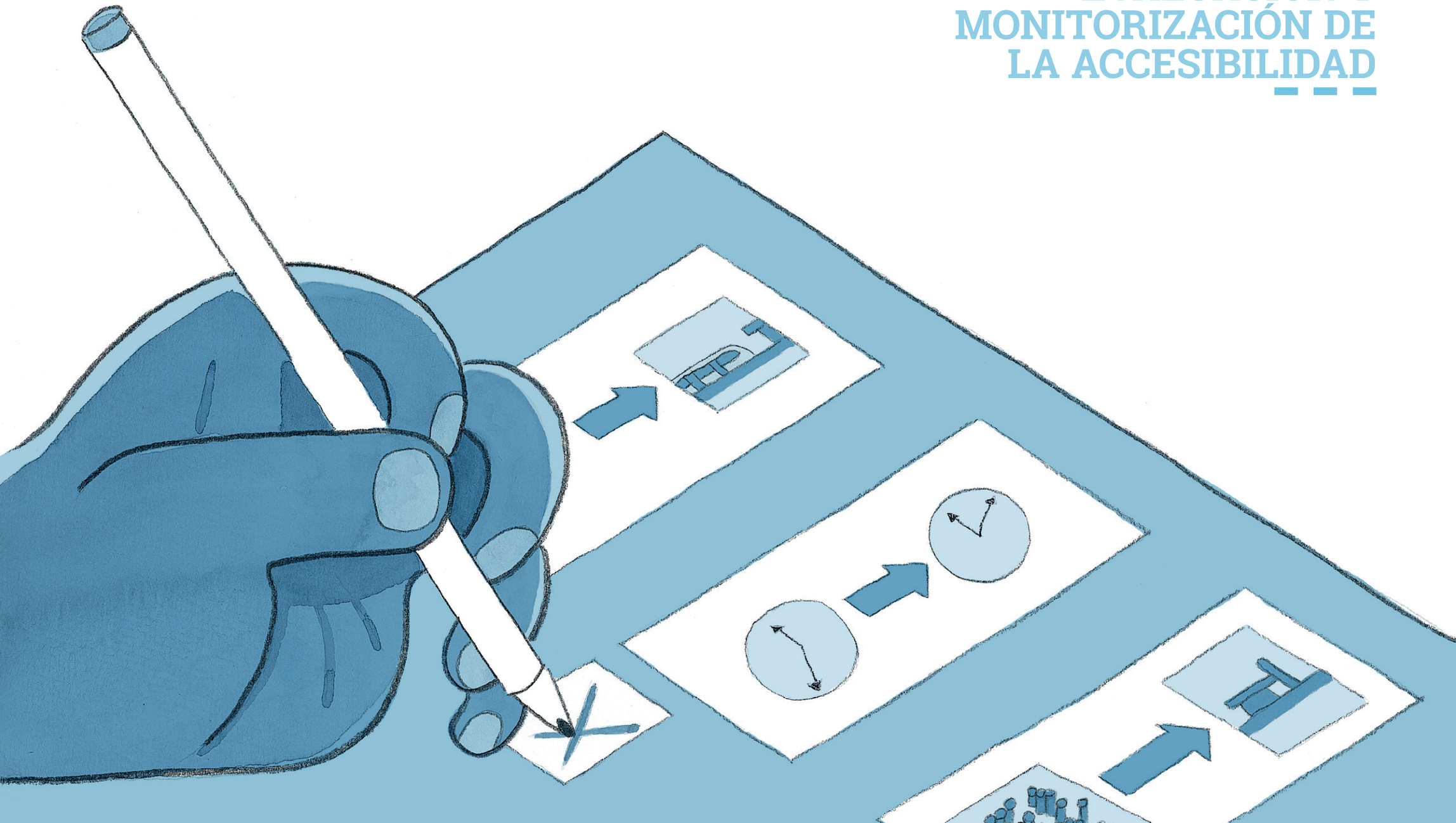


Figura 41: Ejemplo de características de la calle basados en indicadores en el ámbito del Metropolitano de Granada.
Fuente: Talavera-Garcia, Soria-Lara, and Valenzuela-Montes (2014)

MÉTODO	PROS	CONTRAS
Conectividad	Sencillo de entender	
Integración	Permite predecir flujos Fácil comprensión	Si el viario es muy curvilíneo puede no ajustarse el valor
Visibilidad		
Indicadores diseño	Permite incrementar indicadores según las necesidades	Adquisición de datos

Tabla 18: Resumen de medidas de la accesibilidad en el entorno de parada.
Fuente: Elaboración propia

5
EVALUACIÓN Y MONITORIZACIÓN DE LA ACCESIBILIDAD



Una vez se han realizado todos los análisis, para las distintas alternativas posibles, acorde con mejorar la accesibilidad a determinados usos del suelo o centralidades y a los diferentes grupos de población, se debe evaluar en qué grado dichas alternativas van a mejorar la situación de partida. Además una vez implantada la opción seleccionada permite evaluar en qué medida las decisiones y acciones emprendidas tienen una repercusión positiva en la accesibilidad.

PLANES	Plan de movilidad urbana (PMU / PMUS) Proyecto de metro ligero
FASE	[EO] Estimación de opciones [M] Monitorización
ESCALA	Supramunicipal Municipal
ACTORES	[AR] Administración regional [AL] Administración local [GI] Grupos interesados [O] Operadores [U] Usuarios

Tabla 19: Información para la aplicación
Fuente: Elaboración propia

5.1. EVALUACIÓN COMPARADA DE ESCENARIOS

Uno de los métodos más empleados en la evaluación de la mejora de la accesibilidad es el de la evaluación comparada de escenarios. Este método consiste en evaluar la diferencia existente entre la situación inicial o sin el proyecto de metro ligero y la situación con la integración del sistema de metro ligero.

Además, este método se puede aplicar para evaluar escenarios temporales, como una secuencia evolutiva y escenarios alternativos, permitiendo de este modo evaluar qué escenario de los presentados tiene una repercusión más positiva en la mejora de la accesibilidad a las centralidades y grupos poblacionales prioritarios.

Dentro de la evaluación comparada de escenarios se pueden realizar diferentes medidas. Una de las medidas más frecuentes que se suelen realizar es la relativa a la mejora en el tiempo de los trayectos entre origen y destino. No obstante, pueden realizarse otras medidas como la evaluación comparada de la jerarquía de las paradas de transporte público *–Figura 42–* o del nivel de servicio *–Figura 43, Figura 44–*.

Dado que todas estas medidas han sido descritas en epígrafes anteriores, a continuación se muestran ejemplos de escenarios comparados en los que se puede apreciar el cambio en la accesibilidad.

► 5.1.1. JERARQUÍA DE LAS PARADAS.

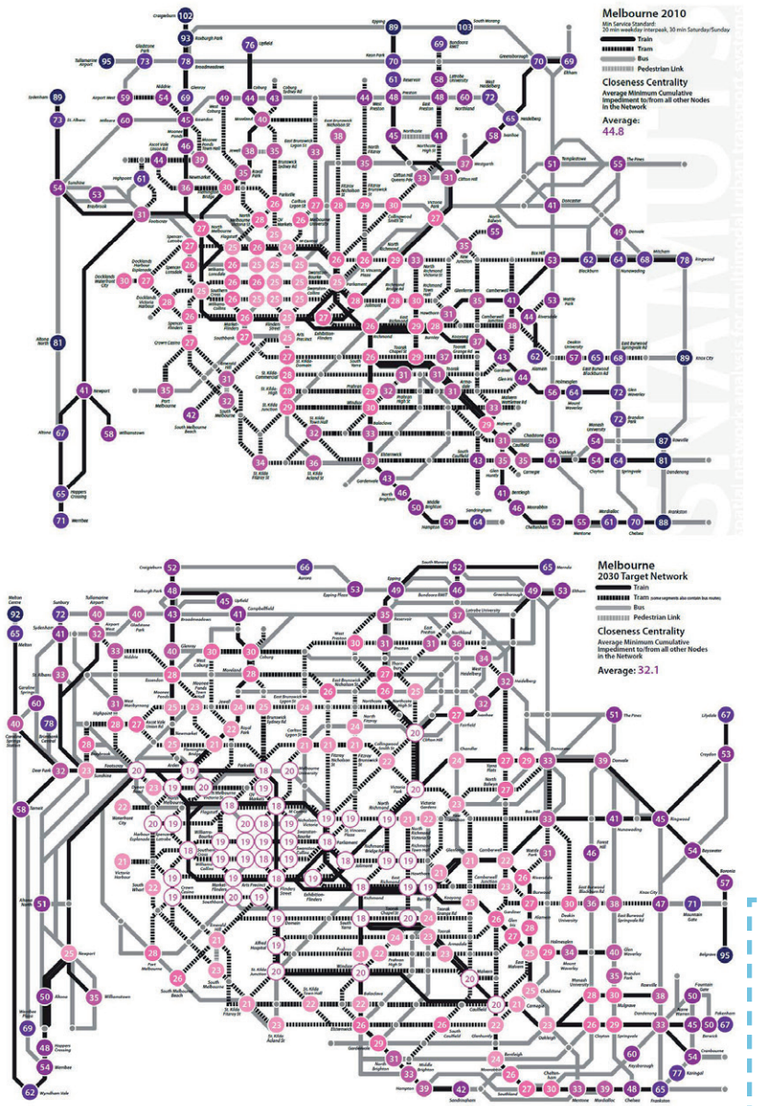


Figura 42: Cambio en la jerarquía basada en la cercanía de las paradas al centro en el sistema de transporte de Melbourne.
Fuente: http://www.snamuts.com/melbourne.html

VISITAR EL ENLACE HTTP://WWW.SNAMUTS.COM PARA VER MÁS CIUDADES EN LAS QUE SE HA APLICADO ESTA HERRAMIENTA

5.2. TIEMPO DE VIAJE

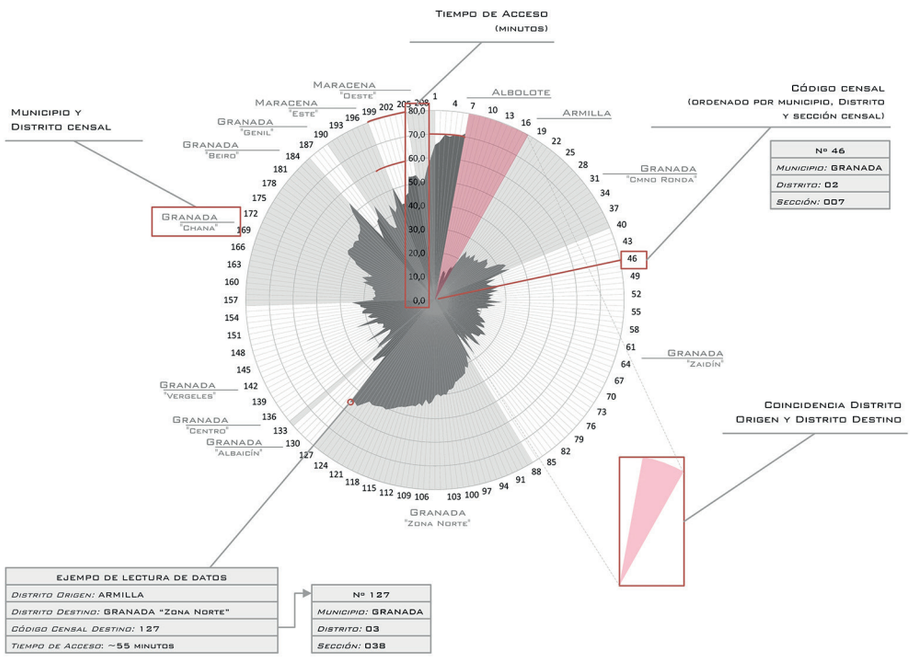


Figura 43: Esquema de variación de Accesibilidad desde el municipio de Armilla.

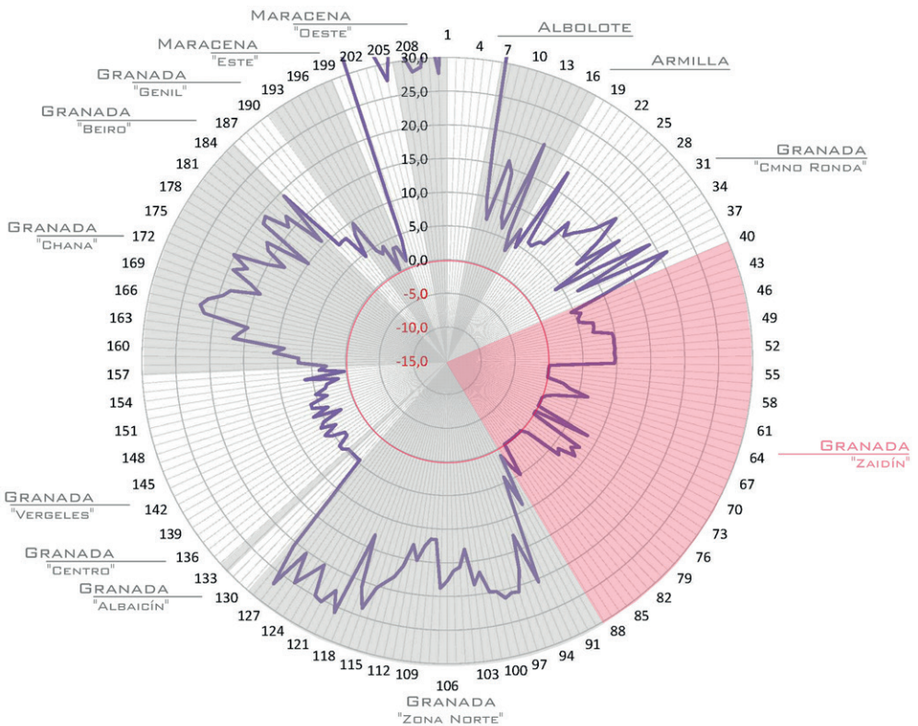


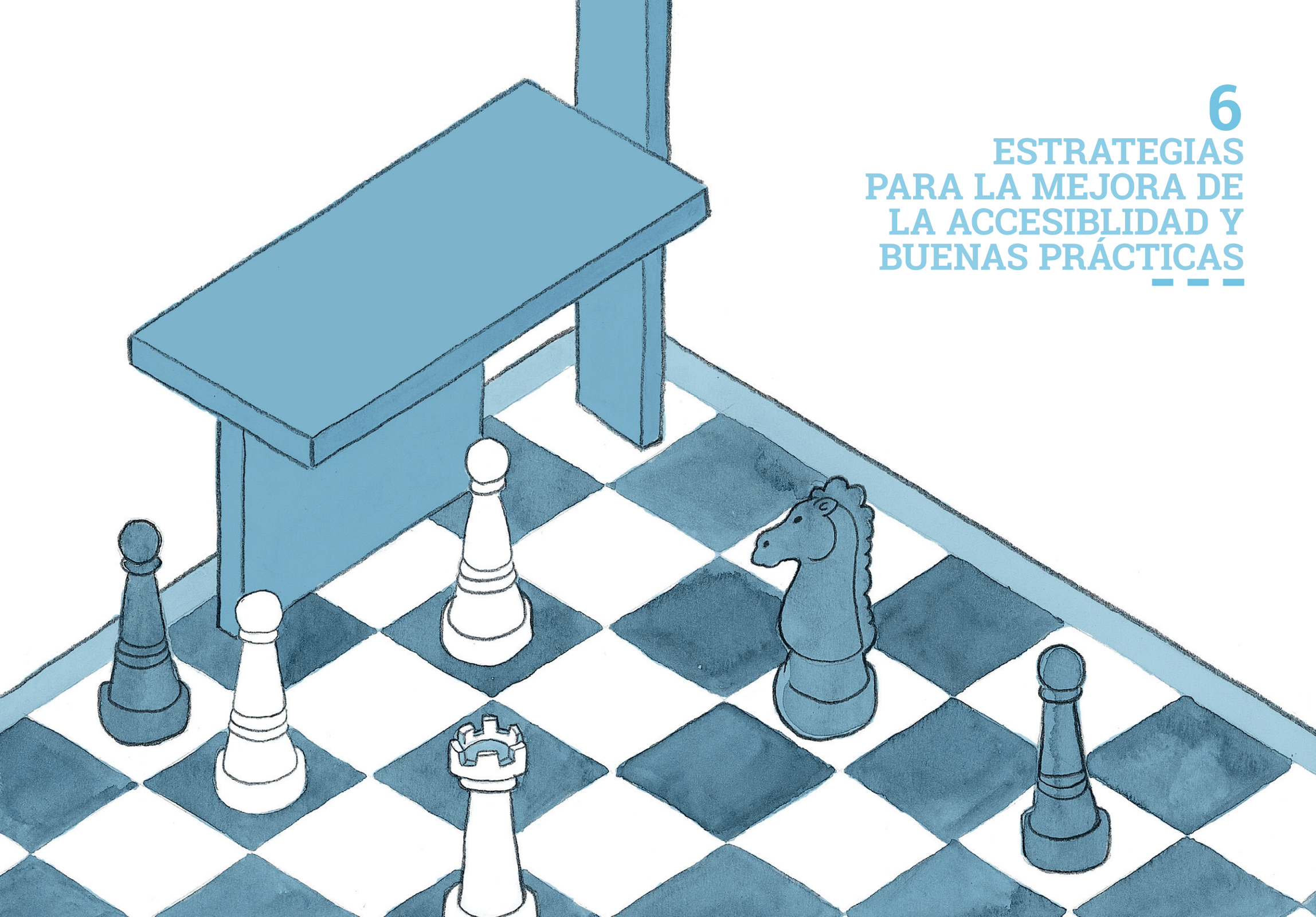
Figura 44: Esquema de mejora del tiempo de acceso desde el municipio de Armilla con la incorporación de la línea de metro ligero.

Fuente: Elaboración propia

5.3. MONITORIZACIÓN MEDIANTE INDICADORES

TIPO	EJEMPLO DE INDICADOR	USOS POTENCIALES
Acceso general a servicios	% de población que puede acceder al centro de la ciudad en 30 min Número de viajes diarios al centro de la ciudad	Monitorización del impacto de rutas adicionales de transporte al diferentes centralidades y servicios. Monitorización de los cambios en la accesibilidad a centralidades y servicios.
Acceso peatonal	Número de viajes peatonales al centro urbano, hospital, escuela, etc.	Monitorización del impacto de las mejoras en los entornos peatonales.
Satisfacción	% de pasajeros satisfechos con el servicio de transporte público. Número de reclamaciones.	Monitorización del impacto de las mejoras en el servicio.
Grupos específicos de población	% de grupos específicos de población con acceso al transporte publico	Monitorización del impacto de la mejora de la accesibilidad para diferentes colectivos sensibles a la disponibilidad de transporte público.
Información	% de paradas de autobuses con información del trayecto. % de centros de trabajo. % de hospitales que ofrecen información del servicio a pacientes y visitas.	Monitorización del acceso a la información.
Impacto económico	Accesibilidad al empleo de los desempleados.	Monitorización de la accesibilidad a nuevas oportunidades de trabajo para determinados grupos.
Inseguridad alrededor del transporte publico	Número de incidencias registradas en el transporte público. Proporción de personas que se siente inseguras caminando en sus vecindarios.	Monitorización de la efectividad de las medidas para reducir la inseguridad en los entornos de paradas de transporte público. Monitorización de la eficacia de la reducción de la inseguridad.

Tabla 20: Ejemplos de Indicadores para la monitorización de la accesibilidad espacial
Fuente: Adaptado de New Zealand Transport Agency (2008)



6
ESTRATEGIAS PARA LA MEJORA DE LA ACCESIBLIDAD Y BUENAS PRÁCTICAS

- La integración de los sistemas de metro ligero en base a la accesibilidad espacial debe impulsarse desde todas las escalas administrativas, de tal modo que haya una visión de conjunto y de futuro.
- Esta visión de conjunto y de futuro que la integración de los sistemas de metro ligero requiere para potenciar la accesibilidad, requiere una visión metropolitana en la que los municipios implicados tengan una visión global más allá de sus límites administrativos, potenciando así la accesibilidad de sus ciudadanos.
- Es además necesario incorporar a la discusión a todos los actores implicados, además de la propia empresa/s encargada/s de la redacción del proyecto de metro ligero, pudiendo así generar mayores sinergias entre todos los modos de transporte, ya sean estos motorizados o no motorizados.
- Otros de los núcleos centrales de la estrategia de la accesibilidad hace referencia a la distribución de los usos del suelo. En este sentido, éstos deben priorizarse dentro del núcleo compacto de la ciudad, evitando la dispersión que conlleva la necesidad de incrementar la necesidad de movilidad para acceder a ellos.
- Finalmente, la integración de los sistemas de metro ligero requiere de una especial atención al diseño urbano en sentido amplio, que favorezca la accesibilidad peatonal hacia y desde la propia parada. En este contexto es necesaria una aproximación del diseño urbano de corredores de movilidad y de entornos de movilidad, fomentando el concepto de nodo-lugar.

6.1. CUESTIONES A TENER EN CUENTA

- Los sistemas de metro ligero deben ser evaluados en función de la accesibilidad además de la movilidad.
- La evaluación de la accesibilidad debe considerar todos los factores que pueden afectar a la accesibilidad.
- La planificación de los sistemas de metro ligero deben evaluar en qué ámbito se produce una pérdida de accesibilidad.
- La evaluación de la accesibilidad debe tener especial consideración con aquellos grupos que presentan una situación desfavorable y además la calidad de sus accesos deben ser evaluados de forma relativa a la media de accesibilidad que presentan.
- La evaluación de la accesibilidad en la planificación de los sistemas de metro ligero debe tener en cuenta factores como el confort, la conveniencia, asequibilidad, seguridad y preferencias de los usuarios.
- La evaluación de la accesibilidad debe tener en cuenta la calidad de la integración modal así como la calidad de las relaciones intermodales
- La planificación de sistemas de metro ligero deben mejorar la accesibilidad en transporte público y otros modos alternativos en detrimento del vehículo privado.
- Se debe prestar especial atención al peatón en la planificación de los sistemas de metro ligero ya que es el modo principal que abastece al resto de modos.

6.2. PLANIFICACIÓN INTEGRAL DEL TRANSPORTE

Las mejores prácticas para la planificación integral del transporte y la evaluación incluyen (Litman, 2012):

- Usar la planificación basada en la accesibilidad, la cual considera la movilidad como un medio hacia el fin, más que un fin en sí mismo. Esto permite consideración de rango más amplio posible de soluciones para los problemas de transporte, incluyendo sustitutos de movilidad y gestión de usos del suelo que reduzcan la necesidad de viaje físico.
- Usar estimaciones comprehensivas de costes y beneficios, incluyendo todos los gastos de estacionamientos y de vías, la congestión “downstream” o hacia abajo, impactos sobre el transporte no-motorizado, los costes de la propiedad del vehículo, por kilómetro del vehículo, impactos ambientales, impactos sobre la elección de viaje y objetivos estratégicos del uso del suelo.
- Presentar los resultados en unidades que sean fáciles de entender y comparar. Por ejemplo, presentar los costes y los beneficios en euros, por vehículo, por kilómetro-vehículo, por kilómetro-pasajero o por viaje adicional.
- Indicar cualquier impacto que no esté cuantificado en el análisis, porque es difícil de medir, o describir sus impactos cualitativamente. Por ejemplo, describir cómo cada opción tiene un impacto en los objetivos de equidad, en el desarrollo económico, y los objetivos estratégicos del uso del suelo.
- No focalizar únicamente en las condiciones del tráfico para evaluar la calidad del sistema de transporte. Es necesario considerar de manera adicional factores como la diversidad del sistema, la accesibilidad, la calidad del servicio, y la calidad de las condiciones para caminar o ir en bicicleta.
- Indicar la distribución de los beneficios y los costes, y evaluar los impactos en términos de equidad.
- Usar técnicas estadísticas para incluir la incertidumbre y la variabilidad en los análisis económicos.
- Describir cómo las diferentes perspectivas e hipótesis pueden afectar a las conclusiones del análisis
- Producir informes que sean comprensibles para la población en general e incluir toda la información técnica relevante

6.3. POLÍTICAS DE GESTIÓN DE LA MOVILIDAD Y REFORMAS INSTITUCIONALES

- Establecer pautas de cooperación y objetivos comunes entre diferentes agencias involucradas en las decisiones de los usos del suelo y el transporte, incluyendo además a todas aquellas que tengan alguna relación con ambas (economía, planificación, etc.) Además ser responsables de los objetivos de seguridad, medio ambiente y movilidad.
- Los objetivos y metas de la planificación del transporte debería enfatizar en la accesibilidad y movilidad, y no únicamente en el movimiento de vehículos.
- La planificación debería considerar las necesidades de transporte de personas que estén en una situación de desventaja, ya sea física, económica o social.
- Gestión del transporte a través de una agencia.
- Políticas de gestión de la movilidad independientes de los periodos políticos, de tal manera que los objetivos no varíen en cada cambio de legislatura.
- Agencia de gestión de tráfico pueden tener fuentes de financiación independientes (tarifas de estacionamiento, multas, impuestos sobre combustibles, etc.)
- Las fuerzas del orden público deben aplicar con la mayor rigurosidad las normativas de tráfico.
- Educar a los responsables de tomar decisiones y demás personal, sobre los objetivos de la gestión de la movilidad, técnicas y recursos.
- Tomar decisiones sobre el transporte debería estar basado en los principios de mínimo coste, dando igual consideración a las estrategias de gestión y a las de oferta.

- Identificar y corregir las políticas y prácticas de planificación que tienden a infravalorar los modos alternativos o que producen patrones de usos del suelo y de transporte dependientes del vehículo privado.
- Desarrollar programas de evaluación efectiva que registre el progreso hacia los objetivos marcados.
- Recompensar los programas de transporte exitosos. Por ejemplo, dotar de financiación adicional a gobiernos locales con gestión de la movilidad exitosa, seguridad vial y reducción de emisiones.

6.4. EJEMPLOS

► 6.4.1. ACCESIBILIDAD A PUESTOS DE TRABAJO.

Oportunidad de desarrollo de las zonas residenciales evaluado para diferentes modos de transporte y franjas horarias.

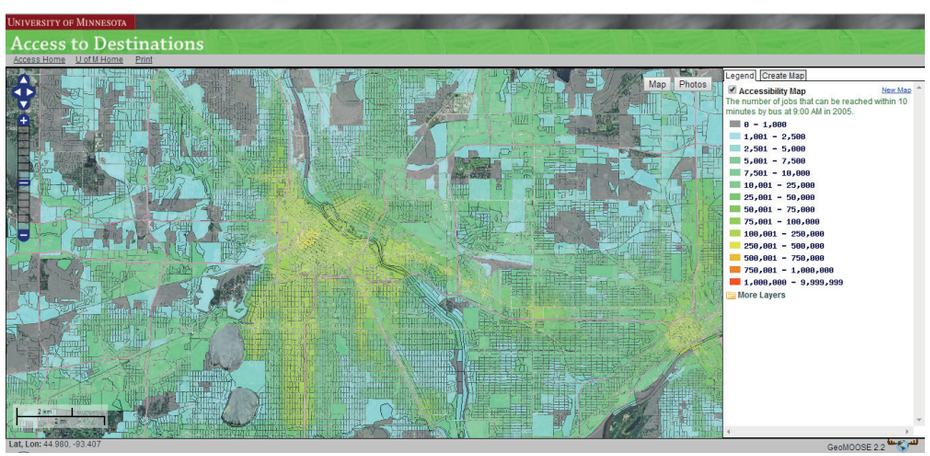


Figura 45: Número de empleos disponibles en 30 minutos andando.
Fuente: http://a2d.umn.edu/

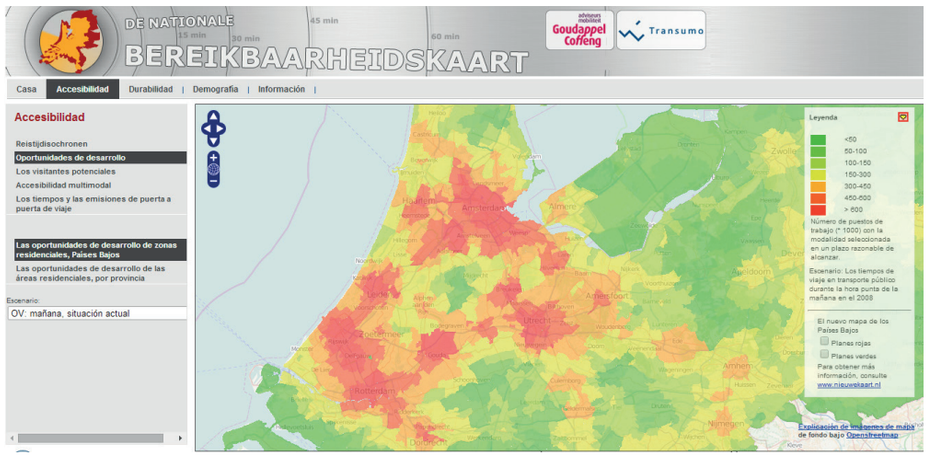


Figura 46: Número de empleos disponibles en 30 minutos andando.
Fuente: http://www.bereikbaarheidskaart.nl/

► 6.4.2. CONEXIÓN CON CAMPUS DE INNOVACIÓN O PARQUES TECNOLÓGICOS.

Figura 47: Ampliación de la línea B de metro ligero de Grenoble para la integración Campus Científico.

► 6.4.3. EJEMPLOS DE DISEÑO URBANO LIGADOS A LA ACCESIBILIDAD.

Figura 48: Mejora de la accesibilidad mediante vía de exclusividad para el transporte público en Leeds (UK).
Fuente: elaboración propia

Figura 49: Efecto barrera por falta de integración del tranvía en Turín (Italia).
Fuente: elaboración propia

Figura 50: Consecuencias de intermodalidad no planificada en Dublín (Irlanda).
Fuente: elaboración propia

7
GLOSARIO

Accesibilidad: Medida, generalmente en términos de tiempo, de la aptitud de una red para permitir alcanzar una zona de actividad, de obtener un servicio o de conectar con una actividad.

Actores: Los actores son representantes de colectivos locales que poseen un papel representativo. Estos colectivos no se encuentran en el proceso de asesorar durante las etapas del proceso y su papel no está claramente definido, pero poseen un papel importante en el desarrollo, evaluar y deliberar distintas opciones. Los actores son colectivos u organizaciones como compañías de transporte, grupos ciudadanos, etc.

Análisis de redes: El modelado del sistema de transportes, la localización de las rutas, la localización de las intersecciones, nodos y terminales pueden ser considerados como una red. El análisis de redes ayuda a identificar los flujos, las distancias más cortas entre dos puntos establecidos o la ruta menos costosa para el transporte de mercancías entre dos puntos. Estos análisis están basan en la teoría de grafos apoyados en la topología.

Anchura efectiva: la anchura efectiva hace referencia a la anchura por la anchura de acera por la cual puede circular un peatón. Esta anchura es el resultado de descontar a la anchura total de la acera, la anchura de los obstáculos presentes y que por tanto disminuyen el espacio disponible para los discurran los flujos peatonales.

Buffer: se dice del área circular que rodea a un punto determinado, ya sea de una centralidad o de una parada de transporte. El radio de esta área puede variar en función de las características del punto considerado y/o su nivel de servicio.

Centralidades: Se considera centralidad como el punto de origen o de destino de los desplazamientos. En este sentido, la centralidad está ligada a la generación y atracción de movimientos que se encuentran ligadas a la naturaleza y nivel de actividades.

Configuración espacial: la configuración espacial es la relación que existe dentro del conjunto de calles de una determinada área metropolitana. Esta relación determina la jerarquía de las calles y características como la integración o la conectividad.

Contorno: el concepto de contorno está estrechamente relacionado con el de buffer ya que lo que diferencia al término contorno de buffer es que este no tiene por qué ser un área circular, adaptándose a los condicionantes que la propio entorno establezca. Generalmente el contorno se genera en base a una distancia o tiempo.

Demanda: Expresión de las necesidades de transporte, ya sean satisfechas en su totalidad, parcialmente o no. Como sucede con la oferta puede ser expresado en términos de número de personas, volumen o toneladas por unidad de espacio o tiempo.

Gravitacional: es el primer término que se utilizó para analizar la accesibilidad, ya que establece un símil entre la atracción que se genera en la ciudad entre un origen y un destino, con la ley de atracción universal en la que dos cuerpos se atraen proporcionalmente a su masa e inversamente a la distancia entre ellos.

Integración: se entiende integración dentro de esta guía como, a) la óptima relación entre planes, en la cual haya flujos de información en ambas direcciones que den lugar a una situación de generación de sinergias; b) en referencia a los distritos o barrios dentro del ámbito de estudio se entiende de integración como la cohesión espacial y social de los barrios o distritos dentro del conjunto; c) la integración desde el punto de vista de la teoría del Space Syntax se entiende como el número de pasadas que hay que hacer por cada uno de los segmentos de calle para alcanzar cada uno de los segmentos restantes del conjunto del ámbito estudiado o de una parte del mismo, esta jerarquía está vinculada a centralidad del segmento en el conjunto de movimientos.

Intermodalidad: se considera intermodalidad al movimiento de bienes o personas en sucesivos modos de transporte sin que ello suponga un esfuerzo por parte de los usuarios en la acción de cambio de modo de transporte. La optimización de las transferencias entre modos sucesivos incrementa la

flexibilidad y minimiza considerablemente los tiempos de espera y los costes de operación.

Isocrona: se entiende por isócrona la línea que delimita un área en función de un tiempo determinado. Este término es comúnmente utilizado cuando se llevan a cabo análisis de cobertura de paradas de transporte público. Las isócronas más usadas son las isócronas de 5 y 10 minutos.

Mapa de verificación: aunque esta denominación no está extendida en el contexto español, los mapas de verificación son de uso habitual en Estados Unidos y Reino Unido como parte de las auditorías para la determinación de la accesibilidad. Dichos mapas muestran los niveles de accesibilidad qué poseen las distintas zonas de la ciudad o área metropolitana poseen respecto a una centralidad, como puede ser un hospital.

Movilidad: Se refiere a movimiento de personas o mercancías. Puede tener varios niveles relacionados con la velocidad, capacidad y eficiencia de los movimientos.

Nivel de servicio: Conjunto de características que indican la calidad y cantidad del servicio proporcionado por el transporte, incluyendo aquellas características que son difíciles de cuantificar. En relación a los peatones, es la ocupación de los usos del suelo que vincula el diseño de las centralidades con los niveles de servicio.

Oportunidades: Se consideran oportunidades aquellos puntos en los que existe puesto de trabajo. Es por tanto un término ligado a los puestos de trabajo existentes o las posibilidades de negocio. El empleo de este término viene del término anglosajón opportunity.

Políticas de gestión de la movilidad: También conocido como políticas de gestión de la demanda del transporte o TDM. Estas políticas se basan en gestionar de manera eficiente los recursos existentes en materia de transporte. Además estas políticas se encuentran en contraposición a las políticas de oferta.

Políticas de oferta: Las políticas de oferta se basan en el aumento de los recursos para así satisfacer la demanda actual o futura. Un ejemplo claro de este tipo de políticas es la duplicación de infraestructuras viarias con el fin de aumentar su capacidad de carga.

Profundidad visual: La profundidad visual hace referencia al número de giros son necesarios para visualizar un elemento, entendiendo estos giros como cambios de recorrido a lo largo de un trayecto. Esta medida se relaciona con la teoría de Space Syntax y entre los programas informáticos que permiten su cálculo se encuentra Depth Map, desarrollado en la UCL.

Redes: Conjunto de rutas en el sistema de localizaciones, identificados como nodos. Una ruta es una relación entre dos nodos que son parte de una red mayor. Estas rutas pueden ser tangibles como es el caso de los viales o vías férreas, o menos rutas menos tangibles como los corredores aéreos o marítimos.

8
BIBLIOGRAFÍA

Alfonzo, M. A. (2005). To Walk or Not to Walk? The Hierarchy of Walking Needs. *Environment and Behavior,* 37(6), 808-836.

CERTU. (2003). *SCot et Déplacements. Problématique et méthodes:* Ministére de l'équipement, des transports, du logement, du tourisme et de la mer. Délégation interministérielle à la ville. Ministère de l'écologie du développment durable.

Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment,* 2(3), 199-219.

Curtis, C., & Scheurer, J. (2010). Planning for sustainable accessibility: Developing tools to aid discussion and decision-making. *Progress in Planning,* 74(2), 53-106.

Chapman, S., & Weir, D. (2008). *Accessibility Planning Methods.*

Dixon, L. (1996). Bicycle and Pedestrian Level-of-Service Performance Measures and Standards for Congestion Management Systems. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board,* 1538 (-1), 1-9.

Duhau, E., & Giglia, A. (2007). Nuevas centralidades y prácticas de consumo en la Ciudad de México: del microcomercio al hipermercado. *EURE (Santiago),* 33, 77-95.

Freeman, L. (1977). A Set of Measures of Centrality Based on Betweenness. *Sociometry, 40*(1), 35-41.

Fruin, J. J. (1971). *Pedestrian planning and design:* Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners.

Gehl, J. (1971). *Life between buildings: using public space:* Danish Architectural Press.

Geurs, K. T., & van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography, 12*(2), 127-140.

Gutiérrez-Puebla, J., & García-Palomares, J. C. (2008). Distance-measure impacts on the calculation of transport service areas using GIS. *Environment and Planning B: Planning and Design, 35*(3), 480-503.

Herce, M. (2009). *Sobre la movilidad en la ciudad: Propuestas para recuperar un derecho ciudadano:* Reverté.

Hillier, B., & Hanson, J. (1984). *The social logic of space:* 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(1), 29-66.

Hull, A., Silva, C., & Bertolini, L. (2012). *Accessibility instruments in planning practice.* Brussels.

Iacono, M., Krizek, K. J., & El-Geneidy, A. (2010). Measuring non-motorized accessibility: issues, alternatives, and execution. *Journal of Transport Geography, 18*(1), 133-140.

Jacobs, A. B. (1993). *Great Streets:* Mit Press.

Kenworthy, J. R., & Laube, F. B. (1999). Patterns of automobile dependence in cities: an international overview of key physical and economic dimensions with some implications for urban policy. *Transportation Research Part A: Policy and Practice, 33*(7–8), 691-723.

Kim, Y. O. (1999). *Spatial Configuration, Spatial Cognition and Spatial Behaviour: the role of architectural intelligibility in shaping spatial experience.* University of London.

Kittelson, P., Quade, H.-Z., & Hunter-Zaworski, K. (2003). Transit Capacity and Quality of Service Manual: Transportation Research Board.

Landis, B., Vattikuti, V., Ottenberg, R., McLeod, D., & Guttenplan, M. (2001). Modeling the Roadside Walking Environment: Pedestrian Level of Service. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1773*(-1), 82-88.

Litman, T. (2003). *Measuring transportation. Traffic, Mobility and Accessibility.* Victoria, Canada: Victoria transport policy Institute.

Litman, T. (2008). *Evaluating accessibility for transportation planning.* Victoria, Canada: Victoria Transport Policy Institute.

Litman, T. (2012). *Comprehensive Transport Planning Framework.* Victoria: Victoria Transport Policy Institute (VTPI).

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. *Social Indicators Research, 94*(3), 417-435.

Manchón, L. F., Santamera, J. A., de Diego, J. G. B. G., Mínguez, J. J., & Ormazábal, J. I. (1995). *Recomendaciones para el proyecto y diseño del viario urbano* (1 ed.): Ministerio de Fomento.

Morris, J. M., Dumble, P. L., & Wigan, M. R. (1979). Accessibility indicators for transport planning. *Transportation Research Part A: General, 13*(2), 91-109.

Mowatt, K. (2013). *Bicycle and pedestrian connectivity and livability study.* Old Colony: Old Colony Planning Council.

Neutens, T., Schwanen, T., Witlox, F., & De Maeyer, P. (2010). Equity of urban service delivery: a comparison of different accessibility measures. *Environment and Planning A, 42*(7), 1613-1635.

Newman, P., & Kenworthy, J. R. (1999). *Sustainability and cities: overcoming automobile dependence:* Island Press.

Nikolopoulou, M., & Lykoudis, S. (2006). Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries. *Building and Environment, 41*(11), 1455-1470.

Olszewski, P., & Wibowo, S. (2005). Using Equivalent Walking Distance to Assess Pedestrian Accessibility to Transit Stations in Singapore. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1927*(-1), 38-45.

Peters, P. (1981). *La ciudad peatonal* (E. V. Ramonich, Trans. 2 ed.): Gustavo Gili.

Pikora, T., Giles-Corti, B., Bull, F., Jamrozik, K., & Donovan, R. (2003). Developing a framework for assessment of the environmental determinants of walking and cycling. *Social Science & Medicine, 56*(8), 1693-1703.

Plymouth-City-Council. (2010). *Derriford Hospital Accessibility Action Plan.* Playmouth: Plymouth City Council and Plymouth Hospitals NHS Trust.

Porta, S., Crucitti, P., & Latora, V. (2006). The network analysis of urban streets: a primal approach. *Environment and Planning B: Planning and Design, 33*(5), 705-725.

Portland, G. (1998). *Pedestrian design guide.* Retrieved. from.

Pozueta, J. (2001). *Instrucción para el Diseño de la Vía Pública en el municipio de Madrid.* Madrid: Ayuntamiento de Madrid.

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.*

Prinz, D. (1986). *Planificación y configuración urbana:* Gustavo Gili.

Raggam, R. B., Cik, M., Höldrich, R. R., Fallast, K., Gallasch, E., Fend, M., et al. (2007). Personal noise ranking of road traffic: Subjective estimation versus physiological parameters under laboratory conditions. *International Journal of Hygiene and Environmental Health, 210*(2), 97-105.

Rodríguez, D. A., Brisson, E. M., & Estupiñán, N. (2009). The relationship between segment-level built environment attributes and pedestrian activity around Bogota's BRT stations. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 14*(7), 470-478.

Salingaros, N. A., Coward, L. A., West, B. J., & Bilsen, A. (2005). *Principles of urban structure:* Techne.

Sanz, A. (2008). *Calmar el tráfico: Pasos para una nueva cultura de la movilidad urbana.* Madrid: Ministerio de Fomento.

Sarkar, S. (2003). Qualitative Evaluation of Comfort Needs in Urban Walkways in Major Activity Centers. *Transportation Quarterly, 57*(4), 39-59.

Shashua-Bar, L., & Hoffman, M. E. (2000). Vegetation as a climatic component in the design of an urban street: An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. *Energy and Buildings, 31*(3), 221-235.

Stathopoulos, T., Wu, H., & Zacharias, J. (2004). Outdoor human comfort in an urban climate. *Building and Environment, 39*(3), 297-305.

Subero Munilla, J. M. (2009). *Métodos de análisis de la eficacia espacial de las redes de transporte colectivo de infraestructura fija, ensayo de indicadores de oferta:* Universitat Politècnica de Catalunya.

Talavera-Garcia, R., Soria-Lara, J., & Valenzuela-Montes, L. (2014). La calidad peatonal como método para evaluar entornos de movilidad urbana. *Documents d'Anàlisi Geogràfica, 60*(1), 161-187.

Talavera-García, R., & Valenzuela-Montes, L. M. (2012). La accesibilidad peatonal en la integración espacial de las paradas de transporte público. *Revista Bitácora Urbano Territorial, 21*(2), 97-109.

Transport-for-London. (2010). *Travel in London Report 3 London*: Transport for London, Mayor of London.

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 ed.): MIT Press.

Vuchic, V. R. (2005). *Urban transit: operations, planning, and economics:* John Wiley & Sons.

Wilson, A. G. (1971). A family of spatial interaction models, and associated developments. *Environment and Planning A, 3*(1), 1-32.

Wright, L., & Hook, W. (2010). *Guía de Planificación de Sistemas BRT.* New York: Institute for Transportation and Development Policy.

Young, A. (2007). *Manual for Streets. London:* Thomas Telford Pub.

9

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

Figura 1: Fases para la evaluación de la accesibilidad. 25

Figura 2: Conexiones entre autovías. Birmingham (UK). 33

Figura 3: Doble autovía en altura en el eje Cheonggyecheon (Seoul). 34

Figura 4: Red ciclable Granada periférica y fragmentada. 37

Figura 5: Porcentaje de usuarios de transporte público en función de la densidad de población. 46

Figura 6: Acceso de usuarios en función del tiempo-distancia andando a la parada. 49

Figura 7: Acceso de usuarios en función del tiempo-distancia andando en pendiente a la parada. 49

Figura 8. Medidas de análisis de la accesibilidad espacial basados en la localización. 56

Figura 9: Esquema topológico de una red intermodal. 74

Figura 10: Redes de transporte (motorizado y no motorizado) existente en el área metropolitana de Granada en la que se plantea la línea de metro ligero (a.-peatonal, b.-autobuses) 75

Figura 11: Diagrama de integración de objetivos para una densidad óptima de estaciones. 81

Figura 12: Ejemplo de isócronas generadas a partir de las paradas del Metropolitano de Granada. 84

Figura 13: Ejemplo de cobertura de las paradas de transporte público en Londres. 85

Figura 14: Ejemplo de solapamiento de áreas de servicio y diferencia entre modelos en paradas de metro ligero de Granada. 86

Figura 15: Jerarquía de las paradas de transporte público del ámbito del Metropolitano de Granada. 94

Figura 16: Ejemplo de análisis accesibilidad a puestos de trabajo: 99

Figura 17: Grado de accesibilidad en transporte público a centralidad sanitaria en Plymouth: 100

Figura 18: Ejemplo de caracterización de centralidades metropolitanas del ámbito del Metropolitano de Granada. 101

Figura 19. Empleos accesibles en Londres. 105

Figura 20: Decaimiento de la atracción según centralidad. 106

Figura 21: Decaimiento de la atracción según edad de la población. 107

Figura 22: Ejemplo de análisis de tiempos de acceso a centralidades del ámbito del Metropolitano de Granada. 108

Figura 23: Ejemplo de jerarquía de paradas y su entorno en el ámbito del Metropolitano de Granada. 113

Figura 24: Análisis de población dependiente servida (menor 15 años) en el ámbito del Metropolitano de Granada. 116

Figura 25: Análisis de población servida como integración social en el ámbito del Metropolitano de Granada 118

Figura 26: Franjas funcionales en una calle. 123

Figura 27: Curva intensidad-ocupación peatonal. 124

Figura 28: Esquema de la anchura total, anchura de obstáculo y anchura efectiva. 125

Figura 29: Reducción drástica de la anchura efectiva de acera por la presencia de una parada de autobuses urbanos en Linares (Jaén). 126

Figura 30: Nivel de servicio peatonal en función de la anchura de acera y el número de peatones por hora en base al HCM (2010). 128

Figura 31: Nivel de servicio peatonal (PLOS) de las principales rutas recorridas por los usuarios para acceder a centros educativos y estaciones de transporte público. 129

Figura 32: Nivel de servicio en segmentos e intersecciones para diferentes modos de transporte en Pasadena (EE.UU.). 134

Figura 33: Ejemplo de Nivel de servicio peatonal (PLOS) en función de características de calidad ambiental (ruido, comercios, arbolado, etc.) en segmentos del metro ligero de Granada. 135

Figura 34: Mapa axial de la ciudad de Londres 138

Figura 35: Integración (HHRn) de las calles en el entorno de parada del Metropolitano de Granada. 139

Figura 36: Escatograma de sinergia (Integración global - local). 139

Figura 37: Ejemplo de VSD de las calles en el entorno de tres paradas del Metropolitano de Granada: 144

Figura 38: Aspectos condicionantes en la movilidad peatonal. 146

Figura 39: Factores relacionados con la movilidad peatonal presente en la bibliografía científica. 148

Figura 40: Diseño de intercambiador de transporte público en Liverpool, en el que se ofrece protección frente a las condiciones meteorológicas adversas. 149

Figura 41: Ejemplo de características de la calle basados en indicadores en el ámbito del Metropolitano de Granada. 152

Figura 42: Cambio en la jerarquía basada en la cercanía de las paradas al centro en el sistema de transporte de Melbourne. 159

Figura 43: Esquema de variación de Accesibilidad desde el municipio de Armilla. 160

Figura 44: Esquema de mejora del tiempo de acceso desde el municipio de Armilla con la incorporación de la línea de metro ligero. 161

Figura 45: Número de empleos disponibles en 30 minutos andando. 171

Figura 46: Número de empleos disponibles en 30 minutos andando. 172

Figura 47: Ampliación de la línea B de metro ligero de Grenoble para la integración Campus Científico. 172

Figura 48: Mejora de la accesibilidad mediante vía de exclusividad para el transporte público en Leeds (UK). 173

Figura 49: Efecto barrera por falta de integración del tranvía en Turín (Italia). 174

Figura 50: Consecuencias de intermodalidad no planificada en Dublín (Irlanda). 175

TABLAS

Tabla 1: Comparativa conceptual y metodológica entre Tráfico, Movilidad y Accesibilidad 41

Tabla 2: Aspectos implicados en la accesibilidad. 48

Tabla 3: Medidas de accesibilidad espacial consideradas según sus características de aplicación 63

Tabla 4: Modelos utilizados, componentes implicados y utilidad para la evaluación. 65

Tabla 5: Resumen de las principales características de herramientas innovadoras. 67

Tabla 6: Información para la aplicación Fuente: 72

Tabla 7: Ejemplos de indicadores aplicables para la jerarquización de paradas de transporte público. 88

Tabla 8: Indicadores SNAMUTS. 93

Tabla 9: Resumen métodos para el análisis de la accesibilidad al transporte público existente. 95

Tabla 10: Resumen de métodos para el análisis de accesibilidad a centralidades 109

Tabla 11: Información para la aplicación 110

Tabla 12: Resumen métodos para el análisis de población servida. 119

Tabla 13: Información para la aplicación 121

Tabla 14: Criterios para la valoración del nivel de servicio peatonal. 132

Tabla 15: Correspondencia entre la puntuación total y el nivel de servicio peatonal. 132

Tabla 16: Ejemplo de Nivel de servicio peatonal (PLOS) y nivel de servicio ciclista (BLOS) obtenido mediante calculadora de nivel de servicio. (Adaptado de The Sustainable Cities Institute) 133

Tabla 17: Factores del diseño urbano que intervienen en la movilidad peatonal 147

Tabla 18: Resumen de medidas de la accesibilidad en el entorno de parada. 153

Tabla 19: Información para la aplicación 157

Tabla 20: Ejemplos de Indicadores para la monitorización de la accesibilidad espacial 163

Tabla 20: Características de la herramienta SNAMUTS (Spatial Network Analysis for Multimodal Urban Transport Systems). 202

Tabla 21: Características de la herramienta ASAMeD (Space Syntax: Spatial Integration Accessibility and Angular Segment Analysis by Metric Distance). 203

Tabla 22: Características de la herramienta RIN (German Guidelines for Integrated Network Design-Binding Accessibility Standards). 204

Tabla 23: Características de la herramienta MoSC (Measures of Street Connectivity: Spatialist Lines). 205

Tabla 24: Características de la herramienta JAD (Joint-Accessibility Design). 206

Tabla 25: Características de la herramienta MaReSi SC (Method for Arriving at Maximus Recommendable Size of Shopping Centres). 207

Tabla 26: Características de la herramienta SAL (Structural Accessibility Layer). 208

Tabla 27: Características de la herramienta UrbCA (Celular Automata Modelling for Accessibility Appraisal in Spatial Plans). 209

Tabla 28: Características de la herramienta IMaFa (Isochrone Maps to Facilities). 210

Tabla 29: Características de la herramienta PST (Place Syntax Tool). 211

Tabla 30: Características de la herramienta SNAPTA (Spatial Network Analysis of Public Transport Accessibility). 212

10
APÉNDICE

• **SNAMUTS** · Analisis de redes para los sistemas de transporte multimodal

NOMBRE	SNAMUTS
Autores	Curtis & Scheurer
Escala	Supra-municipal, municipal
Estado	Parte planificación, investigación
Proceso planificación	Formal e informal
Ventajas actores	Localización residencia, actividades. Equidad social y económica
Inversores privados	Localización comercios e inversiones
Ventajas ciudadanos	Actividades cercanas, vecindario
Soporte a la decisión	Herramienta planificación estratégica
Medida de accesibilidad	Separación espacial, contorno, gravitacional, red
Componentes	Usos del suelo y transporte
Nivel de desagregación espacial	Censal, actividades
Nivel de desagregación socio-económico	No
Nivel de desagregación temporal	No
Modos de transporte	Autobús, tren, metro, metro ligero
Propósito - empleos	Todos - agregado
Usuarios potenciales	Planificadores, administración, ciudadanos, investigadores
Unidades	Medias y escalas
Uso destinado a conectar usuarios y empresa	Monitorización percepción suministradores y usuarios
Rol en la planificación urbana	Nuevas perspectivas, generación opciones, selección opciones, integración
Aspectos institucionales que bloquean su efectividad	Los tiempos de las agencias de planificación

Tabla 20: Características de la herramienta SNAMUTS (Spatial Network Analysis for Multimodal Urban Transport Systems).
Fuente: COST Action "Accessibility Instruments For Planning Practice In Europe" http://www.accessibilityplanning.eu/

• **ASAMeD** · Space Syntax: Spatial Integration Accessibility and Angular Segment Analysis by Metric Distance

NOMBRE	ASAMeD
Autores	Mavridou
Escala	Municipal, barrio, calle
Estado	Parte planificación y herramienta investigación
Proceso planificación	Formal
Ventajas actores	Localización residencia, actividades. Cohesión social. Revitalización centro ciudad. Incremento calidad trayecto. Mejora accesibilidad a pie y bicicleta.
Inversores privados	Localización comercios e inversiones
Ventajas ciudadanos	Elección vecindario según servicios. Ruta óptima al trabajo
Soporte a la decisión	Evaluación ex-post
Medida de accesibilidad	Separación espacial, distancia-tiempo, red
Componentes	Conectividad espacial
Nivel de desagregación espacial	Edificios, líneas axiales, vías, intersecciones, individuos
Nivel de desagregación socio-económico	Género, empleo-desempleo
Nivel de desagregación temporal	Hora, hora punta-valle
Modos de transporte	Peatón, bicicleta
Propósito - empleos	Sin propósito / No aplicable
Usuarios potenciales	Planificadores, investigadores
Unidades	Sin unidades
Uso destinado a conectar usuarios y empresa	Herramienta marketing información oferta
Rol en la planificación urbana	Nuevas perspectivas, generación opciones, selección opciones, integración
Aspectos institucionales que bloquean su efectividad	Procesos formales

Tabla 21: Características de la herramienta ASAMeD (Space Syntax: Spatial Integration Accessibility and Angular Segment Analysis by Metric Distance).
Fuente: COST Action "Accessibility Instruments For Planning Practice In Europe" http://www.accessibilityplanning.eu/

• **RIN** · German Guidelines for Integrated Network Design-Binding Accessibility Standards

NOMBRE	RIN
Autores	Gerlach
Escala	Supra-nacional, nacional, supra-municipal, municipal
Estado	Parte planificación
Proceso planificación	Formal
Ventajas actores	Buena conectividad. Localización residencia. Activación de regiones remotas. Acceso a servicios básicos
Inversores privados	Localización comercios
Ventajas ciudadanos	Elección de transporte público y conexiones. Ruta óptima a actividades
Soporte a la decisión	Herramienta de decisión activa
Medida de accesibilidad	Red
Componentes	Usos del suelo, transporte, tiempo, individuo
Nivel de desagregación espacial	Parcelas, líneas axiales
Nivel de desagregación socio-económico	No / medida agregada
Nivel de desagregación temporal	No / medida agregada
Modos de transporte	Peatón, bicicleta, autobús, tren, metro, metro ligero, vehículo privado
Propósito - empleos	Todos / medida agregada
Usuarios potenciales	Planificadores
Unidades	Tiempo
Uso destinado a conectar usuarios y empresa	No aplicable
Rol en la planificación urbana	Justificación decisiones tomadas, selección opciones, integración
Aspectos institucionales que bloquean su efectividad	Instituciones de suelo y transporte separadas. Disponibilidad de datos

Tabla 22: Características de la herramienta RIN (German Guidelines for Integrated Network Design-Binding Accessibility Standards).
Fuente: COST Action "Accessibility Instruments For Planning Practice In Europe" http://www.accessibilityplanning.eu/

• **MoSC** · Measures of Street Connectivity: Spatialist Lines

NOMBRE	RIN
Autores	Trova
Escala	Supra-municipal, municipal, barrio, calle
Estado	Parte planificación y herramienta investigación
Proceso planificación	Formal
Ventajas actores	Localización residencia, actividades, servicios.
Inversores privados	Localización comercios
Ventajas ciudadanos	Ruta óptima a actividades. Actividades cercanas
Soporte a la decisión	Herramienta de decisión cooperativa
Medida de accesibilidad	Separación espacial, red, accesibilidad a información
Componentes	Individuo
Nivel de desagregación espacial	Vías
Nivel de desagregación socio-económico	No / medida agregada
Nivel de desagregación temporal	No / medida agregada
Modos de transporte	Peatón
Propósito - empleos	Todos / medida agregada
Usuarios potenciales	Planificadores
Unidades	-
Uso destinado a conectar usuarios y empresa	No aplicable
Rol en la planificación urbana	Integración
Aspectos institucionales que bloquean su efectividad	Instituciones de suelo y transporte separadas. Disponibilidad de datos

Tabla 23: Características de la herramienta MoSC (Measures of Street Connectivity: Spatialist Lines).
Fuente: COST Action "Accessibility Instruments For Planning Practice In Europe" http://www.accessibilityplanning.eu/

• **JAD** · Joint-Accessibility Design

NOMBRE	JAD
Autores	Straatemeier
Escala	Supra-municipal
Estado	Parte planificación
Proceso planificación	Formal e informal
Ventajas actores	Localización residencia, activación regiones remotas, accesibilidad a servicios, equidad socio-económica, bajo coste energético.
Inversores privados	Localización comercios, inversiones, creación de lugares de valor
Ventajas ciudadanos	Elección de residencia con servicios disponibles
Soporte a la decisión	Herramienta de planificación estratégica
Medida de accesibilidad	Contorno, gravitacional
Componentes	Usos del suelo, transporte, tiempo
Nivel de desagregación espacial	Parcelas, estaciones de transporte, intersecciones, individuos
Nivel de desagregación socio-económico	No / Medida agregada
Nivel de desagregación temporal	Hora punta / Hora valle
Modos de transporte	Bicicleta, transporte público, vehículo privado
Propósito - empleos	En función del usuario
Usuarios potenciales	Planificadores, administración y ciudadanos
Unidades	Medias, cuartiles
Uso destinado a conectar usuarios y empresa	No aplicable
Rol en la planificación urbana	Nuevas perspectivas, generación de opciones
Aspectos institucionales que bloquean su efectividad	Instituciones de suelo y transporte separadas. Procesos formales. Disponibilidad de datos. Diferentes objetivos-asunciones.

Tabla 24: Características de la herramienta JAD (Joint-Accessibility Design).
Fuente: COST Action "Accessibility Instruments For Planning Practice In Europe" http://www.accessibilityplanning.eu/

• **MaReSi SC** · Method for Arriving at Maximus Recommendable Size of Shopping Centres

NOMBRE	MaReSi SC
Autores	Tennoy
Escala	Municipal, barrio
Estado	Parte planificación
Proceso planificación	Formal e informal
Ventajas actores	Gestión del uso del vehículo privado.
Inversores privados	Diseño de áreas comerciales
Ventajas ciudadanos	Elección de residencia con servicios disponibles
Soporte a la decisión	Herramienta de decisión activa
Medida de accesibilidad	Gravitacional, distancia-tiempo, actitud
Componentes	Usos del suelo, transporte
Nivel de desagregación espacial	Parcelas, edificios, estaciones de transporte, centros de ciudad, mercados
Nivel de desagregación socio-económico	No / Medida agregada
Nivel de desagregación temporal	Hora y día
Modos de transporte	Cualquier modo
Propósito - empleos	Compras
Usuarios potenciales	Planificadores y administración
Unidades	Directas, no normalizadas, no ponderada ni transformadas
Uso destinado a conectar usuarios y empresa	No aplicable
Rol en la planificación urbana	Nuevas perspectivas, asistencia a nuevos desarrollos.
Aspectos institucionales que bloquean su efectividad	Caja negra.

Tabla 25: Características de la herramienta MaReSi SC (Method for Arriving at Maximus Recommendable Size of Shopping Centres).
Fuente: COST Action "Accessibility Instruments For Planning Practice In Europe" http://www.accessibilityplanning.eu/

• **SAL** · Structural Accessibility Layer

NOMBRE	SAL
Autores	Silva
Escala	Supra-municipal, municipal, barrio
Estado	Investigación
Proceso planificación	Formal e informal
Ventajas actores	Gestión, fomento o reducción del uso de cualquier modo de transporte
Inversores privados	No aplicable
Ventajas ciudadanos	Elección de residencia
Soporte a la decisión	Herramienta de decisión pasiva
Medida de accesibilidad	Contorno
Componentes	Usos del suelo, transporte
Nivel de desagregación espacial	Censal y parcela
Nivel de desagregación socio-económico	No / Medida agregada
Nivel de desagregación temporal	Hora punta / hora valle
Modos de transporte	Peatón, bicicleta, transporte público (todos), vehículo privado
Propósito - empleos	Cualquier propósito
Usuarios potenciales	Planificadores e investigadores
Unidades	Clases y grupos cluster claramente definidos
Uso destinado a conectar usuarios y empresa	No aplicable
Rol en la planificación urbana	Nuevas perspectivas, generación de opciones, selección de opciones, integración.
Aspectos institucionales que bloquean su efectividad	Compromiso político. La accesibilidad no es una prioridad como la movilidad

Tabla 26: Características de la herramienta SAL (Structural Accessibility Layer). Fuente: COST Action "Accessibility Instruments For Planning Practice In Europe" http://www.accessibilityplanning.eu/

• **UrbCA** · Celular Automata Modelling for Accessibility Appraisal in Spatial Plans

NOMBRE	SAL
Autores	Pinto
Escala	Supra-municipal, municipal
Estado	Investigación
Proceso planificación	Formal e informal
Ventajas actores	Localización de residencia, actividades y servicios
Inversores privados	Localización para inversión
Ventajas ciudadanos	Elección de residencia
Soporte a la decisión	Herramienta de decisión cooperativa
Medida de accesibilidad	Gravitacional
Componentes	Usos del suelo
Nivel de desagregación espacial	Bloque censal, viario, individuo
Nivel de desagregación socio-económico	No aplicable
Nivel de desagregación temporal	Años a décadas
Modos de transporte	Vehículo privado
Propósito - empleos	Cualquier propósito (agregado)
Usuarios potenciales	Planificadores
Unidades	-
Uso destinado a conectar usuarios y empresa	Monitorización percepción suministradores y usuarios
Rol en la planificación urbana	Nuevas perspectivas, justificación de decisiones, generación de opciones, selección de opciones, integración.
Aspectos institucionales que bloquean su efectividad	Disponibilidad de información

Tabla 27: Características de la herramienta UrbCA (Celular Automata Modelling for Accessibility Appraisal in Spatial Plans). Fuente: COST Action "Accessibility Instruments For Planning Practice In Europe" http://www.accessibilityplanning.eu/

• **IMaFa** · Isochrone Maps to Facilities

NOMBRE	SAL
Autores	Arce Cruz
Escala	Supra nacional, nacional, supra-municipal, municipal, barrio, calle
Estado	Investigación, planificación salud
Proceso planificación	Gestión transporte
Ventajas actores	Acceso a servicio básico
Inversores privados	Localización de negocios
Ventajas ciudadanos	Transporte óptimo para trayecto determinado
Soporte a la decisión	Herramienta planificación estratégica
Medida de accesibilidad	Separación espacial, distancia-tiempo, red
Componentes	Transporte, tiempo
Nivel de desagregación espacial	Parcelas
Nivel de desagregación socio-económico	No / medida agregada
Nivel de desagregación temporal	No / medida agregada
Modos de transporte	Peatón, autobús, metro
Propósito - empleos	Trabajo, placer, salud, compras
Usuarios potenciales	Planificadores, investigadores
Unidades	Tiempo
Uso destinado a conectar usuarios y empresa	No aplicable
Rol en la planificación urbana	Justificación de decisiones, generación de opciones, selección de opciones.
Aspectos institucionales que bloquean su efectividad	Instituciones de usos y transporte diferenciadas; procesos formales; disponibilidad de información; diferentes objetivos y asunciones; compromiso político.

Tabla 28: Características de la herramienta IMaFa (Isochrone Maps to Facilities). Fuente: COST Action "Accessibility Instruments For Planning Practice In Europe" http://www.accessibilityplanning.eu/

• **PST** · Place Syntax Tool

NOMBRE	PTS
Autores	Stahle
Escala	Municipal, barrio
Estado	Proceso planificación, investigación
Proceso planificación	Formal
Ventajas actores	-
Inversores privados	Localización inversiones
Ventajas ciudadanos	Selección residencia con servicios
Soporte a la decisión	Herramienta de decisión pasiva
Medida de accesibilidad	Red
Componentes	Segmentos peatonales-ciclables, centralidades
Nivel de desagregación espacial	Parcelas, edificios, estaciones transporte, líneas axiales, vías, residenciales
Nivel de desagregación socio-económico	No / medida agregada
Nivel de desagregación temporal	No / medida agregada
Modos de transporte	Peatón, bicicleta (cualquier modo puede incluirse)
Propósito - empleos	Cualquier propósito
Usuarios potenciales	Planificadores
Unidades	Metros, número de centralidades
Uso destinado a conectar usuarios y empresa	No aplicable
Rol en la planificación urbana	Nuevas perspectivas, justificación de decisiones, generación de opciones, selección de opciones, integración.
Aspectos institucionales que bloquean su efectividad	Habilidades técnicas del personal

Tabla 29: Características de la herramienta PST (Place Syntax Tool). Fuente: COST Action "Accessibility Instruments For Planning Practice In Europe" http://www.accessibilityplanning.eu/

- **SNAPTA** · Spatial Network Analysis of Public Transport Accessibility

NOMBRE	SNAPTA
Autores	Hull
Escala	Municipal
Estado	Investigación
Proceso planificación	Formal
Ventajas actores	Localización residencia, actividades y servicios
Inversores privados	Localización comercios
Ventajas ciudadanos	Localización comercios
Soporte a la decisión	Evaluación Ex post
Medida de accesibilidad	Separación espacial, contorno, gravitacional, utilidad
Componentes	Usos del suelo, transporte
Nivel de desagregación espacial	Censal
Nivel de desagregación socio-económico	Propietarios de vehículos
Nivel de desagregación temporal	Hora punta / Hora valle, dinámica
Modos de transporte	Autobús, tren, metro ligero
Propósito - empleos	Cualquier propósito (medida agregada)
Usuarios potenciales	Planificadores, investigadores
Unidades	Áreas de servicio
Uso destinado a conectar usuarios y empresa	Monitorización percepción suministradores y usuarios
Rol en la planificación urbana	Generación de opciones, selección de opciones.
Aspectos institucionales que bloquean su efectividad	Proceso formal, diferencias objetivos y asunciones, habilidades técnicas del personal, compromiso político

Tabla 30: Características de la herramienta SNAPTA (Spatial Network Analysis of Public Transport Accessibility).
Fuente: COST Action "Accessibility Instruments For Planning Practice In Europe" http://www.accessibilityplanning.eu/

INTEGRA-ME