



Departamento de Ingeniería Civil
Universidad de Chile

CI6318
Proyecto de Gestión de Metros y
Ferrocarriles
Semestre Primavera 2025

Auxiliar 1

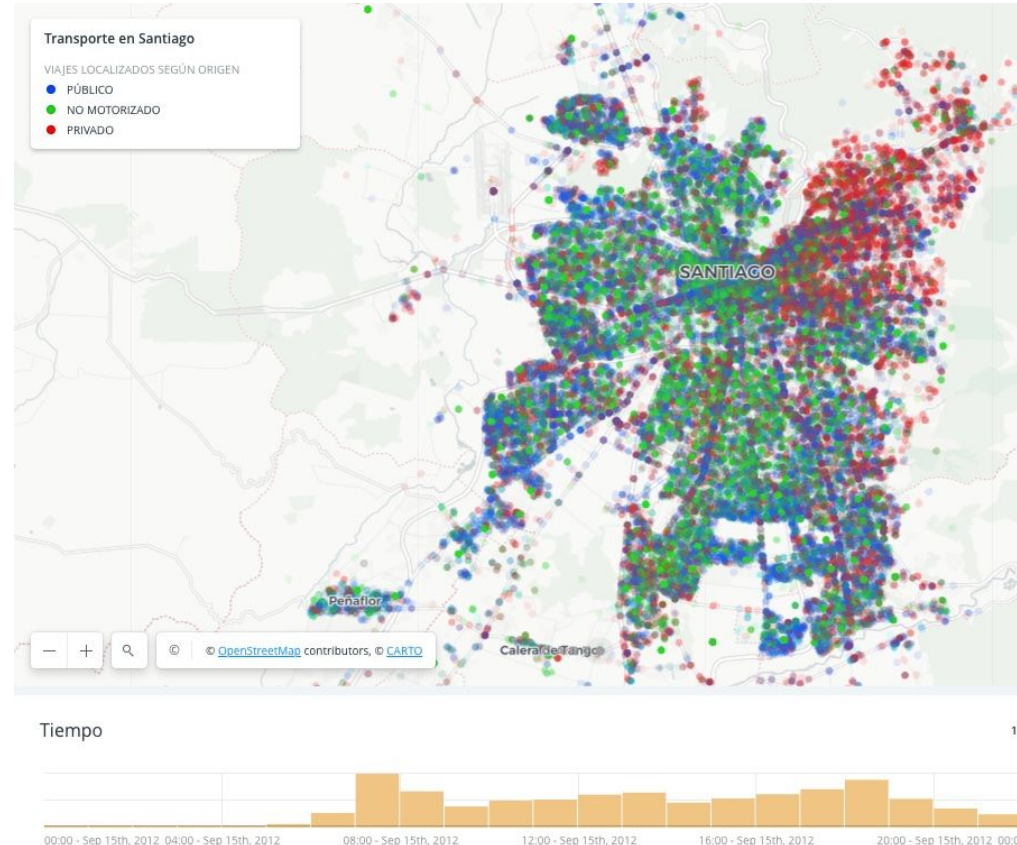
Profesor:
Álvaro Caballero Rey
Auxiliar:
Pablo González Aguilera

Repaso Ingeniería de Transporte



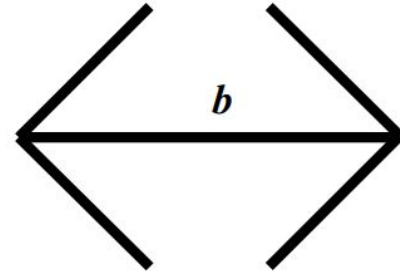
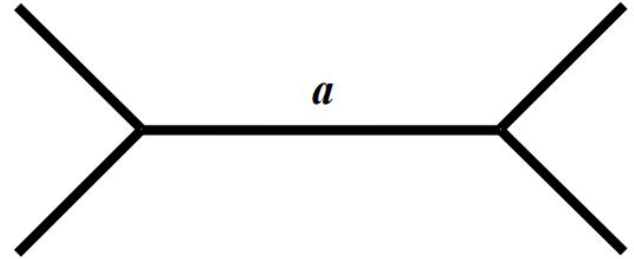
Demanda de Transporte

- El transporte obedece a una **demanda derivada**.
- Factores que influyen:
 - Ubicación de actividades
 - Disponibilidad y calidad del transporte
 - Costo y tiempo del viaje
 - Ingresos y hábitos de los usuarios
- **Implica decisiones** tomadas en base a **percepciones e información**:
 - ¿Viajar o no?
 - ¿Hacia dónde viajo?
 - ¿En qué modo de transporte?
 - ¿Cuál es la ruta que tomo?



Demanda de Transporte

- Al ser humanos, presentamos sesgos, irracionalidades y no contamos con información completa para tomar decisiones.
- ¡Hay que tener en cuenta esto para modelar demanda y diseñar sistemas de transporte!
- En el curso veremos ejemplos de lo anterior (**percepción**).



Müller-Lyer's (1889) illusion

Demanda de Transporte

- Al ser humanos, presentamos sesgos, irracionalidades y no contamos con información completa para tomar decisiones.
- ¡Hay que tener en cuenta esto para modelar demanda y diseñar sistemas de transporte!
- En el curso veremos ejemplos de lo anterior (**percepción**).

Las pérdidas pesan (nos duelen) más que las ganancias:

“ (...) es tan corto el amor y es tan largo el olvido...”

Neruda - Poema 20

Demanda de Transporte

Tabla 4: Matriz O-D de viajes por sector en día laboral temporada normal (UAH, 2014).

Sector Origen	Sector Destino									Total (miles)
	Norte	Poniente	Oriente	Centro	Sur	Sur-Oriente	Extensión Sur-Poniente	Externo	S/I	
Norte	1.716,9	105,6	158,3	169,2	57,3	53,7	7,5	0,3	34,6	2.303,5
Poniente	110,7	2.422,4	182,7	267,2	140,8	68,4	31,5	2,6	76,9	3.303,1
Oriente	167,9	183,1	2.783,2	298,3	138,0	309,6	10,2	9,5	29,6	3.929,4
Centro	174,3	268,6	294,9	788,8	172,6	155,9	26,9	2,6	13,1	1.897,8
Sur	54,4	141,3	148,3	167,6	2.362,9	164,9	23,6	3,0	83,0	3.148,9
Sur-Oriente	49,8	69,1	313,8	149,4	161,5	1.945,4	8,6	5,6	46,7	2.750,0
Extensión Sur-Poniente	8,2	32,7	16,7	25,4	23,7	6,8	652,9	6,4	23,6	796,5
Externo	0,1	1,1	5,8	4,1	4,2	4,3	3,0	0,9	0,0	23,5
S/I	35,9	73,4	32,4	11,1	84,6	42,7	23,0	0,0	5,5	308,4
Total (miles)	2.318,2	3.297,4	3.936,0	1.881,1	3.145,6	2.751,6	787,2	31,0	313,0	18.461,1

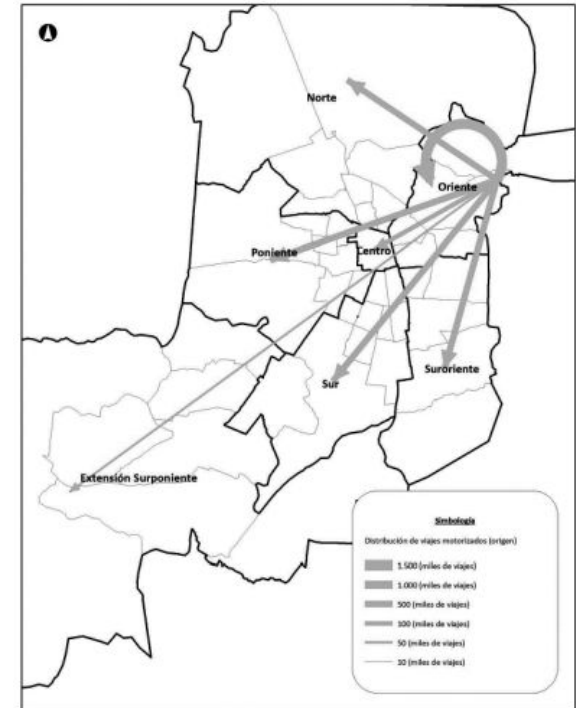
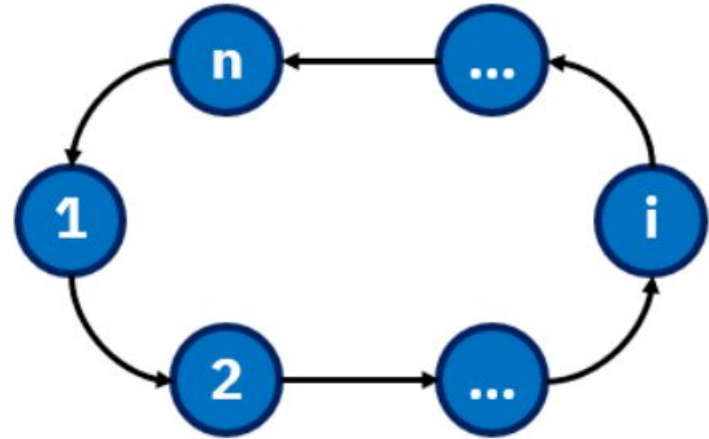


Figura 12: Macrozonas de Santiago. (UAH, 2014)

Oferta de Transporte

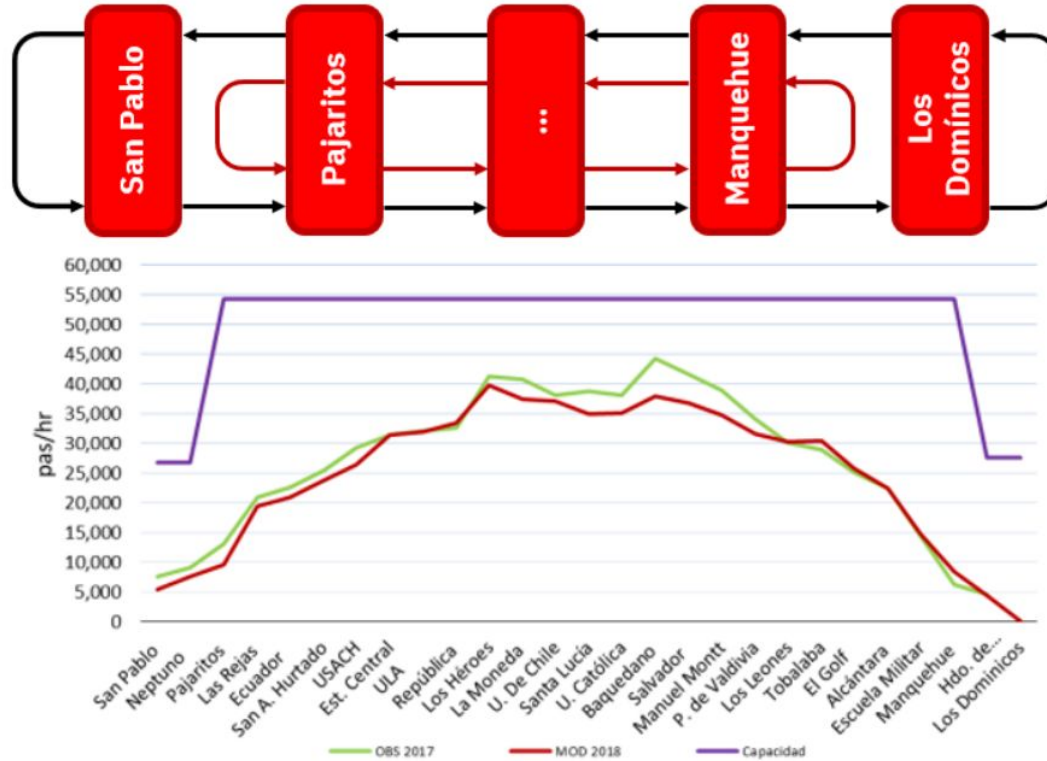
- En general, **modelamos las líneas de metro como sistemas cíclicos.**
- Cada sistema tiene:
 - Tamaño de Flota B
 - Frecuencia f
 - Tiempo de ciclo t_c
 - Capacidad de veh. K
 - Tiempos de subida/bajada μ
 - Interválo $T = 1/f$



Normalmente, la frecuencia es única y **determinada por la demanda λ del tramo más cargado.**

$$f = \frac{\max_{i \in 1:N} \{\lambda_i\}}{K}$$

Oferta de Transporte - Bucles



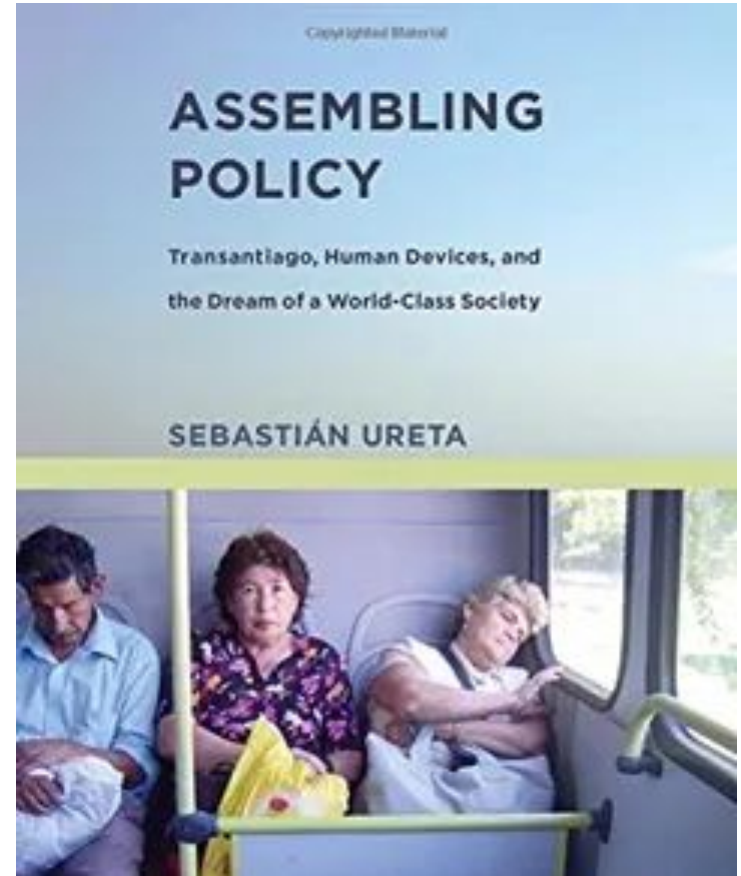
Oferta de Transporte - Servicio Expreso



Tipo Pasajero	Tipo de Viaje	Efecto	% Viajes
Origen y Destino en la misma ruta	Sube al tipo de tren que se detiene en estación de destino (Colón a Los Presidentes, Ruta Roja)	Aumenta tiempo de espera promedio en el andén y disminuye el tiempo de viaje por aumento de la velocidad comercial.	90%
Origen y Destino en distintas rutas – con estación común	Toma el primer tren y se baja en estación común, luego sube al siguiente tren para abordar en su estación de destino (Colón a Grecia, el usuario debe bajarse en Plaza Egaña y tomar el siguiente tren)	Transbordo adicional en el mismo andén.	8%
Origen y Destino en distintas rutas – sin estación común	Toma el primer tren y se baja en la primera estación común luego de su destino, cambia de andén y toma tren a su destino (Príncipe de Gales a Simón Bolívar, el usuario debe seguir hasta Plaza Egaña, cambiar de andén y tomar tren a Simón Bolívar)	Transbordo adicional con cambio de andén.	2%

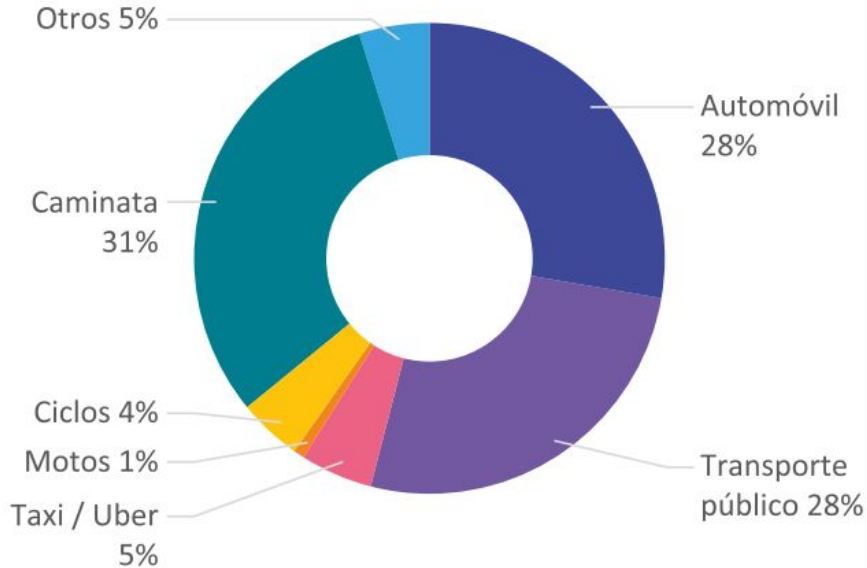
Economía de Transporte

- El transporte obedece a una **demanda derivada**.
- Cada **actor** busca satisfacer objetivos distintos:
 - Operador: Máx. utilidad operador
 - Estado: Máx. Beneficio Social
 - Usuario: Máx Beneficio personal
- Externalidades: ruido, CO2, segregación urbana, congestión, entre otros.
- La mayoría de sistemas de TP en el mundo **no se autofinancian** (son subsidiados por el estado).
- **Transantiago sufrió mucho por buscar imponer esto último!**

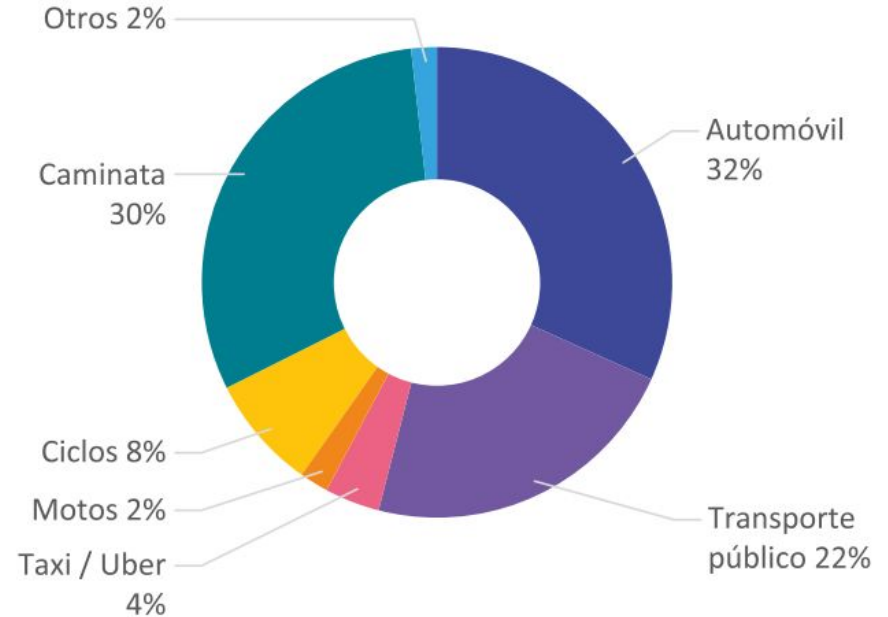


Partición Modal

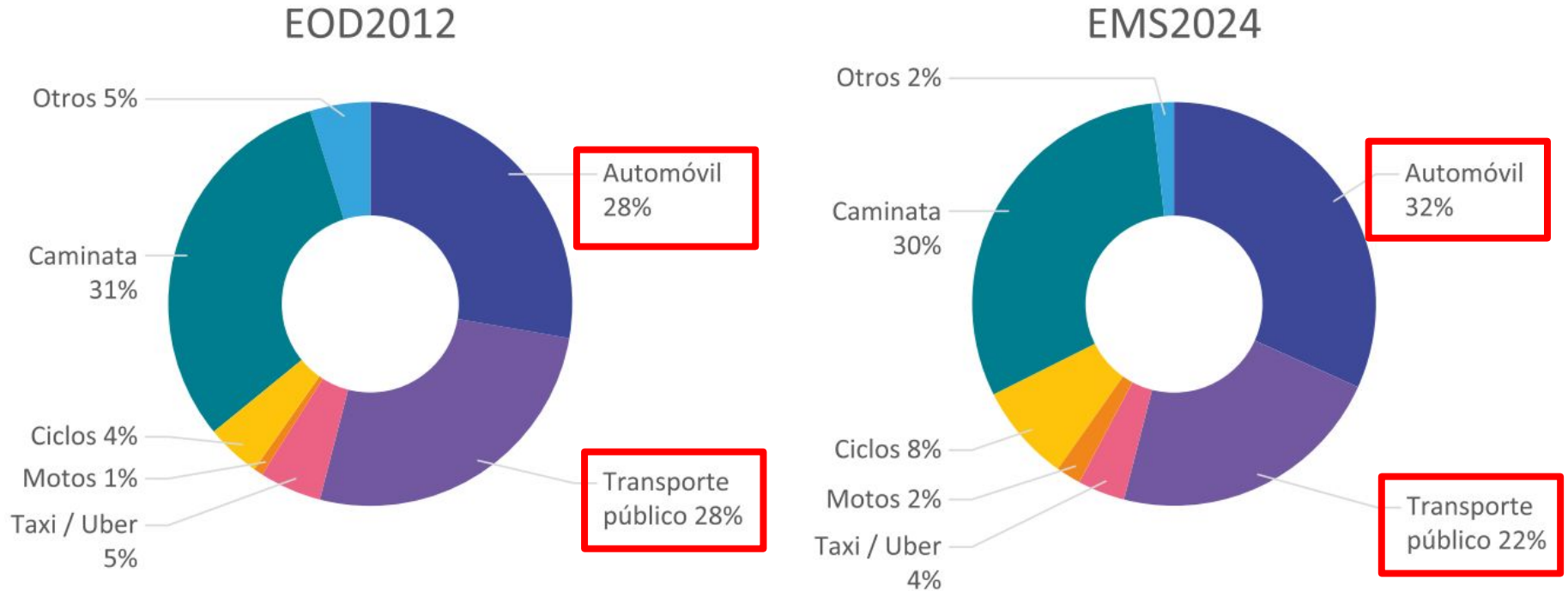
EOD2012



EMS2024



Partición Modal



¿Por qué transporte público?

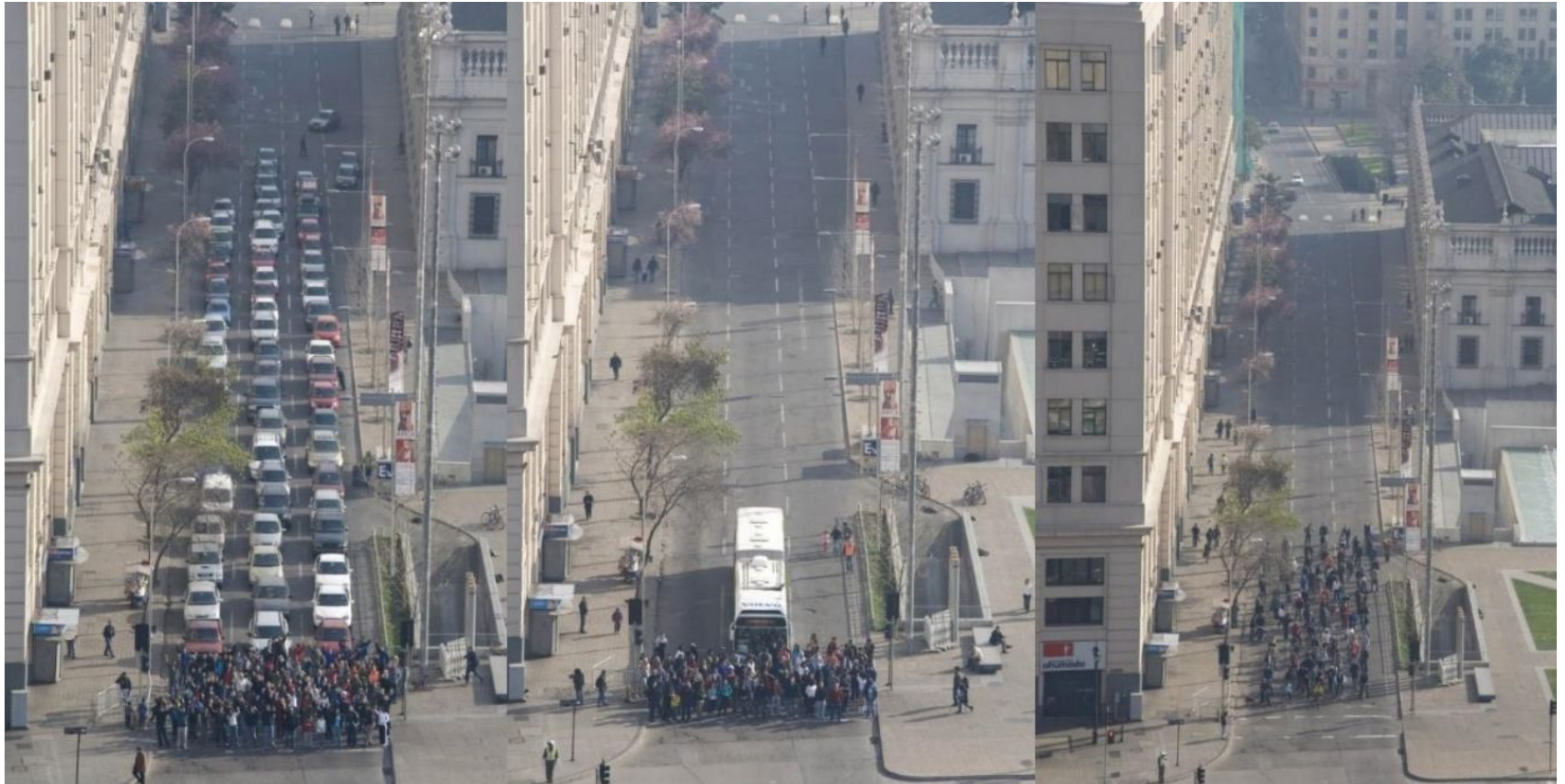
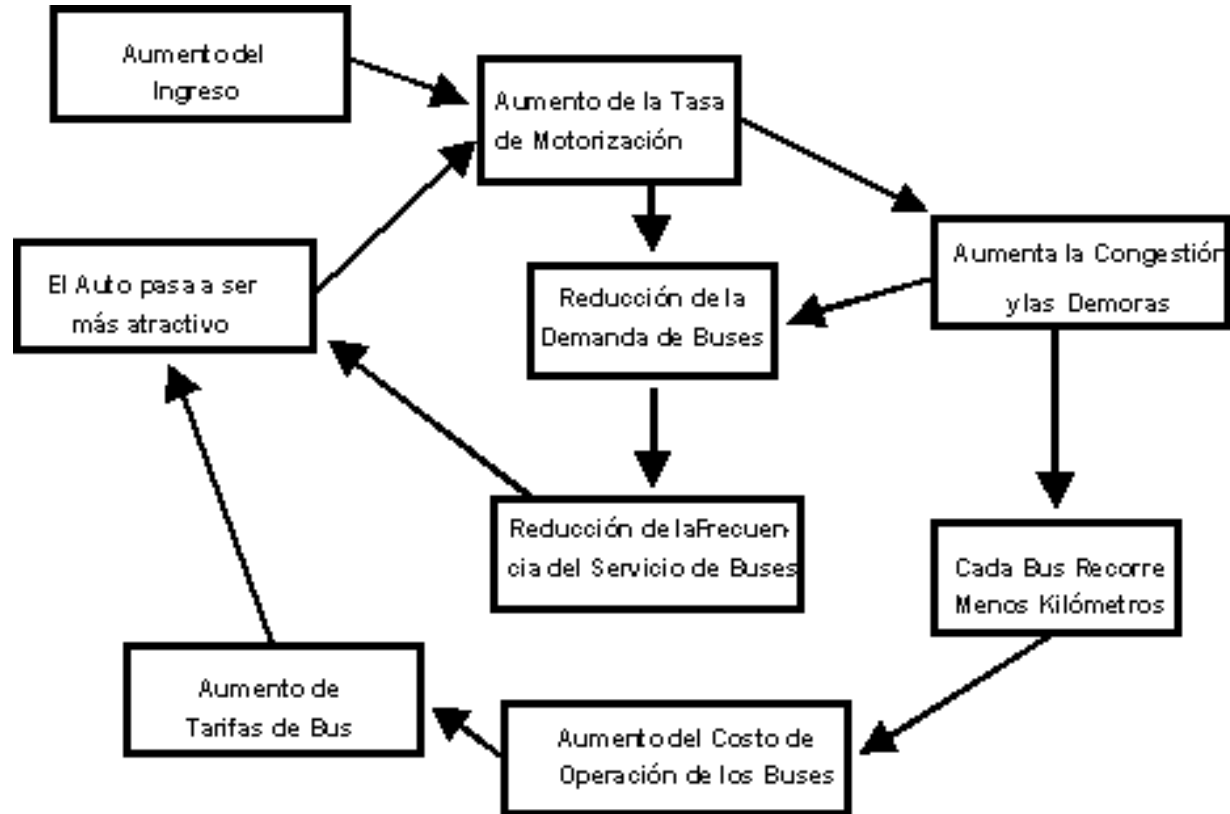


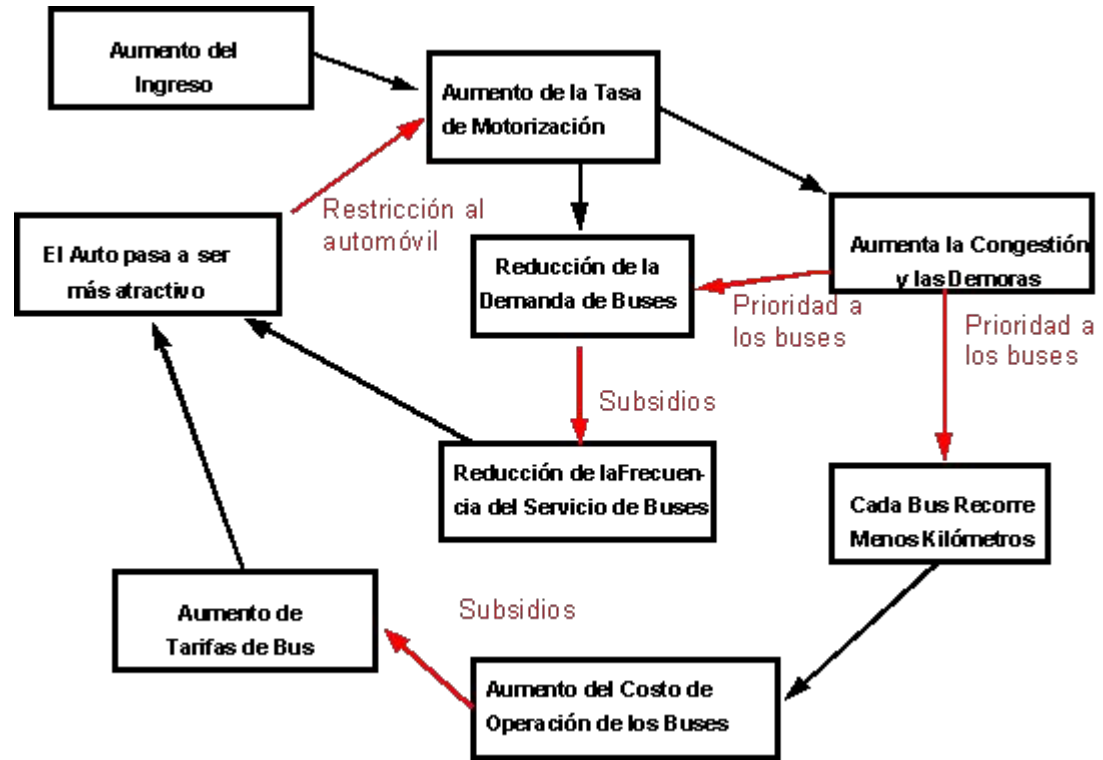
Foto tomada en Santiago (Teatinos con Alameda) el 31 de agosto de 2008.

Círculo vicioso del transporte público



Círculo vicioso del transporte público

- La mayoría de sistemas de TP en el mundo no se autofinancian.
- El **subsidio** es clave para evitar caer en el “círculo vicioso del transporte público”
- Se debe mantener un buen **nivel de servicio**.



Modos de Transporte Público



Metro



Bus Urbano



Tren

Modos de Transporte Público



BRT - Bus Rapid Transit

- Vía completamente segregada.
- Opera similar a una línea de metro (estaciones).
- e.g : Curitiba, Bogotá, Lima.

¿Modos de Transporte Público?



Metro ligero / Tranvía

- Usualmente circulan en **tráfico mixto**.
- Capacidades comparables a sistemas de buses urbanos.
- e.g : Futura línea 7A, Tramlink en Croydon, Línea Expo en Los Angeles.



Tren de cercanías (ó tren suburbano)

- Menos de 100 km.
- Operan con itinerario fijo.
- Conectan poblados periféricos a un núcleo urbano.
- e.g : Santiago-Rancagua, Temuco-Victoria, **¿Santiago-Nos?**



Tren de larga distancia

- Material rodante de gran tamaño.
- Opera similar a una línea de metro (estaciones).
- e.g : Santiago-Chillán, Santiago-Temuco

¿Modos de Transporte Público?



Metro ligero / Tranvía



Tren de cercanías (ó tren suburbano)



Tren de larga distancia

¡Hay “Trenes” y “Trenes”!

Conceptos Metro



Red de Metro



RESUMEN

MM \$591.691

INGRESOS TOTALES

149

KILÓMETROS
DE RED

143

ESTACIONES

7

LÍNEAS EN
FUNCIONAMIENTO

27

COMUNAS CON PRESENCIA
DE ESTACIONES

1.449

COCHES

91%

SATISFACCIÓN NETA
DE USUARIOS

215

TRENES

69,2%

DE LOS VIAJES DE LA RED
INTEGRADA USARON METRO

640 MILLONES

DE VIAJES EN TOTAL
EN NUESTRA RED

+5%

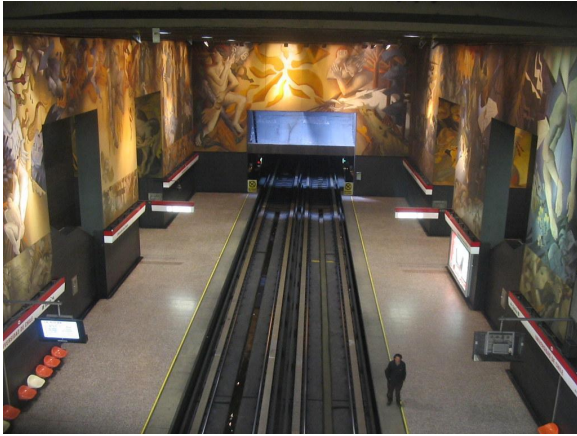
DE RECORRIDO POR
COCHE - KILÓMETRO* EN TOTAL

401

LOCALES COMERCIALES
ARRENDABLES

*SE REFIERE A LOS KILÓMETROS QUE RECORREN
LOS TRENES, DIVIDIDOS POR LÍNEAS.

Red de Metro



Estaciones



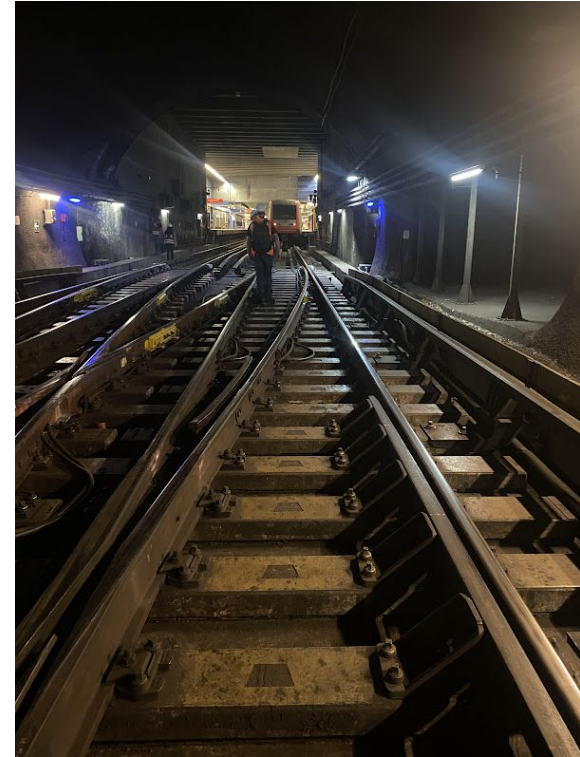
Edificios Administrativos



Cocheras



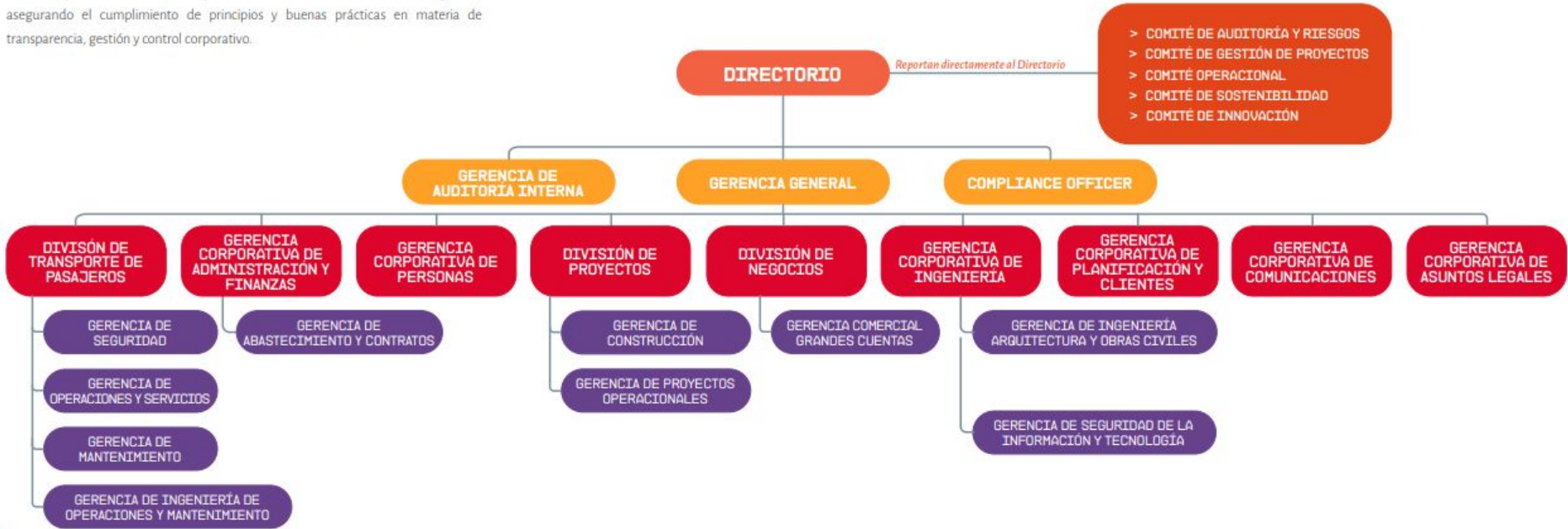
Talleres



Vías y Túneles

Red de Metro

asegurando el cumplimiento de principios y buenas prácticas en materia de transparencia, gestión y control corporativo.



Trabajadores



4.628
TRABAJADORES AL
CIERRE DE 2024

30,3%
MUJERES

1,23%
DE PERSONAS CON
DISCAPACIDAD

98%
TRABAJADORES
CON CONTRATO
INDEFINIDO

45%
HA ESTADO MÁS
DE 9 AÑOS CON
NOSOTROS

95%
CHILENOS

546
CONTRATACIONES

22%
CON TELETRABAJO
PARCIAL

97%
DE TRABAJADORES
CUBIERTOS POR
CONVENIOS DE
NEGOCIACIÓN
COLECTIVA

¿Cómo se mueven los trenes?

- Tracción eléctrica (barra guía o catenaria/pantógrafo)
- Rodadura de Acero (AS) ó Neumática (NS)
- Distintos grados de automatización en conducción (SACEM, CBTC)



Salida estación Vespucio Norte (L2)

¿Cómo se mueven los trenes?

CÓMO SON LOS NUEVOS CONVOCES

El primer tren NS 16 armado en los talleres del Metro, debuta en septiembre. Reemplazará a parte de la flota que opera hace cuatro décadas en la red.

EL TREN

Letrero informativo

Andén



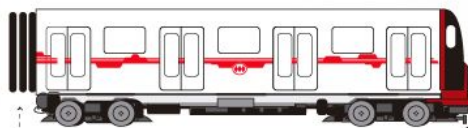
Capacidad de pasajeros

1.341

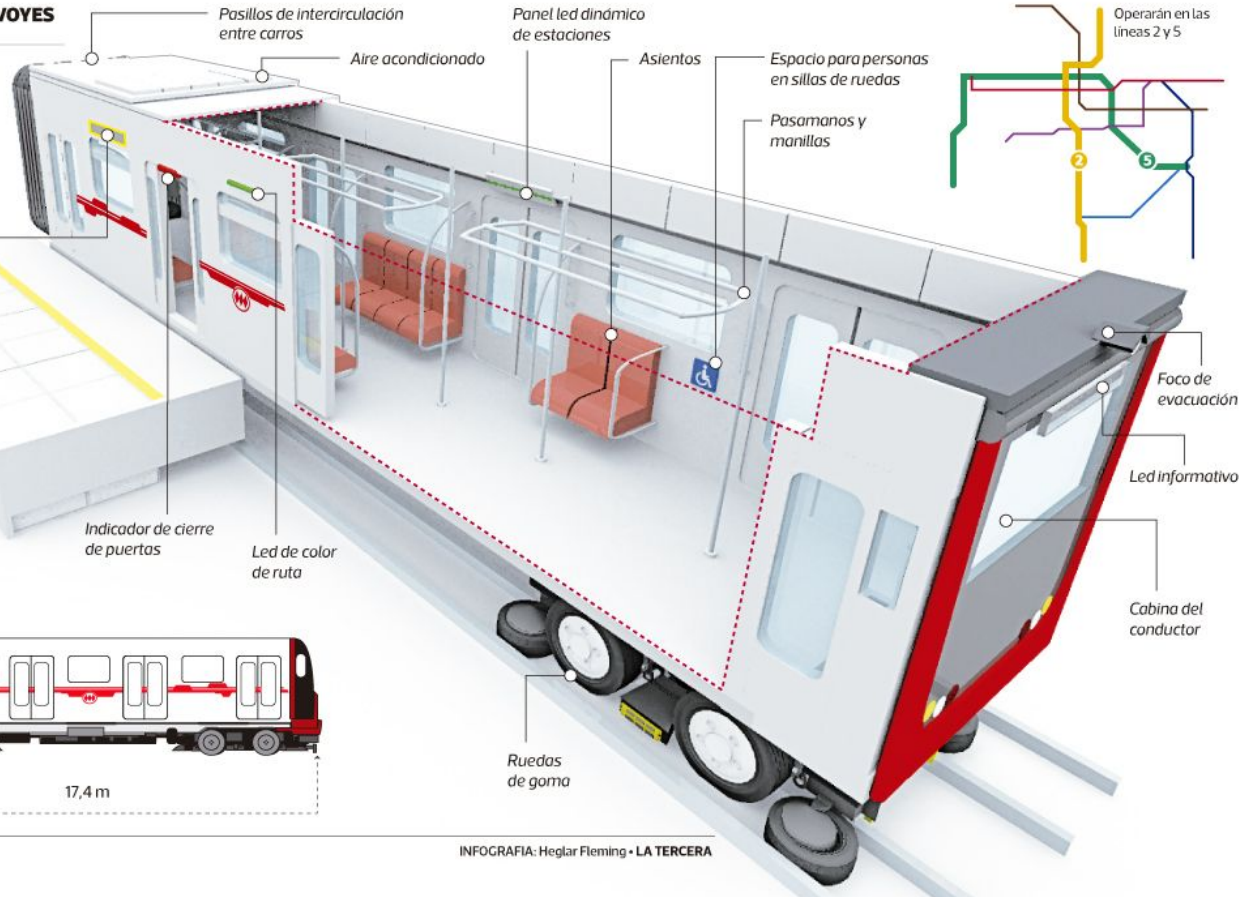
aproximadamente



2,6 m



17,4 m



¿Cómo se mueven los trenes?



¿Cómo se mueven los trenes?

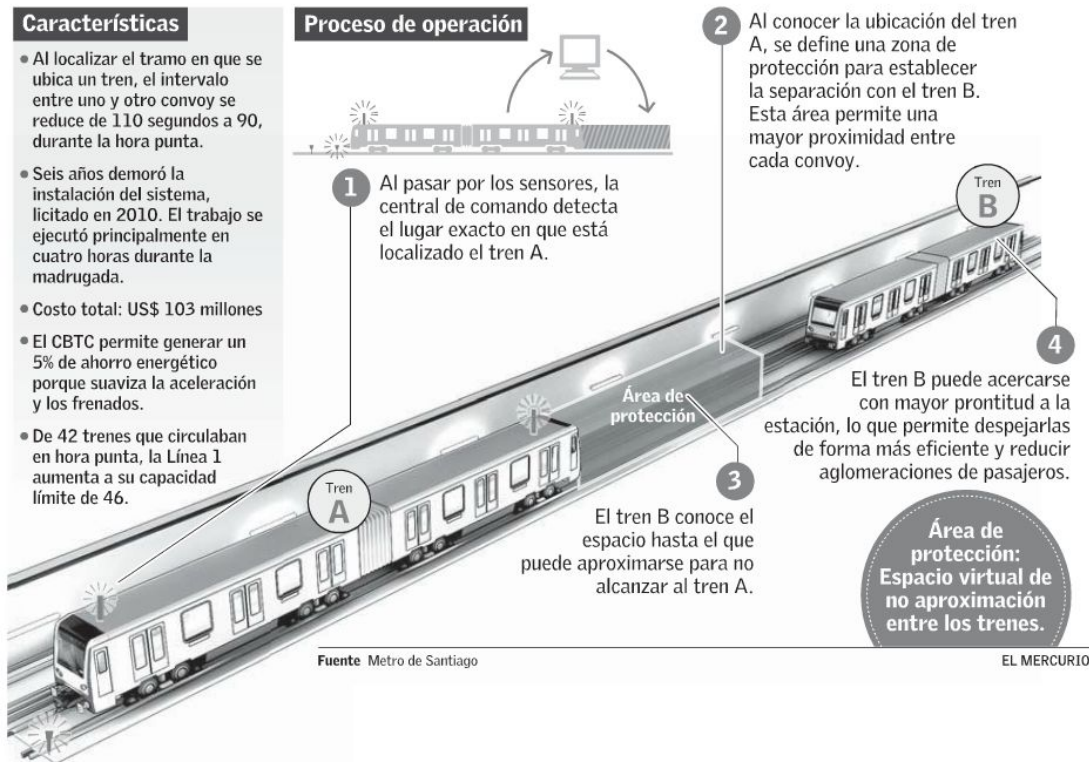
El funcionamiento del nuevo sistema de gestión

La tecnología CBTC permitirá reducir los intervalos y disminuir la frecuencia entre un tren y otro. Esto permitirá aumentar de 42 a 46 trenes la capacidad de la Línea 1.

Características

- Al localizar el tramo en que se ubica un tren, el intervalo entre uno y otro convoy se reduce de 110 segundos a 90, durante la hora punta.
- Seis años demoró la instalación del sistema, licitado en 2010. El trabajo se ejecutó principalmente en cuatro horas durante la madrugada.
- Costo total: US\$ 103 millones
- El CBTC permite generar un 5% de ahorro energético porque suaviza la aceleración y los frenados.
- De 42 trenes que circulaban en hora punta, la Línea 1 aumenta a su capacidad límite de 46.

Proceso de operación



Operación

- Centros de control separados
Líneas automáticas (3, 6) y
convencionales (1, 2, 4, 4A, 5)
- Control de oferta y monitoreo
de incidentes
- Opera todos los días del año
24/7



Puesto de comando central (PCC)
Líneas Convencionales (L1, L2, L4, L4A, L5)

Operación



NS07 durmiendo en Taller Neptuno



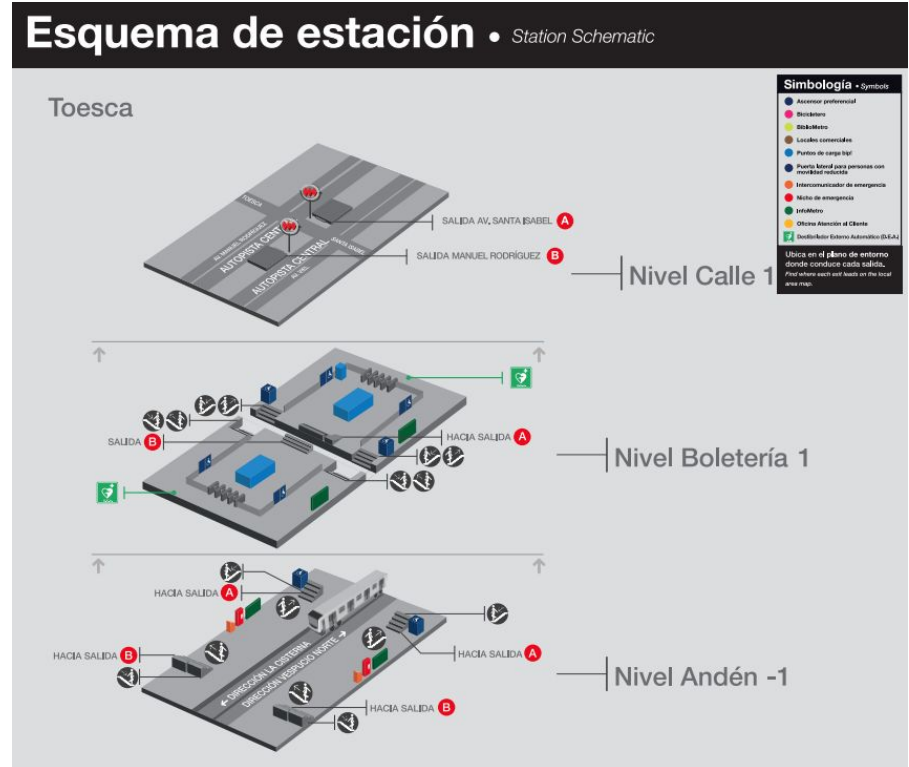
Testigo de señal en rojo
Estación Toesca



Bastidor de señalización en
Estación Manquehue

Estaciones

- Generalmente divididas en niveles de calle, **mesanina** y andén.
- **Servicios varios, bibliometro, cajeros, intermodalidad.**
- Cuentan con un jefe y personal de estación.
- Por ley, deben contar con **accesibilidad universal.**



Estaciones



Memoria Visual de una Nación - Mario Toral
MetroArte - Estación U. de Chile



Locales comerciales en dependencias de estaciones

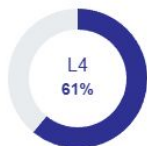
Estaciones



Mesana estación Quinta Normal L5

Estaciones - Desafíos

Estado de los ascensores y escaleras mecánicas del Metro de Santiago



Resumen General

Total Equipos

949

Funcionando

906

No Operativos

43

Escaleras Dañadas

18/458

Ascensores Dañados

25/491

Estaciones con Fallas

34/132

Filtros

Todos los tipos



Todas las estaciones



Todas las líneas



Todos los estados



Equipos no operativos por línea

Línea	Escaleras	Ascensores	Estaciones
L1	✓ 3/36 (8%)	✗ 1/87 (1%)	✗ 3/27 (11%)
L2	✓ 1/58 (2%)	✗ 6/89 (7%)	✗ 6/26 (23%)
L3	✓ 5/117 (4%)	✗ 2/74 (3%)	✗ 7/21 (33%)
L4	✓ 3/71 (4%)	✗ 8/81 (10%)	✗ 9/23 (39%)
L4a	✗ 0/8 (0%)	✗ 3/27 (11%)	✗ 3/6 (50%)
L5	✓ 3/94 (3%)	✗ 4/95 (4%)	✗ 4/30 (13%)
L6	✓ 3/74 (4%)	✗ 1/38 (3%)	✗ 4/10 (40%)

Estaciones - Desafíos

NACIONAL

Metro de Santiago implementa nuevas medidas contra el comercio ambulante: prohibirán el ingreso de carros

Fue ministro de Transporte, Juan Carlos Muñoz, quien señaló que la reunión sirvió para evaluar y analizar “darle más atribuciones a metro para enfrentar el comercio ambulante”.



Por Javiera Arriaza

15 MAYO 2025



Estaciones - Desafíos





Departamento de Ingeniería Civil
Universidad de Chile

CI6318
Proyecto de Gestión de Metros y
Ferrocarriles
Semestre Primavera 2025

Auxiliar 1

Pablo González Aguilera
Correo: pablo.gonzalez.6@uchile.cl