

Caracterización de la accesibilidad de las estaciones de metro

Accessibility of Underground Stations

Ildefonso P. de Matías Jiménez. Ingeniero Aeronáutico

Director Gerente de Metro de Madrid. Presidente de ALAMYS (Asociación Latino Americana de Metros y Subterráneos)
Vicepresidente de UITP (Unión Internacional de Transporte Público). imatias@mail.metromadrid.es

Resumen: La accesibilidad es uno de los aspectos claves en la consecución de un transporte público sostenible. Por ello, las organizaciones de transporte ferroviario urbano, están acometiendo el reto de transformar sus redes, camino de la accesibilidad universal. En este artículo, se desarrolla una metodología para la caracterización de la accesibilidad en cualquier tipo de estación ferroviaria. Esta metodología se ha aplicado a la red de Metro, exponiéndose los resultados obtenidos.

Palabras Clave: Transporte; Accesibilidad; Metro; Metodología

Abstract: Accessibility is one of the key subjects in the consecution of a sustainable public transport. Therefore, urban rail transport organizations have to undertake the challenge of transforming their networks towards universal accessibility. In this article, a methodology to characterize the accessibility of any rail station is developed. This methodology has been applied to Metro de Madrid network; results are presented.

Keywords: Transport; Accessibility; Subway; Methodology

1. Introducción

El transporte público es ya y lo va a ser aún más en el futuro uno de los pilares que sustentarán el Desarrollo Sostenible en las grandes ciudades. Por ello, deberán renovarse esfuerzos para conseguir que los sistemas de transporte sean también sostenibles en sí mismos y eso solo se logrará si además de ser eficientes desde el punto de vista económico, cumplen con las expectativas sociales y medioambientales que requiere la sociedad, haciendo posible la existencia de ciudades cada vez más humanas y habitables.

La preocupación en cuanto al objetivo de conseguir un transporte sostenible por parte de los distintos estamentos políticos y organizaciones del transporte a escala mundial, se ha hecho cada vez más palpable en los últimos años, a lo que ha contribuido, sin lugar a dudas, una mayor concienciación por parte de todos los ciudadanos de los nuevos retos globales a los que se debe enfrentar ya la sociedad, fundamentalmente la amenaza del Cambio Climático y la integración social.

En el ámbito más próximo y del que formamos parte, la Unión Europea expone en el Libro Blanco del Transporte (2001) que *"la finalidad de la política de transportes sostenible de la Unión Europea (UE) es crear sistemas de transportes que satisfagan las necesidades de nuestra sociedad desde el punto de vista económico, social y medioambiental"*. Adicionalmente, en la revisión efectuada en 2006 del citado Libro, *"Por una Europa en movimiento: movilidad sostenible para nuestro continente"*, se plantean como principales retos en la optimización de las infraestructuras reducir la congestión y aumentar la accesibilidad.

Ésta, como puede verse, es uno de los parámetros primordiales sobre los que habrá que incidir. Parece, pues, absolutamente necesario establecer metodologías que nos permitan medirla y poder gestionarla para conseguir mejorar la calidad del servicio que se presta a los ciudadanos. Detrás de dicha palabra hay multitud de aspectos que pueden ir desde los que hacen referencia a conceptos económicos (barreras tarifarias), hasta los propiamente físicos (integración de colectivos y territorios).

Sistemas de transporte vertical.



En lo relativo a la accesibilidad física, podemos distinguir entre la referida a la propia red, es decir, la capilaridad que esta tiene y su proximidad a los ciudadanos, y la forma de acceder al propio medio o vehículo de transporte, o sea, la facilidad para utilizar el modo.

Este artículo se dedica a analizar este último aspecto y, en particular, para las estaciones de metro, aunque es igualmente aplicable para cualquier tipo de ferrocarril con plataforma reservada.

La metodología para la caracterización de la accesibilidad en estaciones de metro que aquí se expone puede aplicarse con carácter universal y ser utilizada para la obtención de índices que permitan comparar entre sí el grado de accesibilidad de estaciones, líneas o redes de cualquier lugar del mundo. Utiliza únicamente parámetros geométricos de las estaciones e información de los sistemas de transporte vertical disponibles, tomando en consideración si están o no en servicio.

No tiene en cuenta los aspectos relacionados con la demanda de las estaciones ni el entorno social de la misma, aspectos sobre los que Metro de Madrid está trabajando en estos momentos para que, conjuntamente con la metodología que aquí se describe, se llegue a una formulación que permita calcular los impactos sobre la rentabilidad basada en el triple balance (económica, social y medioambiental) de las posibles actuaciones de mejora de la accesibilidad en estaciones y su priorización.

2. Antecedentes

La aparición de los metros a finales del siglo XIX vino a aportar una solución de movilidad para las grandes ciudades que se ha mostrado eficiente y sin alternativa en el transporte urbano cuando se dan las condiciones que dieron lugar a su nacimiento: necesidad de desplazar grandes cantidades de personas

de forma rápida, sin estar sujetos a los condicionantes de las congestiones en superficie.

Uno de sus mayores activos es, por tanto, el contar con plataforma reservada para sus movimientos. Sin embargo, esto trae como consecuencia que los usuarios de este sistema tienen indefectiblemente que salvar desniveles para abordar los trenes en las estaciones, tengan estos su recorrido en subterráneo, en viaducto o a nivel. En cualquier caso, desde la cota de la calle el usuario deberá cambiar de altura una o varias veces en el itinerario que le lleva hasta los andenes. El salvar desniveles requiere un esfuerzo físico que puede hacer disuasoria la utilización de este medio de transporte para un segmento importante de potenciales clientes (se estima que alrededor del 30%).

Aunque ahora es totalmente impensable diseñar estaciones sin sistemas de transporte vertical, tanto ascensores como escaleras mecánicas, que palien los efectos negativos que supone el salvar desniveles, estos elementos no comenzaron a instalarse en las redes de forma habitual hasta mediados del siglo pasado. Por lo tanto, una parte muy importante de las redes más extensas del mundo, como son las de Londres, Nueva York, Madrid o Berlín, no contaban en principio con estos sistemas y los desplazamientos verticales en el interior de las estaciones se realizaban con escaleras fijas.

La instalación en las redes de sistemas de transporte vertical se realizó de forma paulatina. Ni siquiera las nuevas líneas que se diseñaron a partir de los años 50 tenían todos los movimientos verticales mecanizados. Únicamente cuando los desniveles a salvar eran grandes se disponía de este tipo de soluciones e incluso, y dependiendo de los casos, sólo para movimientos de subida.

Como dato histórico cabe reseñar que hasta el año 1963 Metro de Madrid, que ahora cuenta con el mayor número de escaleras mecánicas entre todos los metros del mundo (1624), no tenía ninguna. En ese año se instaló la primera en la estación de Portazgo. Por entonces ya contaba con un ascensor en la estación de Gran Vía desde 1919.

El problema de la accesibilidad, que se incrementa cuando los desniveles a salvar son mayores, se fue agravando a medida que las redes aumentaban en longitud y se mallaban, pues en el caso de los trazados subterráneos el espacio libre cerca de superficie había sido ya ocupado con anterioridad por otras infraestructuras, bien de servicios o bien de los propios metros. La utiliza-



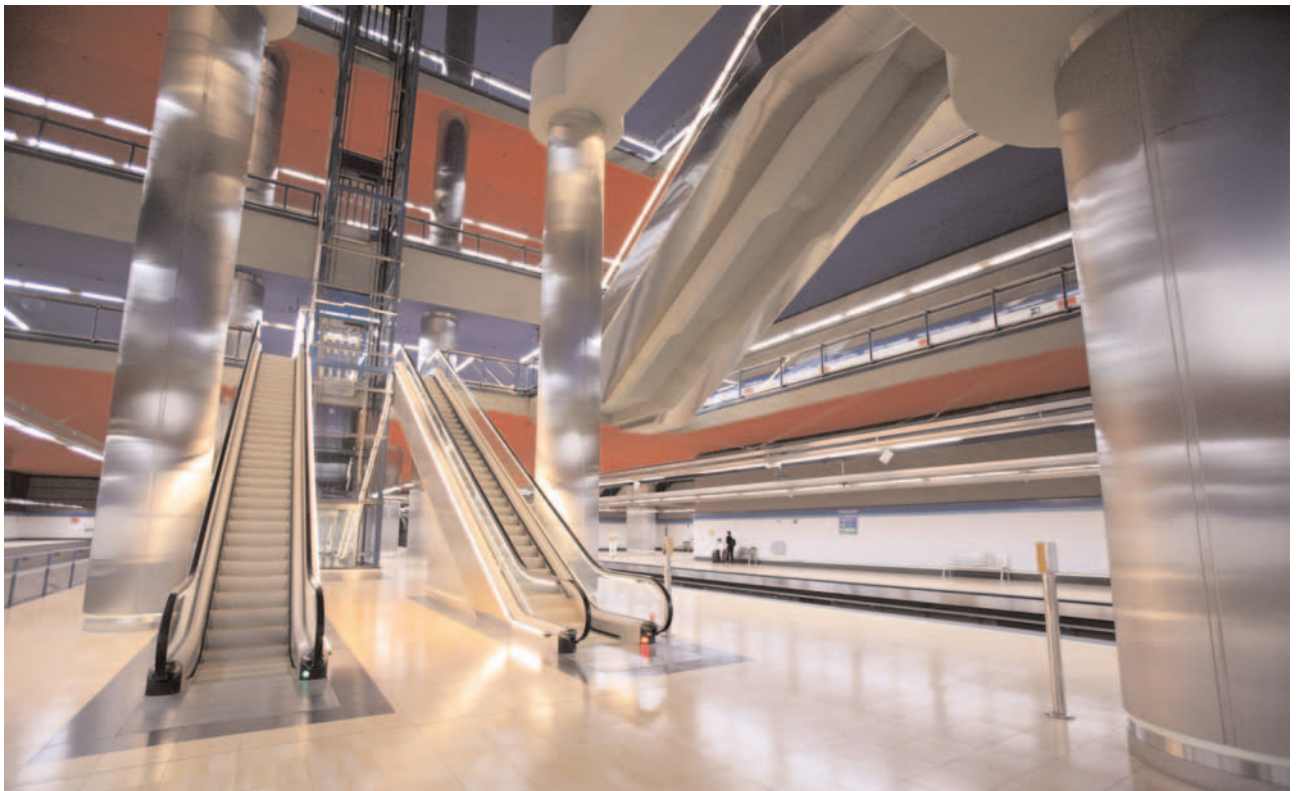
La red no dispuso de escaleras mecánicas hasta 1963.

ción de sistemas de transporte vertical se hizo imprescindible. Hoy en día se dispone de escaleras mecánicas capaces de salvar un rango amplio de desniveles con una velocidad de traslación de unos 0,65 m/s, lo que con una inclinación de 30° supone una velocidad vertical de 0,325 m/s y una capacidad de 11.700 viajeros/hora para escaleras de 1 metro de ancho. En cuanto a los ascensores, con las nuevas tecnologías se pueden

Escaleras mecánicas en Plaza de España (años 60).



Medidas de
accesibilidad en
la estación de
Chamartín
(2007).



llegar a capacidades de 26 personas y a velocidades de 2 m/s (valores máximos).

En esta situación la tendencia era diseñar líneas cada vez más profundas, tanto para evitar las interferencias ya mencionadas, como para minimizar los riesgos inherentes a la excavación de túneles y estaciones. Primaban más estos condicionantes que el conseguir líneas más accesibles. Otros condicionantes de tipo geotécnico llevaron a diseñar líneas muy profundas en algunas redes, como en el caso de Moscú, con estaciones entorno a 100 metros de profundidad.

Esta tendencia se está rompiendo en los nuevos proyectos, en los que la accesibilidad ha pasado a ser un criterio de diseño básico en las estaciones. En particular, las ampliaciones de la red de Metro de Madrid desde 1995 han marcado un camino que es en este momento referente mundial. Esto se ha visto favorecido por los nuevos sistemas de excavación mecánica que han permitido abordar el reto de diseñar líneas menos profundas sin poner en riesgo la seguridad en la construcción. Estas mejoras se pondrán de manifiesto en los resultados expuestos en este artículo.

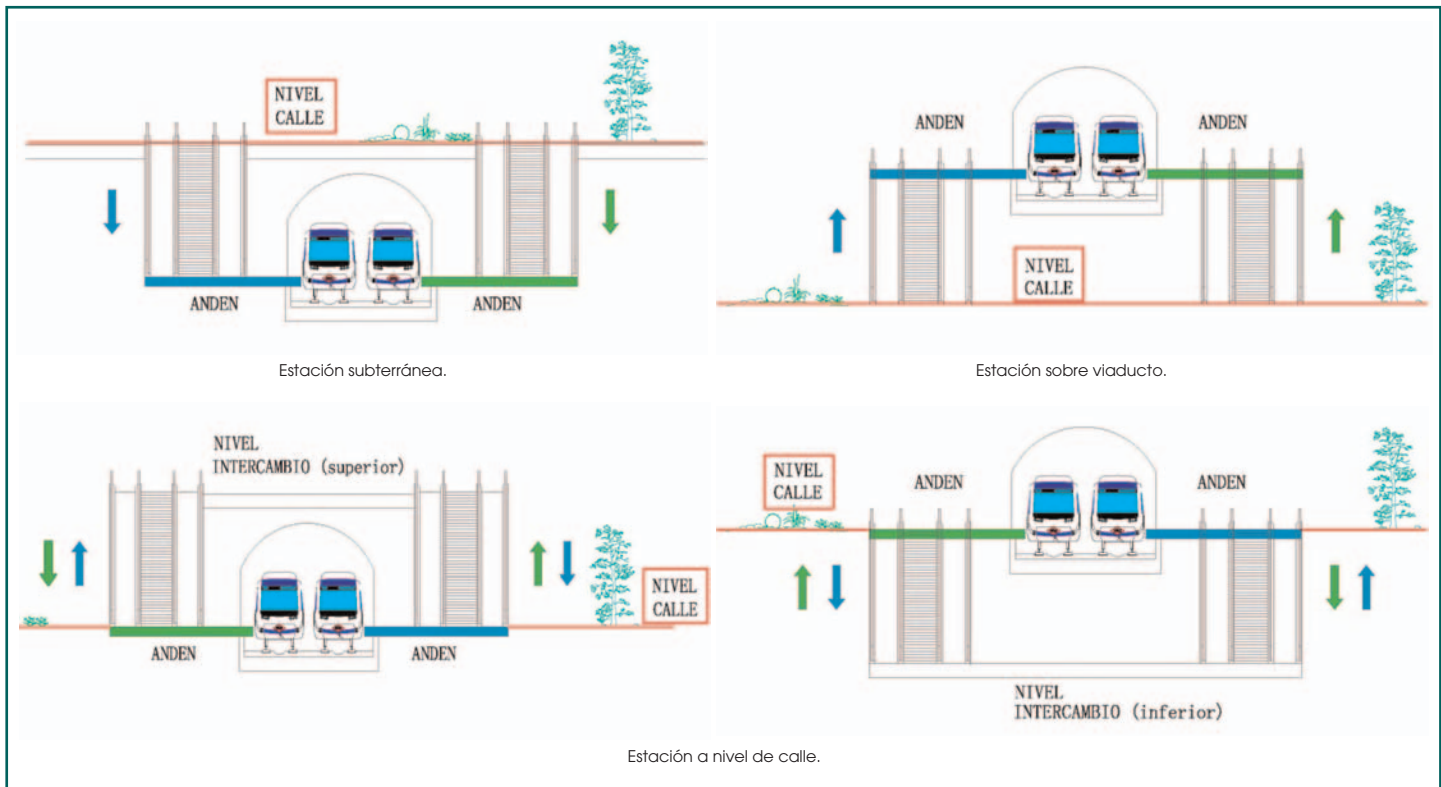
Lo que seguirá siendo un reto para las redes que comenzaron a dar servicio hace ya cerca de 100

años es la mejora de la accesibilidad de las estaciones de las líneas antiguas, pues su configuración dificulta, y no poco, la implantación de sistemas de transporte vertical sin llevar a cabo proyectos de gran envergadura con cambios importantes en la estructura de la estación, como ha ocurrido con la línea 3 de Metro de Madrid y otros proyectos de redefinición integral de estaciones. El indicador que aquí se expone y su cálculo suponen una ayuda a la decisión de dónde y cuándo es preciso actuar.

3. Descripción de la Metodología

3.1.- Definiciones

- **Accesibilidad.** Grado en el que todas las personas pueden utilizar un objeto, visitar un lugar o acceder a un servicio, independientemente de sus capacidades técnicas o físicas. En el caso que nos ocupa, es la condición que posibilita el llegar, entrar, utilizar y salir de las instalaciones de metro.
- **Medida de accesibilidad.** Es aquella actuación que mejora el acceso, paso o entrada a un lugar o actividad.



- **Desnivel.** Diferencia de alturas entre dos o más sitios.
- **Índice de pérdida de accesibilidad (IPA).** Cuantifica el esfuerzo físico que es necesario realizar para acceder a una estación que se encuentra a una determinada profundidad o altura y que dispone o no de una serie de medidas de accesibilidad.

3.2.- Descripción General

El método desarrollado es sencillo de aplicar para cualquier estación de metro, independientemente de su configuración, para conseguir definir en cada caso un Índice de Pérdida de Accesibilidad (IPA). Cuando la accesibilidad es máxima el índice tendrá el valor de 0 y crecerá a medida que las estaciones presenten dificultades para salvar desniveles, en el sentido de aportar esfuerzo físico por tener necesariamente que utilizar escaleras fijas.

El parámetro básico que se utiliza es el de la longitud total de los desniveles que tiene que recorrer un viajero para llegar desde la calle hasta las plataformas de los andenes, y viceversa. En el caso de estaciones subterráneas, al igual que para las estaciones construidas sobre viaducto, los recorridos serán en la

mayoría de los casos siempre ascendentes o siempre descendentes. En el caso de estaciones a nivel de calle con un solo vestíbulo, los movimientos serán en la mayoría de los casos combinados pues se necesitarán en un solo itinerario combinar movimientos de subida y bajada.

Cuando una estación nominal tenga más de una estación ferroviaria (estaciones con correspondencia entre varias líneas) se calculará un IPA para cada una de las líneas. Por ejemplo para el caso de la estación de Sol en Madrid, donde concurren las líneas 1, 2 y 3 se calculará un IPA para cada una de ellas: IPA Sol 1, IPA Sol 2 e IPA Sol 3. Esto nos permitirá no sólo calcular la accesibilidad de una estación, sino que, por promedio de todas las que están en una línea, podremos conocer el grado de accesibilidad de ésta.

3.3.- Pasos a seguir para el cálculo del IPA.

a) Paso 1. Determinación del nivel de calle.

Es el nivel al que se encuentra el o los accesos a los vestíbulos. En el caso de que haya más de un acceso y/o más de un vestíbulo, se toma como criterio llevar a cabo los pasos que siguen para el cálculo del

IPA de todos los itinerarios posibles desde cada uno de ellos hasta la plataforma de andén. Posteriormente se calculará la media de los IPA's obtenidos. Pueden existir diferencias importantes en estaciones cuyos accesos den a calles con fuerte pendiente y estén situados en los extremos de los andenes. En el resto de casos no será determinante y podrá simplificarse el cálculo.

b) Paso 2. Determinación de tramos y su desnivel.

A partir del nivel de calle, se identifican los itinerarios posibles hasta los andenes. Estos se descomponen en tramos, entendiendo como tales cada una de las partes comprendida entre dos mesetas o descansos que recorre el viajero en su desplazamiento vertical, sea ascendente o descendente. Un tiro de escaleras fijas se considerará como un sólo tramo aunque tenga descansillos. No así cuando la distancia entre tramos sea similar a la requerida para zona de embarque y desembarque de escaleras mecánicas, o cuando cambien de dirección. A cada tramo se le adjudicará su desnivel en metros.

Para los casos de estaciones ferroviarias que tengan los andenes a distinto nivel (por ejemplo las vías de un sentido superpuestas a las del contrario) se procederá como en el caso de los accesos, mencionado en el paso 1.

c) Paso 3. Índice Básico de Pérdida de Accesibilidad (IBPA)

Es el resultado de la suma de todos los desniveles del itinerario desde la calle hasta los andenes. Coincidirá con el desnivel total entre la calle y los andenes siempre que los movimientos se realicen en un único sentido (subida o bajada). En caso contrario será superior.

d) Paso 4. Coeficientes de Penalización por Profundidad (CPP) (estaciones subterráneas) o Altura (CPA) (estaciones en viaducto)

Mediante este coeficiente se penalizan los IBPA de las estaciones en función de la distancia entre calle y andenes. El grado de disuasión para la utilización de los metros aumenta cuando lo hace esta distancia, incluso aunque el nivel de mecanización de los movimientos sea alto. Ello es debido no sólo a la nula

adaptación de los seres humanos al medio subterráneo, lo que implica rechazo, sino también a que el factor tiempo empieza a tener un peso importante: a las velocidades de transporte vertical antes mencionadas, un viaje en metro de unos 20 minutos (es la media en Madrid) en que las estaciones de origen y de destino tengan una profundidad de 30 metros, requiere emplear además alrededor de otros 4 minutos en estos desplazamientos, lo que supone entre un 15% y un 20% del total del viaje. Evidentemente, estos tiempos crecen cuando las distancias son mayores y llegan a superar con mucho el tiempo de intervalo entre trenes, comparación que el viajero también percibe de forma negativa.

Por todo lo anterior, se fijan como criterio los siguientes valores de penalización:

- Cuando los desniveles entre calle y andenes son menores o iguales a 20 metros
CPP o CPA = 1.
- Cuando los desniveles son mayores de 20 metros e iguales o menores de 40 metros
CPP o CPA = 1 para los primeros 20 metros y
CPP o CPA = 1.5 para los restantes
- Cuando los desniveles son mayores de 40 metros
CPP o CPA = 1 para los primeros 20 metros,
CPP o CPA = 1.5 para los siguientes 20 metros y
CPP o CPA = 2 para los restantes.

Aplicando estos criterios se calcula el Índice Básico de Pérdida de Accesibilidad Corregido (IBPAC) que solo coincidirá con el IBPA en estaciones cuyo desnivel entre andenes y calle sea igual o inferior a 20 metros. En el resto de los casos se cumplirá que:

$$IBPAC \geq IBPA$$

e) Paso 5. Cálculo del Índice de Mejora de Accesibilidad (IMA) y del IPA

El valor de este índice (IMA) refleja los medios con que cuenta la estación para mejorar la accesibilidad mediante la utilización de sistemas mecánicos de transporte vertical, es decir, para mejorar el valor del IBPAC. El valor final del IPA vendrá dado por la diferencia entre el valor del IBPAC y el del IMA. En el caso de que la estación no cuente con ningún medio mecánico, el valor del IBPAC dará directamente el valor del IPA de la estación.

Para calcular el IMA se analiza cada uno de los tramos definidos en el Paso 2 concretando si cuentan con algún medio mecánico. Si es así, el desnivel del tramo se multiplicara por los siguientes coeficientes dependiendo del tipo del medio:

- Si cuenta con escalera mecánica de subida 0,45.
- Si cuenta con escalera mecánica de bajada 0,35.
- Si cuenta con ascensor que en su recorrido salva el tramo 0,20.

El valor de los anteriores coeficientes se ha establecido teniendo en cuenta fundamentalmente la capacidad de transporte de los distintos elementos. Así, una escalera mecánica tiene un flujo de personas por unidad de tiempo muy superior al de un ascensor; por otra parte, una escalera mecánica de subida se utiliza con mayor frecuencia que una de bajada. Adicionalmente, se han tenido en cuenta aspectos cualitativos y sociales, como es el hecho de que hoy por hoy los ascensores son la única vía para garantizar la accesibilidad universal de las estaciones. De la misma forma, en el caso de estaciones que cuenten con ascensores de gran capacidad, se justificaría una distribución de valores de coeficientes distintos a los aquí propuestos.

No se han considerado variaciones en el valor de los índices de escaleras mecánicas cuando existen varias en paralelo en el mismo sentido porque en realidad, aunque aumentan la capacidad de transporte y evitan pérdidas de tiempo en el embarque, cualitativamente no tienen una aportación decisiva a la mejora de la accesibilidad de la estación. Sin embargo, tal y como veremos a continuación, si que tienen influencia cuando hacemos depender el IMA, y por tanto el IPA, de la disponibilidad de los elementos mecánicos.

De esta manera se calcula el Índice de Mecanización por Tramo (IMT) y la suma de todos ellos da como resultado el valor del Índice de Mejora de la Accesibilidad (IMA) de la estación. Cuanto mayor sea el valor de este índice con respecto al IBPAC, mayor es el esfuerzo de mecanización que se ha realizado en la estación.

El cálculo del IPA es inmediato mediante la diferencia del IBPAC y el IMA.

Tal y como están establecidos, los coeficientes alcanzarán el valor óptimo las estaciones con distancias entre calle y andenes de menos de 20 metros, con todos los desniveles mecanizados mediante escaleras

de subida y bajada y con ascensores que cubran la totalidad del recorrido entre la calle y los andenes. Para estas estaciones el valor del Índice de Pérdida de Accesibilidad será 0. Cuanto mayor sea el valor del IPA, menos accesible es la estación.

Calculado el IPA para todas las estaciones de una línea, el conocer el de la misma es inmediato si se define como:

$$IPAL = \frac{\sum_{i=1}^n IP Ae}{n}$$

donde IPAL es el índice de Pérdida de Accesibilidad de la línea e IP Ae es el de cada una de las n estaciones que la componen.

Del mismo modo se puede calcular el IPAn de toda la red como media de todos los IPA de las estaciones que forman parte de ella.

4. Ejemplos de aplicación

Se ofrecen en este epígrafe tres ejemplos de aplicación de la metodología antes descrita.

4.1. Estación 1: subterránea

Se trata de una estación subterránea en la que confluyen tres líneas. Una de ellas (Línea 1) se encuentra a 8,7 metros de profundidad, distribuidos en dos tramos, y cuenta con un ascensor y escaleras de subida y de bajada en cada uno de ellos. Otra (línea 2) tiene una profundidad de 29, 2 metros en 4 tramos, todos ellos totalmente mecanizados salvo el primero, que únicamente cuenta con un ascensor. La última (Línea 3) se encuentra a 18,5 metros del nivel de la calle y para acceder a la misma hay que salvar 3 tramos, dos de ellos totalmente mecanizados y el tercero únicamente con un ascensor.

Puesto que se trata de una estación subterránea, el Índice Básico de Pérdida de Accesibilidad (IBPA) coincide con la suma de todos los desniveles del itinerario desde la calle hasta los andenes. Por otra parte, todos los Coeficientes de Penalización por Profundidad son iguales a 1, salvo en línea 2, ya que tiene una profundidad superior a 20 metros.

Con todo esto, para cada una de las líneas de la estación resulta lo reflejado en la tabla 1.

Tabla 1				
Estación 1. Línea 1				
Desnivel		Escaleras mecánicas de subida	Escaleras mecánicas de bajada	Ascensores
Total	8,7			
Nº de tramos	2			
Tramo 1	5,3	Si	Si	Si
Tramo 2	3,4	Si	Si	Si
IBPA	8,7	=5,3+3,4		
IBPAC	8,7	=8,7*1		
IMA	8,7	=5,3*(0,45+0,35+0,2)+3,4*(0,45+0,35+0,2)		
IPA	Estación 1 L1			0
Estación 1. Línea 2				
Total	29,2			
Nº de tramos	4			
Tramo 1	5,7	No	No	Si
Tramo 2	7,6	Si	Si	Si
Tramo 3	7,3	Si	Si	Si
Tramo 4	8,6	Si	Si	Si
IBPA	29,2	=5,7+7,6+7,3+8,6		
IBPAC	33,8	=20*1+9,2*1,5		
IMA	24,6	=5,7*0,2+7,6*(0,45+0,35+0,2)+7,3*(0,45+0,35+0,2)+8,6*(0,45+0,35+0,2)		
IPA	Estación 1 L2			9,2
Estación 1. Línea 3				
Total	18,5			
Nº de tramos	3			
Tramo 1	5,7	No	No	Si
Tramo 2	7,6	Si	Si	Si
Tramo 3	5,2	Si	Si	Si
IBPA	18,5	=5,7+7,6+5,2		
IBPAC	18,5	=18,5*1		
IMA	13,9	=5,7*0,2+7,6*(0,45+0,35+0,2)+5,2*(0,45+0,35+0,2)		
IPA	Estación 1 L3			4,6
IPA	Estación 1			4,6

4.2. Estación 2: a nivel de calle

Es una estación con una única línea en la que los andenes se encuentran a nivel de calle, por lo que únicamente hay que desplazarse verticalmente para acceder a uno de ellos. En concreto, el desnivel al que hay que hacer frente es de 4,8 m.

En este caso, habría que hacer el cálculo del IPA para los dos itinerarios posibles, siendo el IPA de la estación la media de todos ellos (tabla 2).

Tabla 2				
Estación 2				
Desnivel		Escaleras mecánicas de subida	Escaleras mecánicas de bajada	Ascensores
Total I1	0	N/A	N/A	N/A
Nº de tramos I1	0			
IBPA I1	0			
IBPAC I1	0			
IMA I1	0			
IPA I1	0			
Total I2	4,8			
Nº de tramos I2	2			
Tramo 1	4,8	No	No	No
Tramo 2	4,8	No	No	No
IBPA I2	9,6	=4,8+4,8		
IBPAC I2	9,6	=9,6*1		
IMA I2	0	=9,6*0		
IPA I2	9,6	=9,6*0		
IPA	Estación 2			4,8

4.3. Estación 3: sobre viaducto

Se trata de una estación en viaducto con un único desnivel de 5,5 metros, que dispone de escaleras mecánicas de subida y de ascensor (tabla 3).

Tabla 3				
Estación 3				
Desnivel		Escaleras mecánicas de subida	Escaleras mecánicas de bajada	Ascensores
Total	5,5			
Nº de tramos	1			
Tramo 1	5,5	Si	No	Si
IBPA	5,5	=5,5		
IBPAC	5,5	=5,5*1		
IMA	3,6	=5,5*(0,45+0,2)		
IPA	Estación 3			1,9

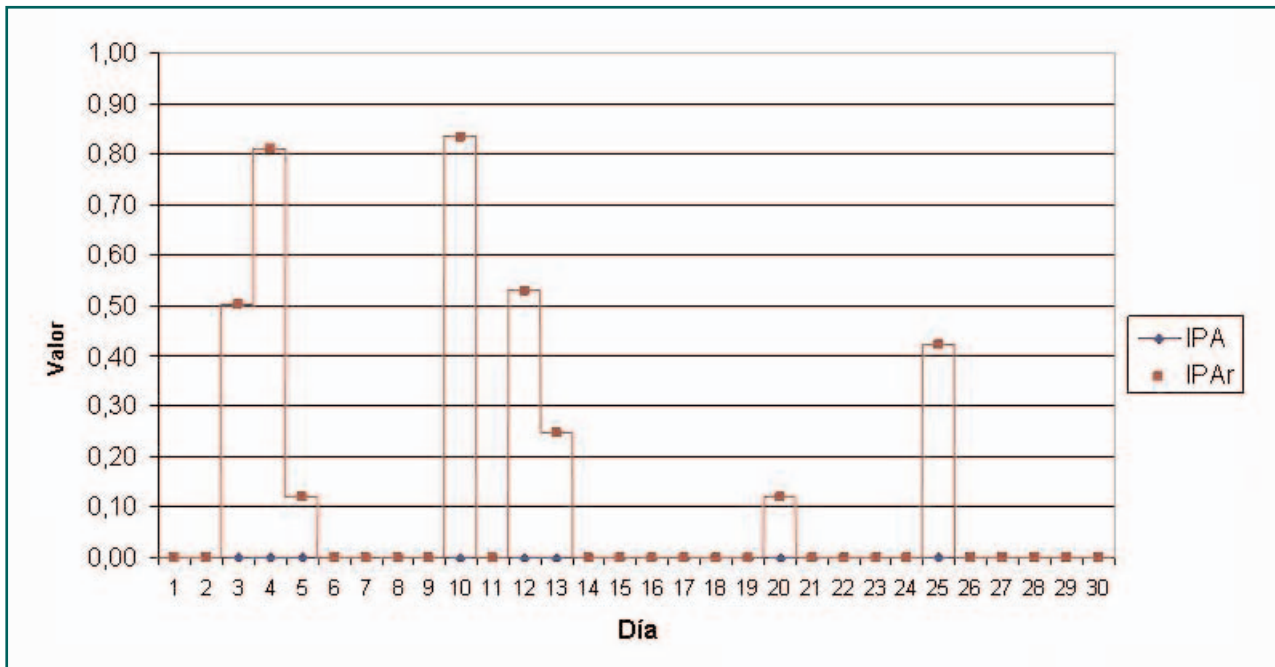


Gráfico 1.

5. El valor del IPA en función de la disponibilidad

Como se ha expuesto, el valor del IPA de una estación depende de su configuración geométrica y de los elementos de transporte vertical de que dispone y tiene una gran utilidad para hacer análisis comparativos y de posibilidades de mejora cuando se cruzan con datos de demanda.

Es evidente que, en la realidad, el valor del IPA no es estático, sino que depende en cada momento de la disponibilidad para el servicio de los elementos de transporte vertical con que cuenta la estación. Si esta disponibilidad no es total el valor del IPA aumenta y, por tanto, la accesibilidad baja.

El conocimiento en tiempo real del funcionamiento de las instalaciones permite a su vez el conocimiento del IPA real (IPAr) de la estación. Basta con que una sencilla aplicación de cálculo del IPA lea de los datos existentes en el departamento de mantenimiento relativos a la situación real de los elementos mecánicos de la estación en cada momento y recalculé dicho valor.

De esta forma, se obtiene el grado de pérdida de accesibilidad que una determinada estación tiene en cada momento con respecto a la máxima que se puede esperar. El mismo tipo de información se obtiene a nivel de línea y a nivel de red y puede ser comunicada a los clientes con el fin de que sepan en cada

momento el nivel de calidad de servicio que tienen las instalaciones relacionadas con el transporte vertical.

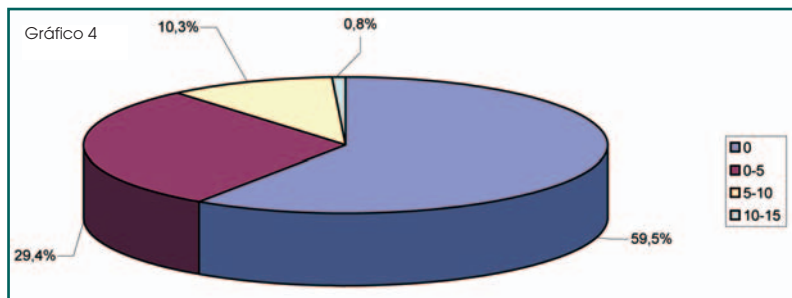
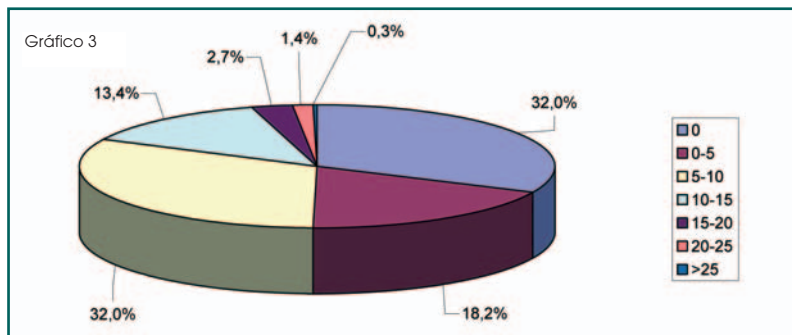
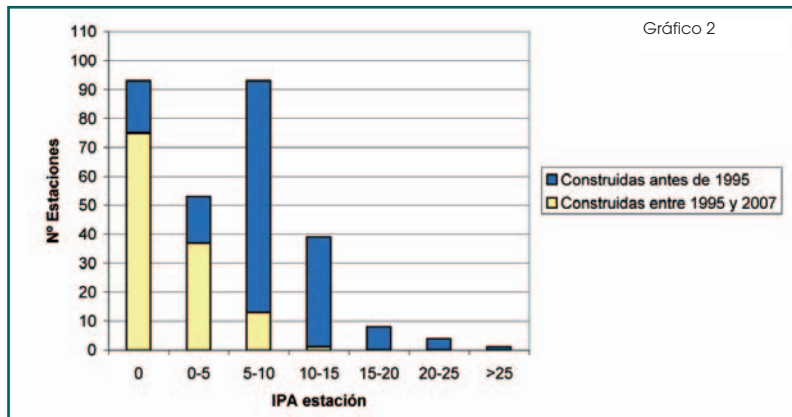
En el gráfico 1 se muestra un ejemplo de cómo podría variar la accesibilidad de una estación a lo largo de un mes en base a la disponibilidad de ascensores y escaleras mecánicas.

6. Resultados del IPA en la red del Metro de Madrid

La metodología ha sido aplicada a las 291 estaciones ferroviarias de la red de Metro de Madrid (1) (282 de metro pesado y 9 de metro ligero). Es evidente que dentro de todo el conjunto las hay con muy diversa morfología. El resultado ha demostrado, por un lado, la factibilidad de aplicación del método a cualquier tipo de estación. Por otro, que los valores obtenidos se muestran coherentes y válidos para caracterizar los niveles de accesibilidad de estaciones, líneas y redes.

Los resultados de IPA de estaciones se muestran en los gráficos 2 y 3. En el primero se observa la distribución del número de estaciones que tienen un valor de

(1) No se han contabilizado aquellas estaciones ferroviarias en las que aun habiendo un cambio en la frecuencia de trenes, no hay cambio de vía: tres olivos (10a y 10b), Estadio Olímpico (7a y 7b) y Puerta de Arganda (9 y TFM)



IPA agrupados en intervalo de 5 puntos, distinguiendo las estaciones creadas a raíz de la ejecución de los planes de ampliación y mejora llevados a cabo entre los años 1995 y 2007. Se puede observar el apreciable número de estaciones que tienen un valor de 0, consecuencia de los criterios de diseño introducidos en los planes de ampliación.

Si se consideran los valores del IPA para las 126 estaciones que se han construido en los últimos 12 años se obtiene la distribución que se muestra en el gráfico 4, aumentando en más de un 25% las estaciones con un IPA igual a 0.

No sólo ha sido importante el esfuerzo en los planes de ampliación. Las mejoras en la introducción de elementos mecánicos en la red existente hasta 1995 también se refleja en los valores del IPA a nivel de red. En efecto, el valor de este índice considerando las estaciones existentes en la red hasta 1995 era de **10,6** mientras que la misma red, después de las mejoras introducidas presenta un IPA de **8,5** con una mejora de más de 2 puntos.

Esta mejora se pone en evidencia cuando se comparan los valores de IPA antes y después de realizar actuaciones en las líneas. Un caso espectacular es el de las estaciones antiguas de la línea 3 cuyo IPAL ha pasado de 9,2 a 2,4 (Ver gráfico 5).

A su vez el análisis de los valores del IPAL y del IMAL por líneas aporta conclusiones interesantes (ver gráficos 6 y 7).

La línea 6 es la que obtiene un valor mas alto del IPAL (9,9), debido fundamentalmente a la profundi-

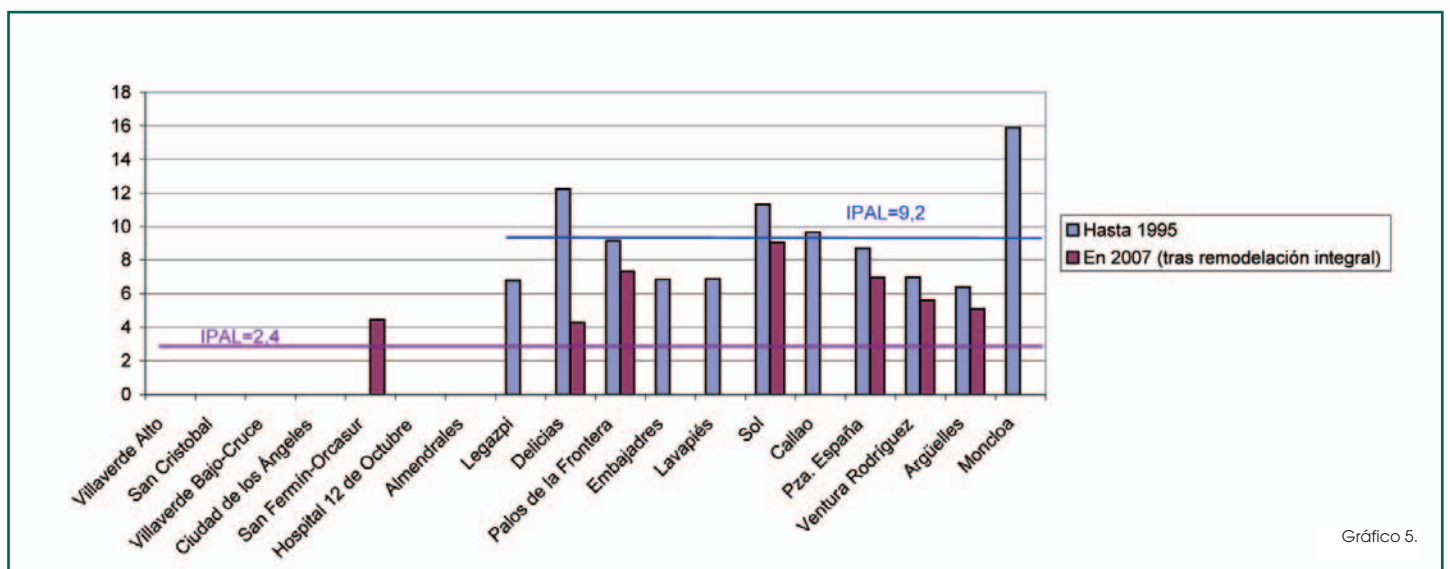


Gráfico 5.

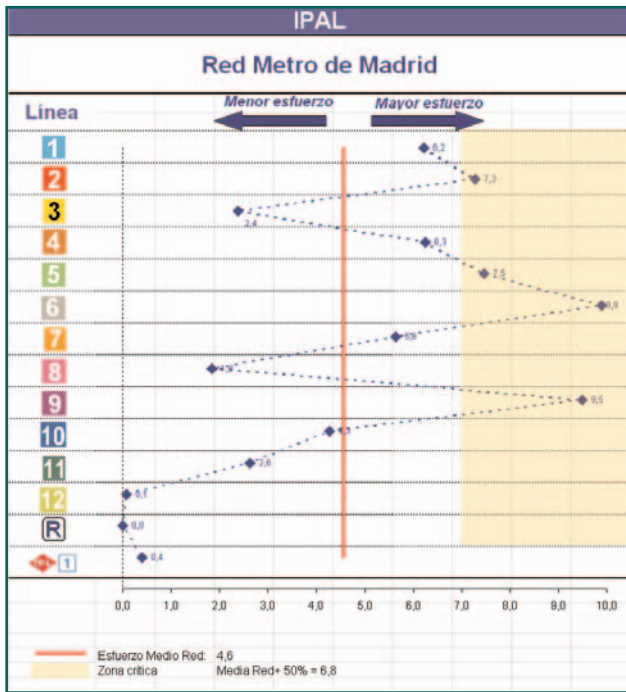


Gráfico 6.

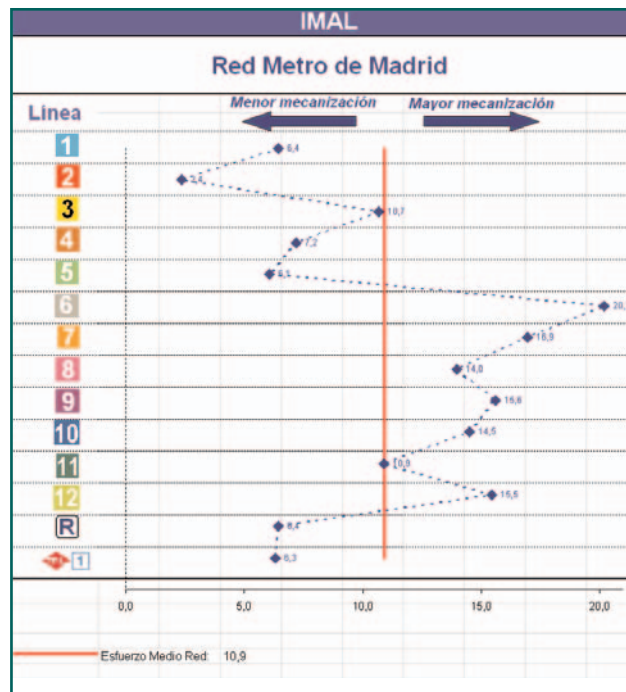


Gráfico 7.

dad de algunas de sus estaciones, efecto negativo que sólo se consigue paliar en parte con un alto grado de mecanización, como lo demuestra el valor de IMAL (20,2).

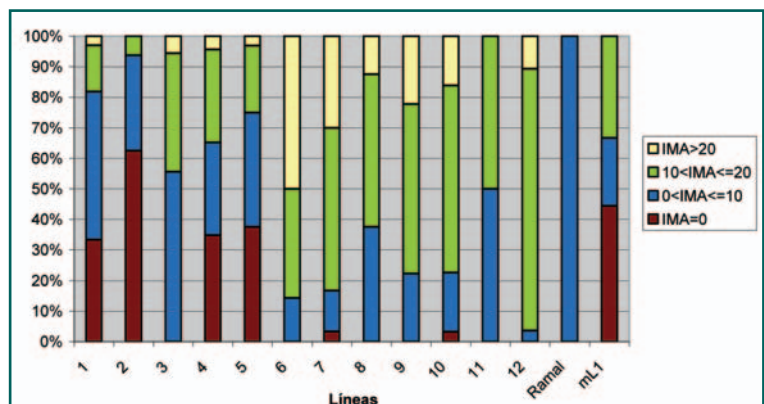
La línea 9, que le sigue en el ranking, tiene profundidades medias inferiores a la de la 6, pero dado que una buena parte de la misma se construyó con anterioridad, tiene un grado de mecanización más bajo (IMAL), lo que conlleva que su IPAL (valor) este muy próximo al anterior.

Las líneas 1, 2, 4 y 5, las más antiguas de Metro en sus tramos centrales (no se incluye la 3 porque la reforma integral de la misma la ha situado en otro plano), tienen estaciones en general poco profundas pero cuentan con el mayor porcentaje de estaciones sin ningún elemento mecanizado de transporte vertical (IMA=0) (Gráfico 8), a excepción de metro ligero. No obstante, prácticamente el 90% de las estaciones de esta línea tienen un valor del IPA igual a 0, de lo que se deduce que la falta de mecanización es debida a que no es necesaria, dado su alto grado de accesibilidad.

Por el contrario, las líneas que han tenido una ampliación importante desde 1995, así como las nuevas, presentan los mejores valores del IPAL, tanto porque su profundidad es menor, como por el alto grado de mecanización que presentan.

Un aspecto importante a tomar en consideración es la relación entre los indicadores de calidad percibida (ICP) por los clientes para cada línea, determinados mediante encuestas, y los valores del IPA de las mismas. Como se puede observar de los valores representados en el gráfico 9, existe una fuerte correlación entre ambos grupos de valores, lo que viene a indicar que la accesibilidad tiene un peso importante en la calidad percibida y que aunque el servicio de transporte básico (el viaje en tren) sea altamente eficiente, será retador conseguir que las líneas con IPA altos obtengan valores de la calidad percibida similares a los de líneas que cuentan con estaciones en las que el criterio de accesibilidad se ha considerado fundamental en su diseño.

Gráfico 8.



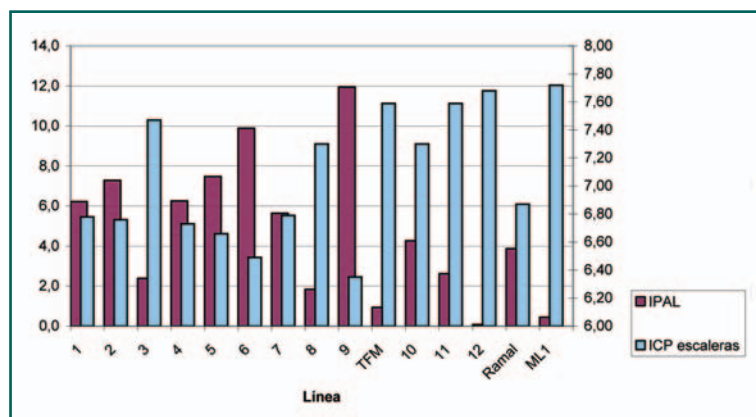


Gráfico 9.

7. Conclusiones

Se ha definido una metodología para el cálculo de índices que permitan caracterizar la accesibilidad de cualquier tipo de estación ferroviaria de forma sencilla y, del mismo modo la de líneas y redes.

Los principales objetivos perseguidos son:

1. Determinar el grado de accesibilidad de una estación, línea o red de metro, en condiciones normales de funcionamiento.
2. Priorizar las actuaciones en materia de accesibilidad en base a la rentabilidad social que generan.
3. Gestionar de forma adecuada el mantenimiento de las instalaciones de transporte vertical con el fin de aumentar la calidad del servicio, teniendo al cliente como referente de todas las actividades.

Esta metodología utiliza como datos de entrada fundamentales la configuración de las estaciones (de donde se obtiene el IBPCA) y los medios mecanizados de transporte vertical con los que cuenta (lo que da el IMA). Por tanto, valores bajos del IPA de una estación pueden deberse bien a que ésta es poco profunda, o bien a que está muy mecanizada. No obstante, las tendencias futuras deberán estar

marcadas por estaciones de bajo IBPCA, no sólo por la reducción de gastos que conllevan (fundamentalmente derivados del mantenimiento), sino también por la percepción negativa que supone para el cliente una estación excesivamente profunda.

Se ha comprobado su factibilidad al aplicarlo sobre la red de Metro de Madrid y su utilidad para obtener información de la situación real de las redes en cuanto a accesibilidad, así como para realizar estudios comparativos. Así mismo, se observa una intensa correlación entre valores bajos del IPA y la percepción de la calidad por parte de los clientes.

Por tanto, se trata de una herramienta potente que permitirá cuantificar de una forma sencilla y homogénea aspectos intangibles, como son la calidad y la accesibilidad de las redes de metro.

Esto adquiere especial importancia si tenemos en cuenta el carácter de las empresas que prestan un servicio de transporte público. Habitualmente, la rentabilidad de éstas no es puramente económica, sino que en la mayoría de los casos las inversiones efectuadas tienen un retorno que impacta fundamentalmente en los aspectos sociales y medioambientales. En la actualidad estos son raramente cuantificados, generalmente por falta de herramientas comunes y aceptadas que permitan hacer un análisis de rentabilidad en el triple balance.

La creación de esta metodología permite subsanar en parte estas deficiencias, poniendo además de manifiesto el alto valor creado por los sistemas de transporte público en general, y el metro en particular, en el ámbito social de la sostenibilidad.

8. Agradecimientos

En la redacción de este artículo ha participado personal de Metro de Madrid, perteneciente a la Dirección del Área Técnica y la Subdirección de Calidad y Procesos, Mi agradecimiento a todos ellos, y en especial a Auspicio Lucía, José Iván Navas, Ana Zúñiga, Jorge Sobrino y Daniel Lázaro. ♦

Referencias:

- Libro Blanco del Transporte (U.E.)
- Por una Europa en movimiento: movilidad sostenible para nuestro continente.