



# GESTIÓN DE PASAJEROS Y ACCE- SIBILIDAD EN LA INTERFAZ TREN- ANDÉN EN ESTACIONES DE METRO

Autor Apellido Uno <sup>1</sup> · Autor Apellido Dos <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Nombre Institución primer autor

<sup>2</sup> Nombre Institución segundo autor

Recibido: 02/12/2020 / Última revisión: 05/12/2020 / Aceptado: 28/12/2020

DOI: [10.17815/CD.2019.22](https://doi.org/10.17815/CD.2019.22)

**Resumen:** El objetivo de este estudio es identificar el efecto de las medidas de gestión y la accesibilidad en el comportamiento de pasajeros en estaciones de metro. Se comparó dos estaciones de metro que cuentan con puertas en andén y demarcación para indicar dónde están las puertas del tren. Adicionalmente, se estudió la accesibilidad de estaciones de metro. Para esto último se realizaron experimentos en el Laboratorio de Dinámica Humana de la Universidad de los Andes para probar diferentes escenarios de espesores de línea amarilla ubicada al borde del andén. Los resultados indican que estas medidas cambian el comportamiento de pasajeros, y permiten tener una interfaz más segura entre el tren y andén. En relación a los experimentos, un mayor espesor de la línea amarilla es más respetado por parte de los pasajeros, sin embargo si esta línea amarilla tiene pavimento táctil puede ser incómodo o inseguro para usuarios en especial para quienes presentan discapacidad o movilidad reducida. Como futura investigación se sugieren nuevos experimentos y observaciones en estaciones existentes para incorporar otros tipos de usuarios y configuraciones de la interfaz tren-andén.

**Palabras clave:** gestión de pasajeros, accesibilidad, interfaz tren-andén, puertas en andén, experimentos, estación de metro.

---

**Abstract:** *The objective of this study is to identify the effect of crowd management and accessibility measures on the behavior of passengers in metro stations. Two subway stations that have platform edge doors and demarcation were compared to indicate where the train doors are. Additionally, the accessibility of metro stations was studied. For the latter, experiments were carried out in the Human Dynamics Laboratory of the Universidad de los Andes to test different scenarios of yellow line located at the edge of the platform. The results indicate that these measures change the behavior of passengers and allow them to move in a safer interface between the train and the platform. In relation to the experiments, a greater width of the yellow line is more respected by the passengers, however, if this yellow line has tactile paving, it can be uncomfortable or unsafe for users, especially those with disabilities or reduced mobility. As future research, new experiments and observations at existing stations are suggested to incorporate other types of users and configurations of the train-platform interface.*

**Keywords:** *crowd management, accessibility, train-platform interface, platform edge doors, experiments, metro station.*

---

# 1. Introduction

Las estaciones de metro se pueden estudiar en diferentes espacios de circulación peatonal: tren-andén, andén-escaleras, mesanina, espacio complementario (por ejemplo, comercio) y ciudad (nivel calle). Sin embargo, el espacio donde más interacciones se produce es la interfaz tren-andén, donde se realiza la subida y bajada de pasajeros [5]. Cuando dicha interfaz no posee un diseño adecuado, los pasajeros deben recorrer largas distancias y moverse en espacios inseguros.

En el caso internacional, ejemplos como el Reino Unido muestran que cada año se producen más de 3 mil millones de interacciones en la red de trenes, en donde el 48 % de los riesgos de fatalidad para los pasajeros se producen en dicha interfaz [1]. Por lo tanto, este espacio complejo presenta diferentes riesgos y peligros para los pasajeros. Los accidentes pueden ocurrir durante la subida y bajada o simplemente en el borde del andén cuando los pasajeros esperan la llegada del tren.

En el caso de Santiago, el informe preparado por Metro de Santiago muestra que entre el año 2017 y el mes de marzo del 2019 se presentaron 54 intentos de suicidios en estaciones, siendo de estos 20 casos fatales y el resto intentos frustrados (TVN, 2019). Una cifra aún más preocupante nos muestra como entre el año 2017 y 2019 estos casos aumentaron en un 39 %. Entre los meses de enero y marzo de 2019, ya se lleva registro de 11 casos. Los suicidios representan un tipo de discapacidad psicológica de las personas (DS 50, 2016).

Para mejorar la seguridad en dicha interfaz, diferentes sistemas de metro han implementado medidas de gestión de pasajeros y accesibilidad en estaciones. Un ejemplo, son las puertas en andén, las cuales evitan que pasajeros caigan a las líneas del tren y permiten identificar donde se ubica cada puerta del tren (Clarke y Poyner, 1994; Kyriakidis et al, 2012). En el caso de Santiago, las nuevas Líneas 3 y 6 cuentan con este tipo de puertas, las cuales tienen un ancho de 2,0 m y se abren al mismo tiempo que las puertas del tren. Cuando no es posible implementar las puertas en andén, se requieren de otras medidas de accesibilidad, las cuales no solo deben favorecer el acceso al transporte público sino también su uso (Tyler, 2002). Por ejemplo, la interfaz tren-andén de la Línea 1 del Metro de Santiago cuenta con una línea amarilla al borde del tren, para evitar que pasajeros se aproximen al borde del andén. Si bien estas medidas (puertas en andén y línea amarilla) se utilizan principalmente por temas de seguridad, se desconoce el efecto que tienen en el comportamiento de pasajeros. En particular, existe una variabilidad de espesores de línea amarilla, lo cual indica la falta de un estándar de seguridad para este espacio.

La accesibilidad en este estudio se plantea como un derecho para todas las personas, el medio para permitir la participación, la autonomía y la vida independiente, evocando un nuevo paradigma de que la discapacidad se centra en la relación de la persona con el entorno, más que su relación funcional. De esta manera, se debe diseñar entornos, más aún, sistemas de transportes, desarrollando tecnologías de accesibilidad e inclusión pensando en la diversidad funcional de los pasajeros (SENADIS, 2016). En Chile, según el Estudio Nacional de Discapacidad (2015), un 16,7 % de la población presentan alguna discapacidad, la cual se subdivide en personas con discapacidad y personas con movili-

---

dad reducida. Bajo el mismo estudio, del total de la población, la accesibilidad para un 13 % es urgente, para un 60 % es necesaria y para el 100 % es confortable. Esto conllevó a que para el año 2018 se implementara la Ley de Accesibilidad, incluyendo normas de accesibilidad enfocadas en el espacio público según el Decreto 50 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (DS50, 2016). Sin embargo, no especifica normas para el transporte subterráneo y, por consiguiente, estaciones subterráneas. Existen diversas medidas para mejorar accesibilidad en el espacio Tren-Andén, específicamente este estudio se enfoca en las puertas de andén y en el uso de la línea amarilla en la interfaz, ya que los pasajeros pueden quedar atrapados, caer en las vías o tropezar a bordo de los trenes, sufriendo lesiones.

Frente a esto, se propone como objetivo de estudio identificar el efecto de las medidas de gestión y la accesibilidad en el comportamiento de pasajeros en estaciones de metro. Para estudiar la interfaz tren-andén se propone observar en terreno estaciones con puertas en andén y la variabilidad del espesor de línea amarilla, para luego realizar experimentos a escala real en el Laboratorio de Dinámica Humana (LDH) de la Universidad de los Andes. Los resultados se podrán transformar en recomendaciones para mejorar los estándares de seguridad de estaciones de metro.

El resto del documento está organizado de la siguiente manera. Primero, se presentan los estudios existentes sobre medidas de gestión de pasajeros y accesibilidad en la interfaz tren-andén. Posteriormente, se describe los métodos utilizados en la observación en terreno y experimentos a escala real. Finalmente se analizan los resultados, para luego proponer recomendaciones y futura investigación.

## **2. Revisión Bibliográfica**

El movimiento peatonal se ha estudiado desde hace más de 40 años cuando se comienza a incorporar la evaluación de los espacios de circulación mediante el Nivel de Servicio Peatonal (NSP) de Fruin (1971). El NSP va del Nivel A (flujo libre sin conflictos) al Nivel F (densidad crítica, flujo esporádico, paradas frecuentes y contacto físico), donde el Nivel E es igual a la capacidad. Desde entonces, diferentes autores han estudiado las características de peatones tales como la velocidad, densidad, flujo, entre otros (Banerjee et al, 2018; Vallejo-Borda et al, 2020). Actualmente, este indicador se utiliza en manuales conocidos como el Highway Capacity Manual (HCM, 2000; 2013).

El NSP es un importante indicador para identificar problemas de congestión en andenes, áreas de espera y escaleras. Sin embargo, el problema es que se basa en una visión global o macroscópica, en la que el flujo de peatones se entiende como "dinámica de fluidos" (Still, 2000). Según Evans y Wener (2007), la densidad general utilizada en este indicador no predice qué espacio presenta más interacción entre los pasajeros. Los autores estudiaron la densidad, el estrés y los desplazamientos en trenes donde los pasajeros tienen que sentarse junto a otros, y encontraron que el nivel de estrés aumentaba a medida que aumentaba la densidad. En este sentido, pareciera ser que utilizar valores promedio de densidad no es adecuado para identificar que parte de la interfaz tren-andén es la más congestionada, especialmente si se implementan medidas de gestión y accesibilidad como

---

puertas en andén o línea amarilla de seguridad.

Respecto a las puertas en andén, algunos autores (Coxon et al, 2010) indican que estos elementos cambian el comportamiento de pasajeros, aumentando los tiempos de subida y bajada. Según los autores, las puertas en andén se limitan al número de puertas de los trenes, a la cantidad de carros del tren y al diseño del andén. Sin embargo, no está claro cómo los autores llegaron a esta conclusión y si hay alguna evidencia que la respalde. Otros autores (Qu y Chow, 2012) estudiaron el uso de estas puertas, las cuales mejoraron la ventilación y la detección de humo en los túneles del metro, sin embargo, el tiempo de evacuación en los andenes aumentó debido a la inconsistencia de la parada del tren en la misma posición en el andén o por la fragilidad de sus materiales.

Por otra parte, en experimentos a escala real de University College London's Pedestrian Accessibility Movement Environment Laboratory (PAMELA) se identificó que las puertas en andén no tienen un gran impacto en los tiempos de subida y bajada, y solo mejora dichos tiempos en situaciones de congestión, ya que los pasajeros se ubican a los costados de las puertas en vez de al frente de estas (De Ana Rodríguez et al, 2016; Seriani et al, 2017a; Seriani et al, 2017b). Estos estudios fueron corroborados por los mismos autores en observación en estaciones del Metro de Londres, obteniendo resultados similares.

Con respecto a otras medidas, algunos estudios recientes (Prasertsupakij y Nitivattananon, 2012; Enginöz y Şavlı, 2016) han estudiado la accesibilidad mediante el uso de encuestas a personas con movilidad reducida. En términos de diseño, algunos manuales como el del Metro de Londres (2012) indican que los andenes deben tener un ancho mínimo de 3,0 m, y la línea amarilla al borde del andén es esencial para alertar sobre la proximidad al tren. En el Metro de Londres (2015) se observó cómo variaba el comportamiento de los usuarios con respecto a distintos diseños de la línea amarilla en el borde del andén. El estudio demostró que los tiempos de demoras no se vieron afectados negativamente por un mayor ancho de línea amarilla, y por ende no hubo información sobre un impacto en las operaciones de las estaciones. Además, las observaciones realizadas en terreno demostraron que los pasajeros generalmente están más alejados del borde del andén que antes de la prueba, y cuando menos se respetaba la línea era cuando la gente no alcanzaba a subirse al tren, dejando a los pasajeros esperando el próximo tren en el andén. En ese caso, los pasajeros avanzaban para subir al tren, pero no retrocedían detrás de la línea amarilla si no podían abordar.

Asimismo, en el caso de Metro de Santiago, algunos autores como Amestoy (2015) han estudiado diferentes variables para definir accesibilidad y los tipos de pasajeros en estaciones basadas en los Decretos 142 y 50 amparados en la Ley de Accesibilidad Universal (2010) usados para el diseño de estos espacios. La autora pone énfasis en variables como la línea amarilla de seguridad en el andén, la cual debe incluir pavimento táctil para poder ser detectada por pasajeros con movilidad reducida, sin embargo no identifica el efecto que esto produce en los pasajeros que suben o bajan del tren. Según el mismo estudio (Amestoy, 2015) el servicio SENADIS establece que las estaciones deben tener al menos un 70

A pesar de los avances en investigación, se requieren nuevos estudios para determinar el efecto de estos elementos en el comportamiento de pasajeros, siendo este el principal objetivo de estudio.

---

### 3. Métodos

La metodología se basa en observación en terreno y experimentos a escala real. Para estudiar las puertas en andén se escogió dos estaciones de la Línea 6 del Metro de Santiago. Tal como se observa en la Ilustración 1, la estación Ñuñoa cuenta con dichas puertas, pero no posee demarcación en el andén. Por otro lado, la estación Ñuble cuenta con puertas en andén y demarcación para indicar donde se ubican.



**Ilustración 1** Puertas en andén con demarcación en estación Ñuble (izquierda) y sin demarcación en estación Ñuñoa (derecha), Línea 6, Metro de Santiago

Ambas estaciones se observaron en noviembre 2018 durante tres días hábiles mediante el uso de cámaras de video ubicadas a 4 m de altura justo arriba de la puerta de andén más utilizada. Se pudo reportar que ambas estaciones poseen una demanda similar de pasajeros que suben y bajan del tren. En la hora punta en Ñuñoa se observó en promedio 13 pasajeros que suben y 9 pasajeros que bajan, lo que equivale a una razón ( $R$ ) de pasajeros que suben con respecto a los que bajan de 1,6. En el caso de Ñuble en la hora punta se observó en promedio 9 pasajeros que suben y 10 pasajeros que bajan, obteniendo un  $R = 1$ . El cálculo de  $R$  se obtiene mediante la división entre el número total de pasajeros que sube y el número total de pasajeros que baja.

Para medir el efecto de la demarcación en las puertas en andén, se utilizó un modelo conceptual en donde se discretizó la interfaz tren-andén en celdas cuadradas de 40 cm de ancho. Cada celda representa el tamaño de la baldosa del suelo del andén. El supuesto es que cada celda es utilizada por un pasajero que espera la llegada del tren (ver Ilustración 2). Esta forma de dividir la interfaz permite identificar lo siguiente:

- La celda más utilizada, al contar el número de veces que un pasajero pasa por una celda durante la hora punta observada en cada estación.
- Ubicación de los pasajeros que esperan subir al tren (frente a las puertas o a los costados de estas).
- El efecto en los tiempos de subida y bajada para cada caso. En el caso del tiempo de subida se calculó la diferencia entre el último pasajero que sube y el primero que

- El efecto en la formación de filas de flujo para pasajeros que bajan del tren.
- La posición de los pasajeros dentro del tren no fue analizada en este estudio, sin embargo se considerará como futura investigación.

Y (cm)

280

240

200

160

120

80

40

0

-300 -260 -220 -180 -140 -100 -60 -20 20 60 100 140 180 220 260 300

X (cm)

Puertas

Entrada de tren

Espacio ocupado por asientos

● Pasajero baja

● Pasajero sube

□ Celda

↓ Interacción entre pasajeros que suben o bajan

↑

Luego de la observación en terreno, 1 se definió una métrica de evaluación en las estaciones estudiadas. Se consideró que todas las variables son igual de importantes, y por ende poseen el mismo ponderador. El ponderador permitió ver cuánto porcentaje de accesibilidad posee cada estación observada en Línea 1. Como existen 8 variables, entonces cada una de ellas representa un 12,5 %. Entonces, por ejemplo, si una estación cumple solo con 4 variables, tendrá un 50 % de accesibilidad. Es decir, el porcentaje de cumplimiento se va sumando a medida que las variables van cumpliendo en la observación realizada.

Variable	Criterio	Fuente
Espesor de línea amarilla con banda táctil	Debe ser de 24 cm, tener podos y color amarillo	Amestoy (2015)
Distancia entre el borde del andén y la línea amarilla	Debe ser mayor a 0,8 m	Amestoy (2015)
Pavimento guía en andén	Debe incluir franjas longitudinales de 0,4 m de ancho	DS 50 de Ley Accesibilidad Universal (2010)
Pavimento alerta en andén (táctil)	Debe tener textura de podos y ancho de 0,4 - 0,8 m	DS 50 de Ley Accesibilidad Universal (2010)
Ancho de andén	Debe ser mayor a 3,0 m	Metro de Londres (2012)
Asientos en andén	Debe tener capacidad y diseño accesible	Amestoy (2015)
Intercomunicador en andén	Debe ser a una altura no mayor de 1,2 m	DS 50 de Ley Accesibilidad Universal (2010)
Ascensor	Debe tener capacidad para transportar personas con movilidad reducida	DS 50 de Ley Accesibilidad Universal (2010)

**Tabla 1** Variables seleccionadas para medir la accesibilidad en la interfaz tren-andén

Finalmente, se realizó un experimento en el Laboratorio de Dinámica Humana (LDH) de la Universidad de los Andes para simular diferentes configuraciones de línea amarilla. En dicho experimento se incluyó personas con discapacidad o movilidad reducida, en donde 2 personas eran de edad avanzada, de las cuales una de ellas padecía de hemiparesia, la que se define como una enfermedad, que técnicamente, es una disminución del movimiento sin llegar a la parálisis en alguna extremidad o lado del cuerpo (sordera y otros problemas auditivos). Además, se contó con una persona con silla de ruedas y una persona que usaba un coche para guaguas (ambos eran jóvenes de 24 años). A estas 4 personas, se consideró otras 21 personas quienes eran estudiantes sin problemas de discapacidad o movilidad, tendiendo así un total de 25 personas que suben y bajan del tren. De los 25 voluntarios, 8 utilizaban el Metro de Santiago cinco o más veces a la semana, es decir un 32 %, incluyendo en este grupo a la persona en silla de ruedas y la persona con hemiparesia, lo cual es importante destacar. Los participantes generaron una densidad en el andén de 4 personas por metro cuadrado, la cual se mantuvo durante las 10 repeticiones por escenario. Con el fin de que la prueba fuese más similar a la realidad del Metro, se le entregó a cada voluntario un número antes de iniciar el experimento, para luego nombrar 5 números elegidos aleatoriamente antes de iniciar cada repetición, con el fin de que los pasajeros con los números escogidos debiesen desplazarse de manera “apurada” al momento de subir al andén e ingresar al tren. Estos pasajeros fueron variando para repetición de subida y bajada.

Respecto a los escenarios de simulación, se probaron 4 casos de espesor de línea amarilla: 5 cm (cinta adhesiva amarilla), 10 cm (doble cinta adhesiva amarilla), 24 cm (PVC



Nivel de cumplimiento	Descripción	Representación
5	La línea amarilla se respeta por parte de todos los pasajeros	
4	Poco porcentaje de pasajeros no respeta la línea amarilla (< 50%)	
3	La línea amarilla es respetada por un 50% de pasajeros	
2	Alto porcentaje de pasajeros no respeta la línea amarilla (> 50%)	
1	La línea amarilla no se respeta por ningún pasajero	

**Ilustración 3** Tabla Nivel de cumplimiento por parte de los pasajeros (adaptado de Metro de Londres, 2015)

con podos amarillos) y 40 cm (carbono y fibra de vidrio reforzada con podos amarillos). Los primeros 3 casos están basados en observación existente en la Línea 1 del Metro de Santiago. Sin embargo, se quiso probar un cuarto espesor (40 cm), para ver un nuevo diseño de línea amarilla. En todos los casos se dejó una distancia entre el borde del andén y la línea amarilla de 1 m (incluyendo el espesor de la línea amarilla). De esta manera, en el caso de un espesor de 40 cm, se mantendría la distancia de seguridad establecida por Metro de Santiago de 60 cm hasta el borde del andén.

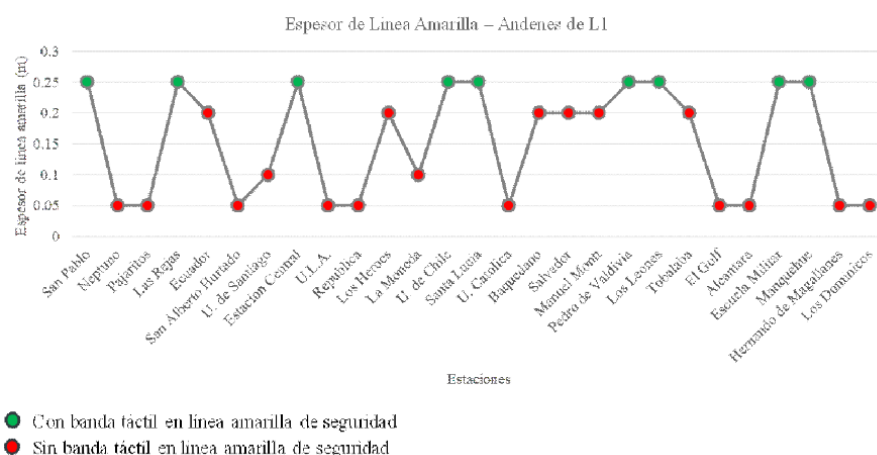
Para determinar cuál de estos escenarios es más efectivo se midió lo siguiente:

- Se observó la cantidad de veces que se respetaba la línea amarilla, considerando cuando una persona cruzaba antes de que se diera la instrucción de abrir puertas del tren.
- Al finalizar el experimento los participantes debían llenar una encuesta para registrar su experiencia indicando que tan seguro y cómodo se sintió.

Con el fin de saber cuál fue la línea que más se respetó en la experimentación, se utilizó la Tabla 2 de evaluación la cual muestra el nivel de cumplimiento que hay por parte de los pasajeros hacia la línea amarilla (Metro de Londres, 2015).

En el experimento, la maqueta del vagón es de 2,5 m de ancho por 3 m de largo. Las puertas representan el ancho de la Línea 1 del Metro de Santiago, es decir, 1,65 m. El andén es de 3 m de largo por 3 m de ancho. Para que las personas con movilidad reducida pudieran ingresar al andén se construyó una rampa de acceso. Las cámaras de video se instalaron a 2,5 m en el techo del laboratorio (visión desde arriba) y a 2 m de distancia desde el andén (visión lateral). Estas cámaras permitieron observar la posición de los participantes, la cual fue procesada mediante inteligencia artificial para el conteo automático (ver Ilustración 4).





**Ilustración 6** Accesibilidad estaciones con respecto al espesor de la línea amarilla y su uso con banda táctil en la interfaz tren-andén

## 4.2. Efecto de puertas en andén con demarcación

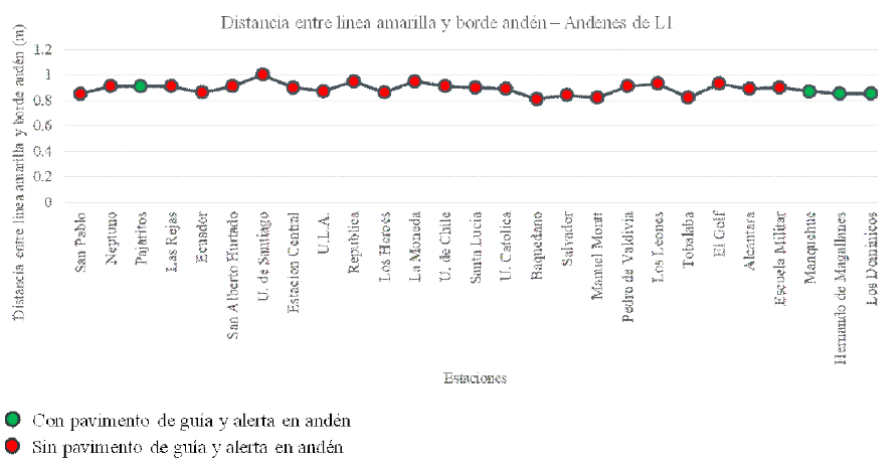
Las 8 variables descritas en la Tabla 1 fueron observadas en la interfaz tren-andén de la Línea 1. Los resultados obtenidos muestran que un 96 % de las estaciones cuenta con asensores, pues al momento del estudio solo Estación Central aún no poseía este elemento, el cual ya se encuentra en fase constructiva o finalizada junto con mejoras adicionales a la estación en accesos y pasillo de tránsito adicional para mejorar desplazamientos. Además, un 100 % posee asientos en andén, ancho de andén mayor a 3,0 m, intercomunicador a una altura menor a 1,2 m, y distancia entre el borde de andén y la línea amarilla mayor a 0,8 m.

Si bien la interfaz tren-andén de la Línea 1 cumple con 6 de las 8 variables definidas en la Tabla 1, existe una variabilidad en el espesor de la línea amarilla e incluso esta no posee banda táctil (ver Ilustración 5). Asimismo, no todas las estaciones poseen pavimento guía y alerta (ver Ilustración 6). En resumen, solo 33 % de las estaciones cumplen el estándar de línea amarilla, según lo considerado en la Tabla 1, y 15 % poseen pavimento guía y alerta.

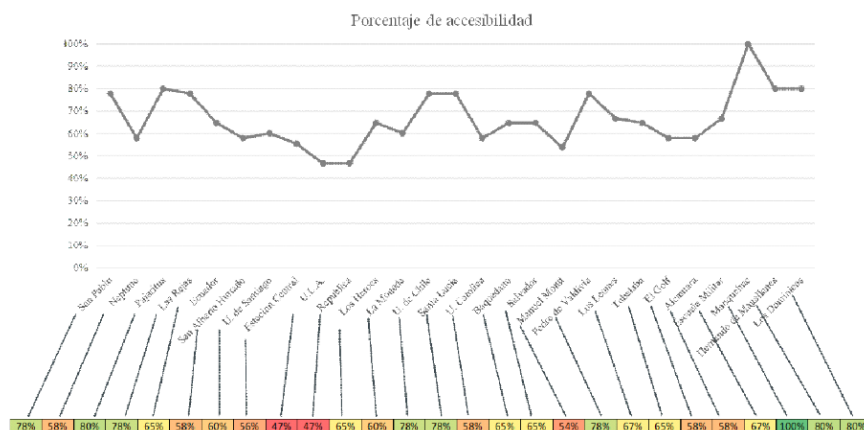
Como consecuencia, y aplicando la métrica de accesibilidad en base a porcentajes equitativos por cada variable. Se puede observar en la Ilustración 7 que las estaciones menos accesibles son U.L.A. y República, mientras que la más accesible es Manquehue, llegando a un 100 % de cumplimiento en accesibilidad. Con esto, solo 9 estaciones (es decir un 33 %) cumplirían el mínimo porcentaje de accesibilidad definido como 70 % según el servicio SENADIS (Amestoy, 2015).

## 4.3. Experimentos en el Laboratorio de Dinámica Humana (LDH)

De los resultados en la Tabla 3, se puede apreciar que la línea amarilla que más es respetada por parte de los participantes del experimento en el LDH es la de 40 cm, obteniendo un puntaje de 4,7. Luego la sigue la línea de 10 cm con un puntaje de 4,2. Con



**Ilustración 7** Accesibilidad estaciones respecto a la distancia entre el borde de andén y la línea amarilla junto con el uso de pavimento guía y alerta en la interfaz tren-andén



**Ilustración 8** Porcentaje de accesibilidad total en la interfaz tren-andén en estaciones de la Línea 1

---

un puntaje similar le sigue la línea de 24 cm, con un puntaje de 4,1. Finalmente, la línea menos respetada por los pasajeros es la línea de 5 cm, con un puntaje de 3,7.

## 5. Discusión

El texto del artículo tiene interlineado sencillo; 12 puntos de tamaño de fuente; tipo de letra Times New Roman; las páginas están numeradas; se utiliza cursiva para las palabras en inglés en lugar de subrayado (excepto en las direcciones URL); y todas las ilustraciones, ecuaciones, figuras y tablas se encuentran enumeradas y colocadas en los lugares del texto apropiados, en vez de al final. En esta sección se puede hacer comentarios de cierre del estudio, además de discusiones y futuras investigación. También se puede incluir en el texto un resumen destacando los resultados relevantes.

Ejemplo para las citas [2] o [3,4] Ejemplo para referenciar ecuación

$$a^2 + b^2 = c^2 \tag{1}$$

Ejemplo para las referencias

- Seccion 2
- Tabla 1
- Figura 1
- Ecuacion del circulo

**Agradecimientos** Los autores pueden incluir esta sección donde se agradece, por ejemplo, el financiamiento de los proyectos, memoristas, o a quienes participaron de los experimentos/encuestas, etc.

## Referencias

- [1] Platform train interface strategy, 2015.
- [2] Albert Einstein. Zur Elektrodynamik bewegter Körper. (German) [On the electrodynamics of moving bodies]. *Annalen der Physik*, 322(10):891–921, 1905.
- [3] Michel Goossens, Frank Mittelbach, and Alexander Samarin. *The L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X Companion*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1993.
- [4] Donald Knuth. Knuth: Computers and typesetting.
- [5] S. Seriani and R. Fernández. Planning guidelines for metro–bus interchanges by means of a pedestrian microsimulation model. *transportation planning and technology*. 38(5):569–583, 2015.