ONU medio ambiente

REGATTA
Portal Regional para la Transferencia de Tecnología y la Acción frente al Cambio Climático en América Latina y el Caribe

CTCN
CLIMATE TECHNOLOGY CENTRE & NETWORK

PRESENTAN:


move
movilidad eléctrica en latinoamérica

Análisis de rutas del transporte público potenciales a electrificar en Santiago de Chile

Centro Mario Molina
Investigación & desarrollo

Santiago, 18 de Abril de 2018

Marcela Castillo

Contexto ¿Porqué movilidad eléctrica en el Transporte público?

- Eficiente energéticamente (bajos costos de energía)
- Sus altas tasas de uso (km/año) permiten un plazo de recuperación más rápido
- Tiene parámetros de operación conocidos (KPI):
    - Longitud de rutas
    - Frecuencia/horarios
    - Rangos de operacion

- Confort a los pasajeros e innovación en los servicios
- Reduccion de contaminación acustica
- Cero emission de contaminantes locales

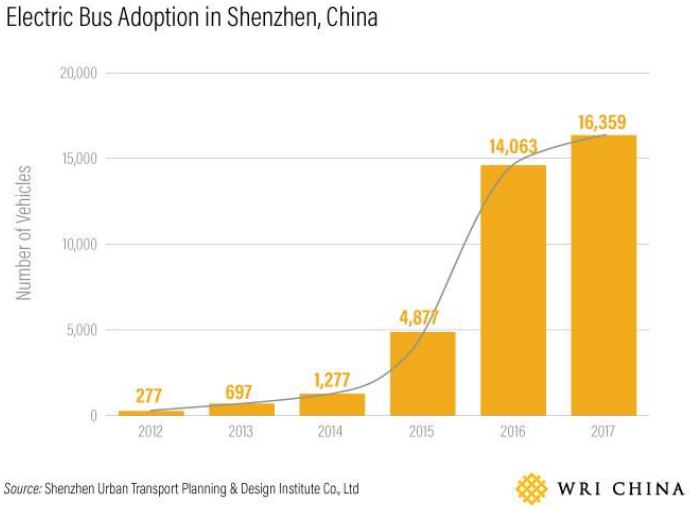
Reconocer la complejidad de una ciudad en desarrollo

Experiencia internacional:

Shenzen, China:

16.000 buses eléctricos.
Ciudad con 12 millones de habitantes

- Financiamiento y operación a través subsidios locales y nacionales (más del 50% del $)
- Arrendamientos para reducir costos iniciales
- Optimación de la operación y recarga
- Garantía de por vida de las baterías





CMM Investigación & desarrollo

Reconocer la complejidad de una ciudad en desarrollo



Proyecto Zero Emission Urban Bus System (ZeEUS, 2013-2018),
10 proyectos demostrativos,

- Extender e-buses
- Evaluar económica, social y medioambientalmente los sistemas de e-buses
- Facilitar al mercado la adopción de e-buses
- Apoyar a los tomadores de decisiones con guías y herramientas

Se han compilado las estrategias de varias ciudades europeas para la introducción de autobuses eléctricos en los próximos años.
Cerca de 25 ciudades tienen una estrategia publicada hasta 2020.
debería haber más de 2,500 autobuses eléctricos operando en las ciudades relevantes, lo que representa el 6% de su total flota de 40,000.

Reconocer la complejidad una ciudad en desarrollo

¿Cómo son las operaciones reales de las rutas y flotas eléctricas?
¿Cuáles son los costos totales del sistema, sin subsidios?
¿Qué rutas electrificar cuando existe alta una demanda del sistema de transporte público?

Desarrollo de un proyecto pionero en
una ciudad en desarrollo con una visión de sistema

Contexto, Sistema de transporte

Gran Santiago:

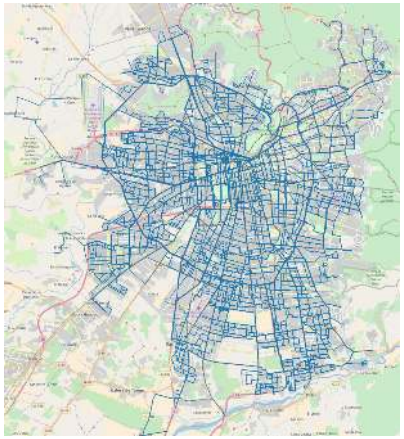
- 6 millones de habitantes
- 1100 km2
- Altitud media de 550 m.s.n.m (480-800)

Tranporte público pre Transantiago (2006)

- 8000 buses diesel
- 314 rutas
- 3000 micro-empresarios agrupados en 120 organizaciones
- S/I de km/año

Transantiago (2007- a la fecha)*

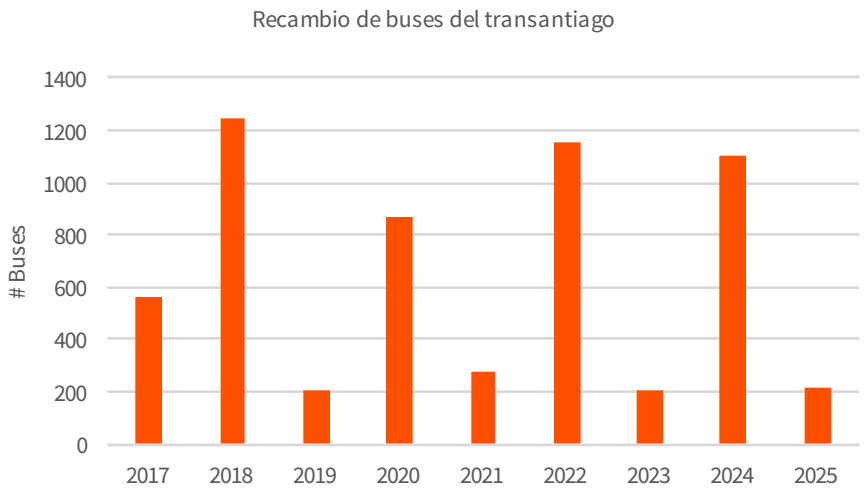
- 6600 buses diesel
- 400 rutas aprox
- 7 empresas concesionarias
- 3 millones de transancciones/día
- 450 millones de kilómetros/año

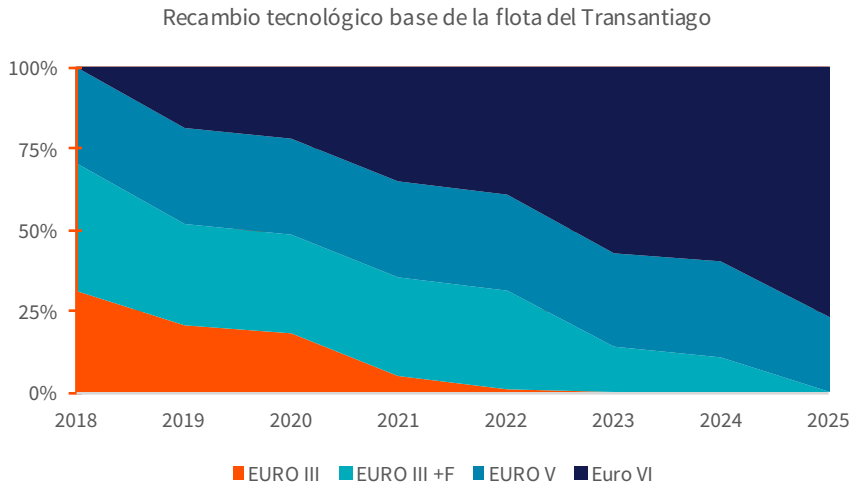




* Informe de gestion 2017

Contexto, tecnología de buses





	2012 Inventario oficial	Flota 100% Euro VI
NOx (ton/año)	4.500	282
MP (ton/año)	60	20
CO2 (Ton/año)	447.739	539.855

CMM Investigación & desarrollo

Aceleración del despliege eléctrico, Consorcio Público-Privado

Establecido bajo el proyecto de Bienes Públicos Estratégicos de Alto Impacto Para la Competitividad de CORFO.

El Proyecto Consorcio Tecnológico para la Promoción de la Electromovilidad ha **creado mejores condiciones para el despliegue de los buses eléctricos en Transantiago**:

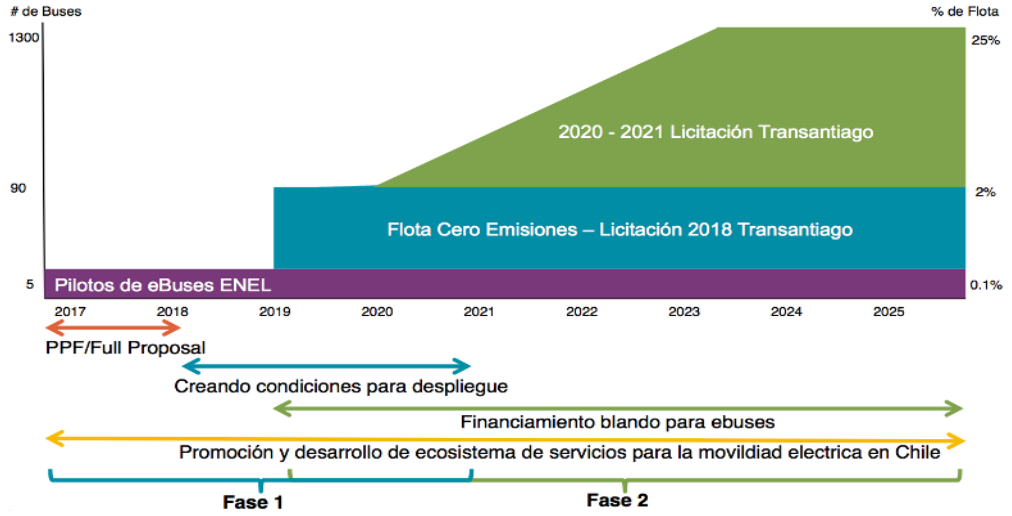
- Caracterización, identificación y diseño de los recorridos con mayor potencial de éxito para el despliegue de la tecnología,
- Definición y gestión de una solución que permite resolver los problemas de financiamiento de mediano plazo,
- Una propuesta de una plataforma de innovación que permita la colaboración público–privada para generar condiciones para la operación comercial de los servicios de buses eléctricos.

Estas acciones se han ordenado bajo una estrategia que permite coordinar las necesidades de **información** con la operación de proyectos demostrativos, pilotos y los **futuros procesos de licitación** de operadores de transporte público, apuntando a un **despliegue** progresivo que **minimice los riesgos.**



Aceleración del despliege eléctrico: Proyecto al Fondo Verde del Clima

Transformar el sector transporte en Chile acelerando la adopción de modos de transporte urbano cero emisiones en Santiago. **El enfoque del proyecto es el transporte público como motor de la movilidad eléctrica en Chile**, enmarcado dentro de una estrategia más amplia para habilitar el ecosistema de movilidad eléctrica a nivel nacional. El proyecto en sí tiene como objetivo **que al menos el 25% de la flota de Transantiago este compuesta por buses eléctrico de batería (BEB) para el 2025**



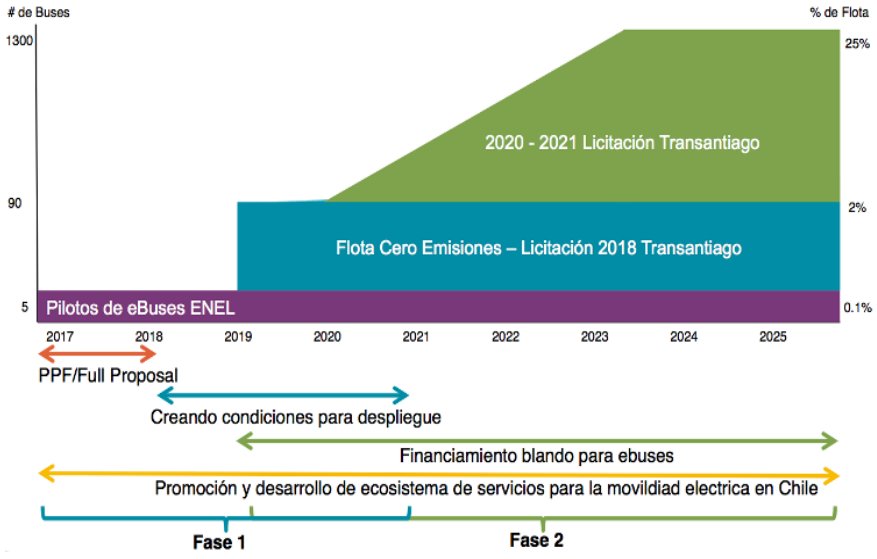
CMM Investigación & desarrollo

Aceleración del despliege eléctrico: Actividades para la preparación del proyecto al Fondo Verde del Clima

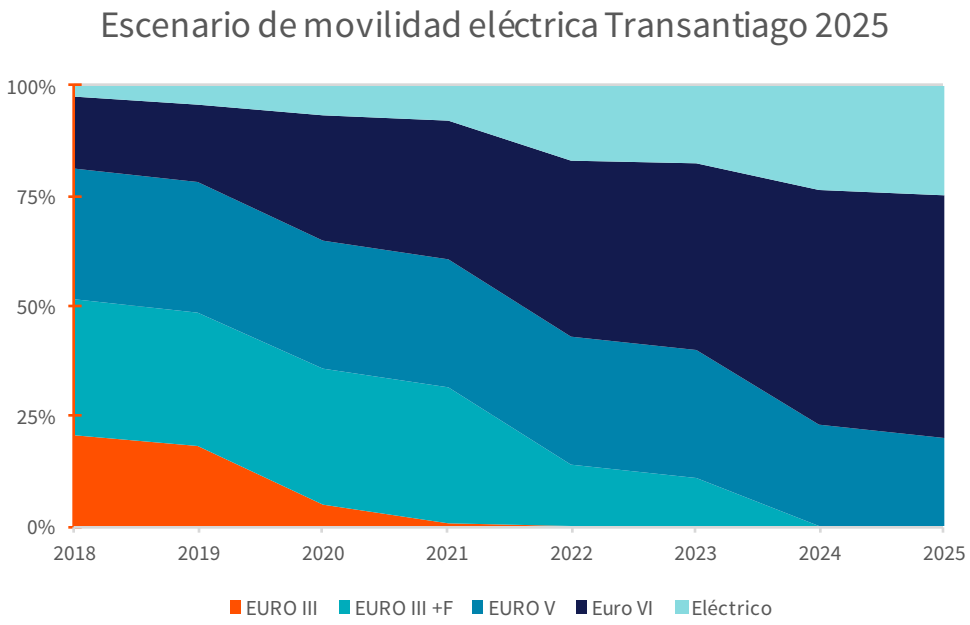
Analizar y mitigar las barreras para el despliegue de e-buses
Evaluación de las condiciones de operación de e-buses en Santiago
Planificación de rutas para e-buses y la correspondiente infraestructura de carga
Creación de capacidades para los operadores del Transantiago
Desarollo de una plataforma de innovación
Evaluación de impacto económico, ambiental y social
Definir los instrumentos financieros y la estructura para el programa de préstamos

Aceleración del despliege eléctrico: Fases del proyecto al Fondo Verde del Clima

Fase 1: Crear las condiciones para el despliegue de la movilidad eléctrica	Fase 2: Financiamiento de flota cero emisiones para el sistema de transporte público de Santiago
• Implementar proyectos pilotos y de demostración • Diseñar rutas e-buses • Planificar redes de recarga • Crear capacidades para operadores • Adaptar la estructura de costo para e-buses • Adaptación tarifaria y estructura de subsidios para e-buses • Desarrollo de un ecosistema de Mercado para los proveedores de servicios de transporte	• Romper las barreras comerciales y financieras para las flotas cero emisiones en el transporte público • Préstamos blandos a largo plazo a operadores de Transantiago para cubrir el costo adicional de compra de un e-bus



Aceleración del despliege eléctrico



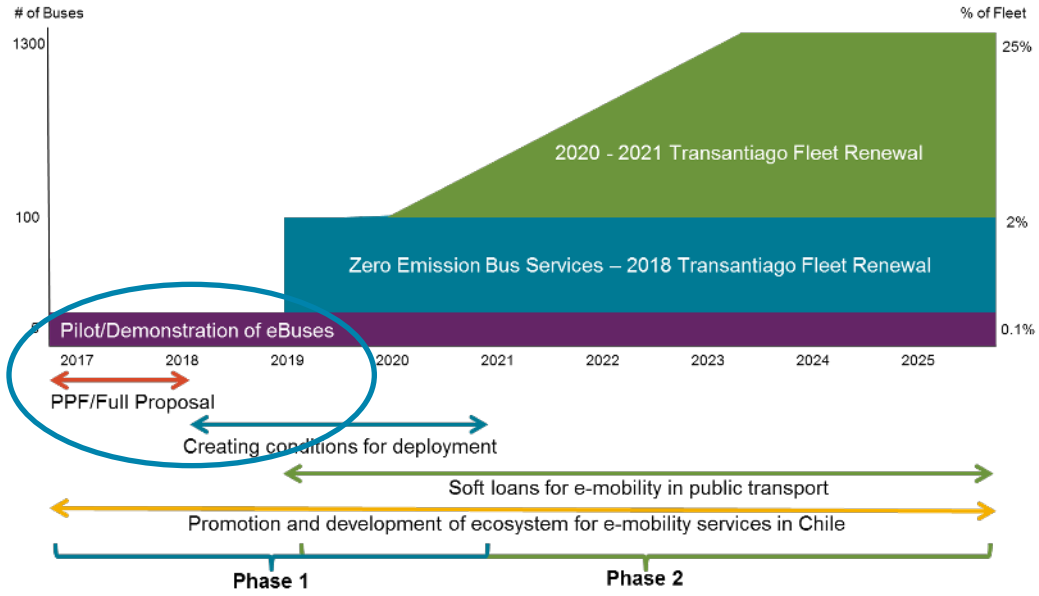
Toneladas evitadas de contaminantes 2018-2025:

477.600 Ton CO_2
381.000 m^3 diesel
33 ton MP
505 Ton Nox

* Considerando una flota 100% Euro VI!!

Objetivo

- Identificar los recorridos de Transantiago con mayor potencial de ser electrificados exitosamente **para facilitar los proyectos** demostrativos y pilotos a realizarse en **Santiago entre el 2017 y el 2019**



Principios

Identificar recorridos con alto potencial de éxito en el cumplimiento de los siguientes principios:

Productividad: que el tamaño de la flota y el número de conductores no se aumenten al electrificarse y que los costos no se incrementen significativamente.

Operación: que los buses eléctricos puedan operar con estándares de frecuencia y regularidad similares a los buses diésel. En Transantiago se exige un indicador mínimo de 90% de frecuencia y un 80% para regularidad.

Confiabilidad: El sistema integrado de buses y puntos de recarga debe operar con una confiabilidad similar a los buses diésel actuales.

Barreras informativas:

- ¿Cómo la **recarga puede afectar la operación** de los servicios de buses en términos de sus indicadores claves de operación, como disponibilidad de buses, frecuencia y regularidad?

- ¿Qué tan grandes son las **diferencias en el comportamiento** de la tecnología entre diferentes recorridos y servicios de Transantiago considerando la gran variedad que existe en Santiago, por ejemplo, en longitudes, frecuencias de operación, y pendientes?

- ¿Cuáles son los **costos de operar** servicios de Transantiago con distintas tecnologías de buses?

- ¿Cómo pueden **afectar imprevistos**, como fallas en cargadores?

Evaluación de dos tecnologías de buses eléctricos: Carga en depósito y Carga oportunidad



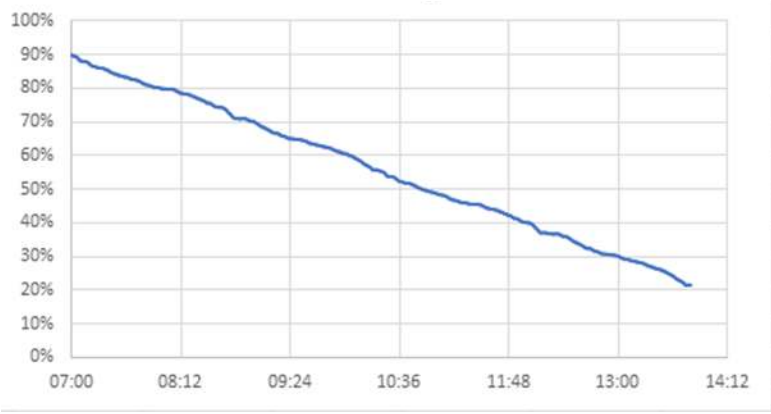


Ambas tecnologías tienen distintas implicancias operacionales y de infraestructura, y presentan diferencias importantes respecto de la operación de servicios con buses diésel.

Carga en depósito

- Combina un **pack de baterías grande** de más de 250 kwh con un sistema de recarga de baja potencia, de menos de 80 kw.
- **La carga es lenta** y arde entre 4 y 6 horas para estar nuevamente operativo.
- Puede **operar como un bus diésel** sin necesidad de recarga durante la operación, pero está limitado por la energía que puede cargar durante la noche.
- La autonomía depende del consumo de energía del recorrido en que opera, pero no excede los 200 km diarios.
- **Mayor costo** debido a la inversión en un gran pack de **baterías.**

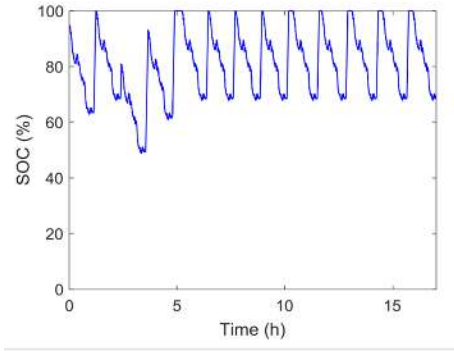




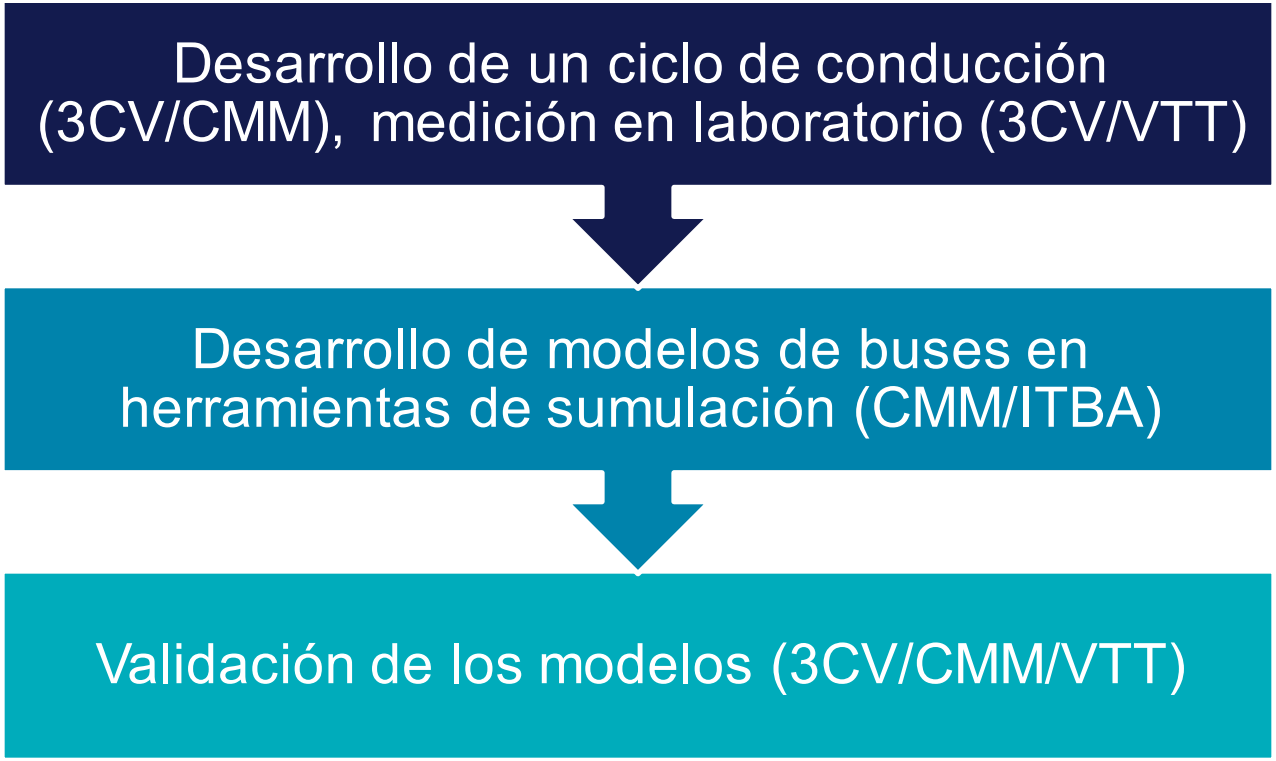
Carga de oportunidad

- Carga de oportunidad es una tecnología que combina un bus **con baterías pequeñas y de carga muy rápida**, que deben ser recargadas **frecuentemente** durante el día.
- Comúnmente **baterías de Litio Titanio de menos de 80 kwh** de capacidad y **cargadores de alta potencia**, de más de 300 kw.
- Permiten una **operación continua durante el día** pero necesita que el bus recargue frecuentemente, lo que requiere un diseño preciso del servicio para evitar interferencias en la operación.
- **Menor costo** porque se reduce la inversión en **baterías**.



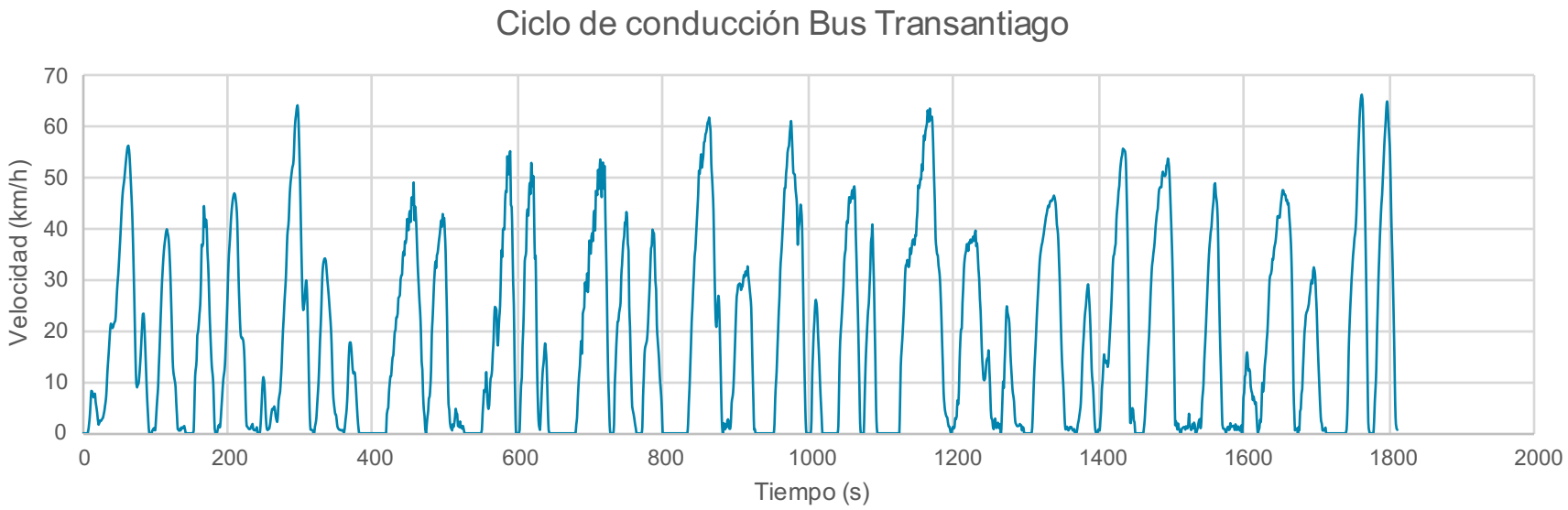


Desarrollo de modelos de buses eléctricos



Desarrollo de modelos de buses eléctricos (1/5)

Ciclo de conducción representativo de un bus del Transantiago

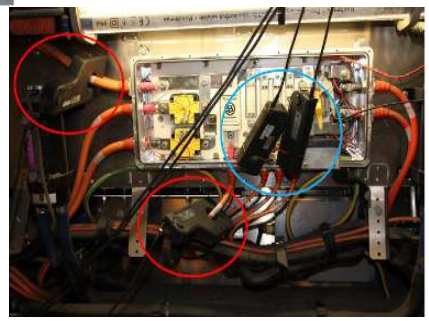


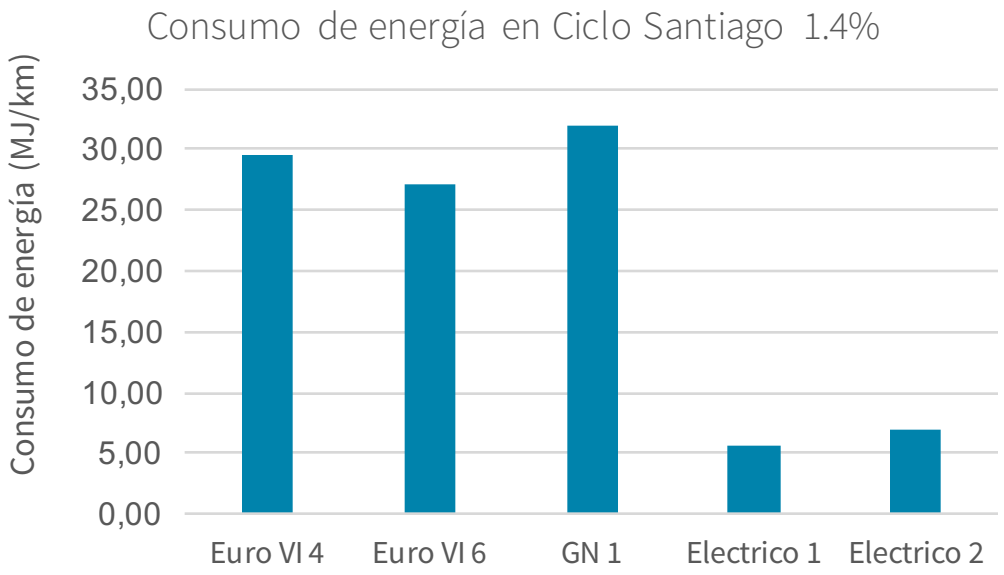
Desarrollo de modelos de buses eléctricos (2/5)

Ciclo de conducción representativo de un bus del Transantiago,

- Medición de distintas tecnologías de buses en laboratorios del VTT y 3CV







CMM Investigación & desarrollo

Desarrollo de modelos de buses eléctricos (3/5)

El CMM **desarrolló, junto con al ITBA, modelos de buses para simular el consumo de energía** con Autonomie, una herramienta avanzada de simulación de vehículos que evalúa –entre otros parámetros- el rendimiento del bus.



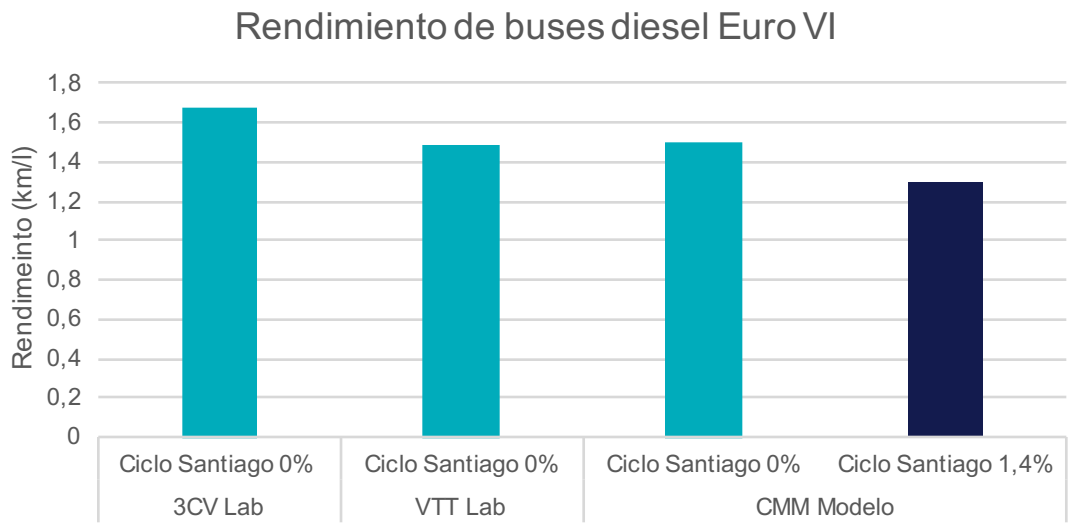
Desarrollo de modelos de buses eléctricos (4/5): Parámetros de Buses modelados

Tipo de Bus	Carga oportunidad	Carga en depósito
Capacidad de batería (kWh)	63	324
Masa (kg)	10385	13300
Carga de pasajeros (kg)	0-5600	0-5770
Potencia nominal del motor (kW)	130	150
Velocidad nominal del motor	1600	4200
Eficiencia de la batería	90%	95%

Desarrollo de modelos de buses eléctricos (5/5)

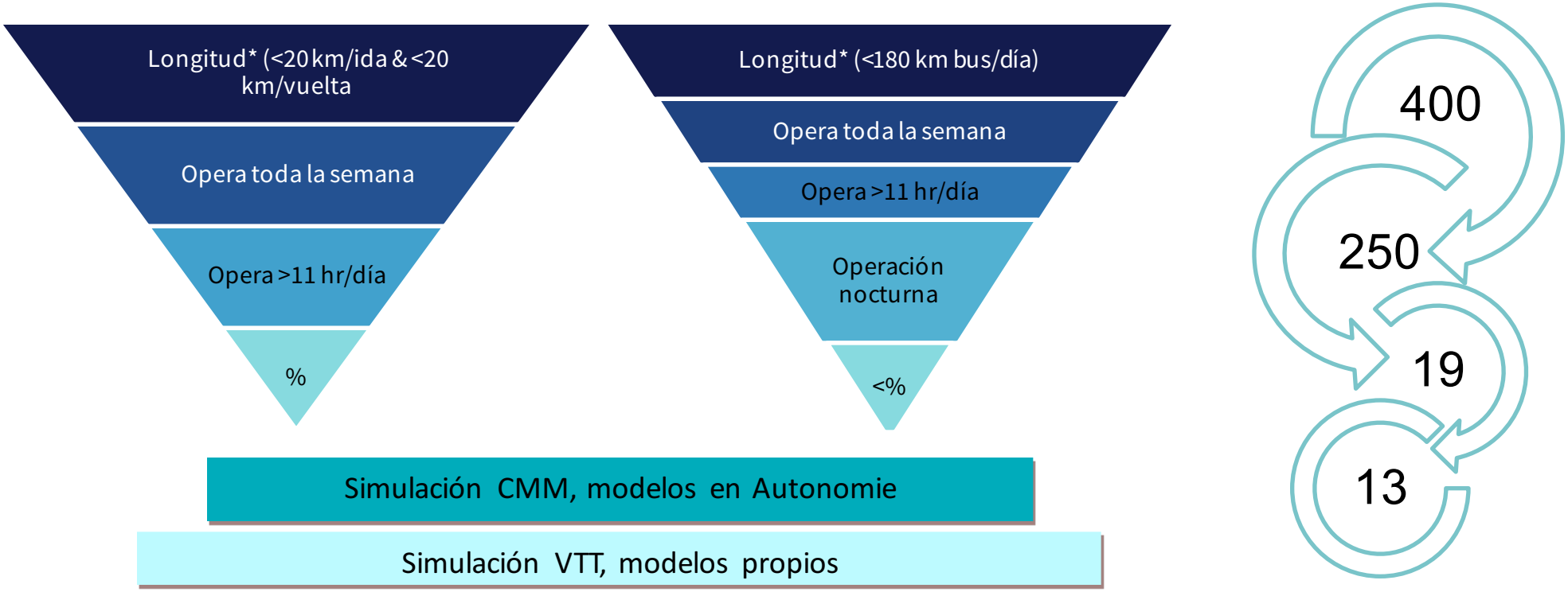
Comparación laboratorios/modelos

El bus simulado reproduce correctamente el ciclo de Santiago.



CMM Investigación & desarrollo

Identificación y diseño de recorridos de Transantiago con mayor potencial de ser electrificados*

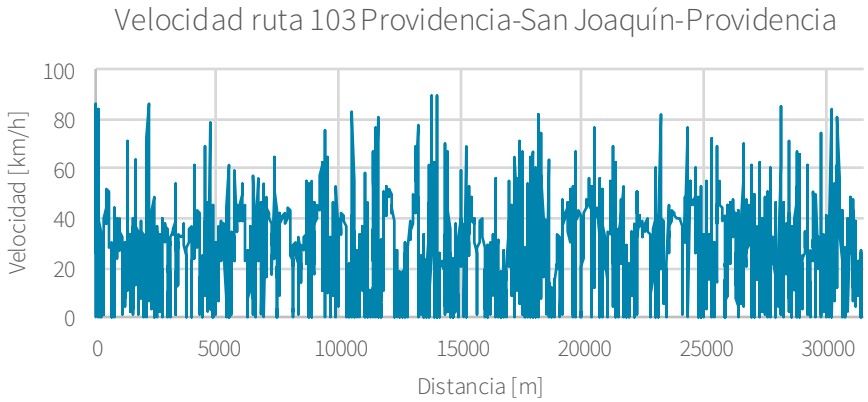


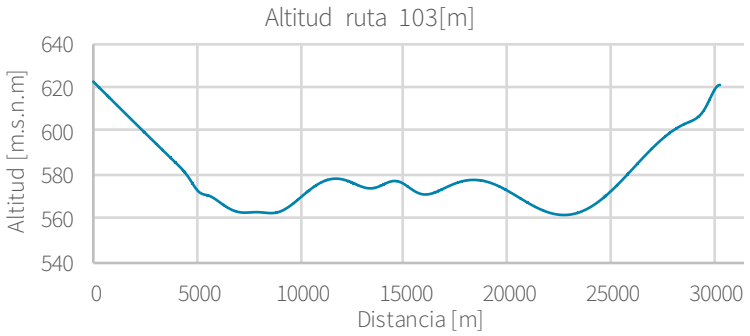
CMM Investigación & desarrollo

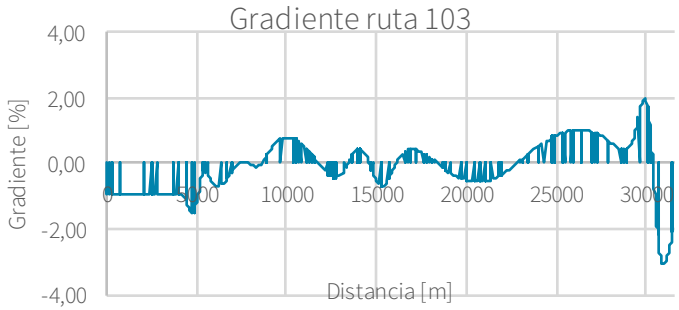
* Rutas que se licitaran el 2018 (UN, 1,4,6,7,8,9)

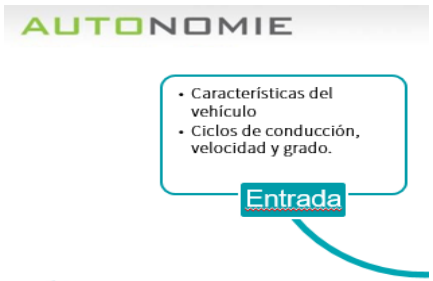
Identificación y diseño de recorridos de Transantiago con mayor potencial de ser electrificados (1/5)

Datos de entrada para la estimación de consumo de energía en Autonomie, ejemplo ruta 103



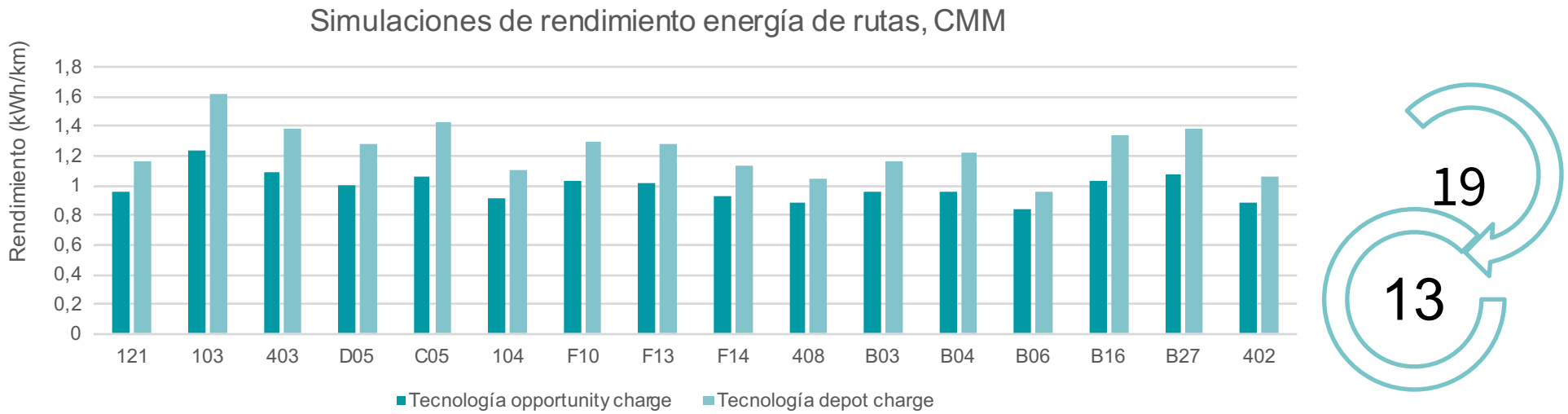






CMM Investigación & desarrollo

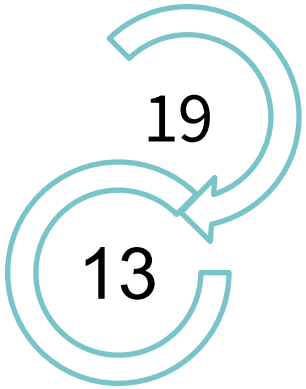
Identificación y diseño de recorridos de Transantiago con mayor potencial de ser electrificados (2/5)



*El gráfico es solo referencial , ya que promedia los rendimientos de ambos sentidos de la ruta

Identificación y diseño de recorridos de Transantiago con mayor potencial de ser electrificados (3/5)

UN 2018	Recorrido	kilometraje hasta un 20% apróx. de batería	Vueltas	Minutos de carga	Baja frecuencia en terminal
1	121	197	5.5	0:02:55	✓
4	103	141	5	0:02:59	✓
	403	155	4.5	0:03:14	X
	D05	186	5.5	0:02:52	X
6	C05	153	5	0:02:49	X
7	104	215	5.5	0:03:05	X
	F10	183	6.5	0:02:30	X
	F13	172	5	0:03:00	X
	F14	211	7	0:02:24	✓
8	408	249	10.5	0:01:45	X
	B03	240	7.5	0:02:41	X
	B04	207	10.5	0:01:38	✓
	B06	251	7.5	0:02:25	✓
	B16	185	10.5	0:01:33	✓
	B27	150	6	0:02:17	✓
9	402	236	8	0:02:14	✓



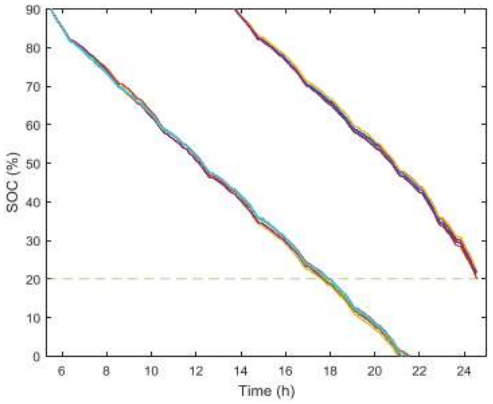
Se estimó el kilometraje y las vueltas máximas al día, en nivel de frecuencia, el tiempo de recarga.

Se seleccionaron 11 rutas (CMM y DPTM), adicionando las rutas 105 y 428c

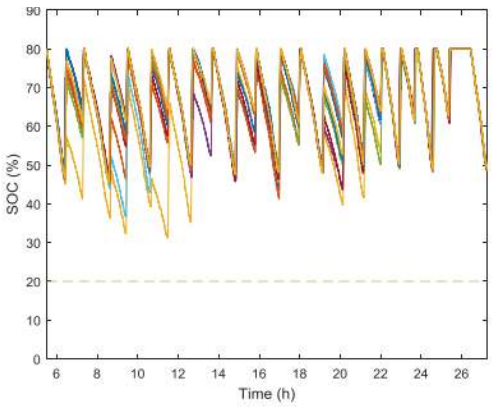
Identificación y diseño de recorridos de Transantiago con mayor potencial de ser electrificados (4/5)

El VTT realizó simulaciones por cada ruta bajo diferentes condiciones ambientales y de de tráfico

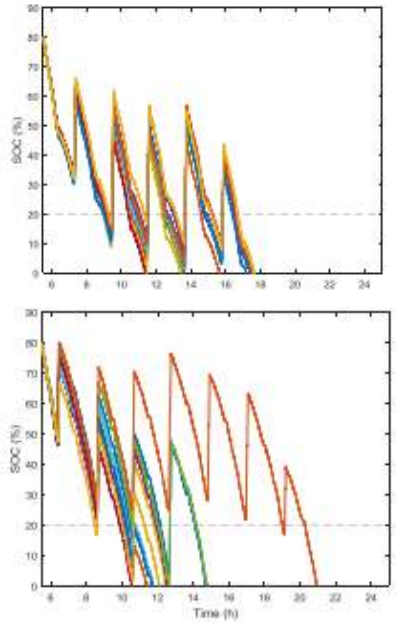
B03, depot charge



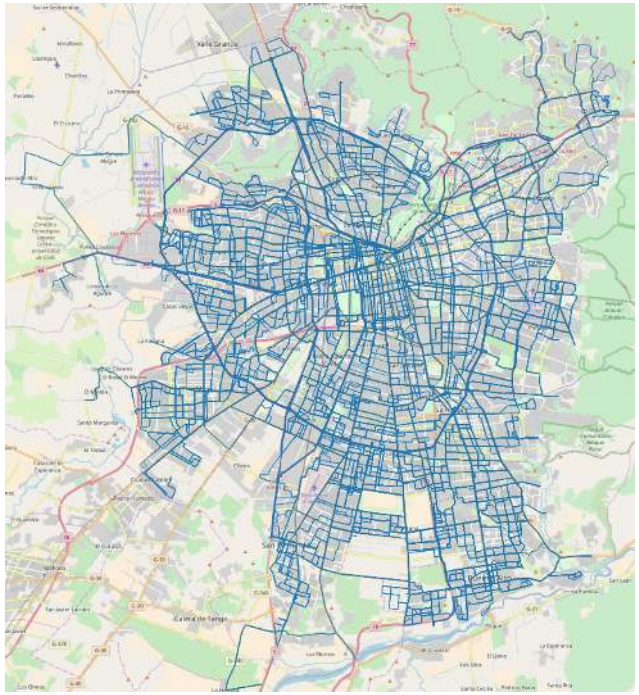
B03, opportunity charge

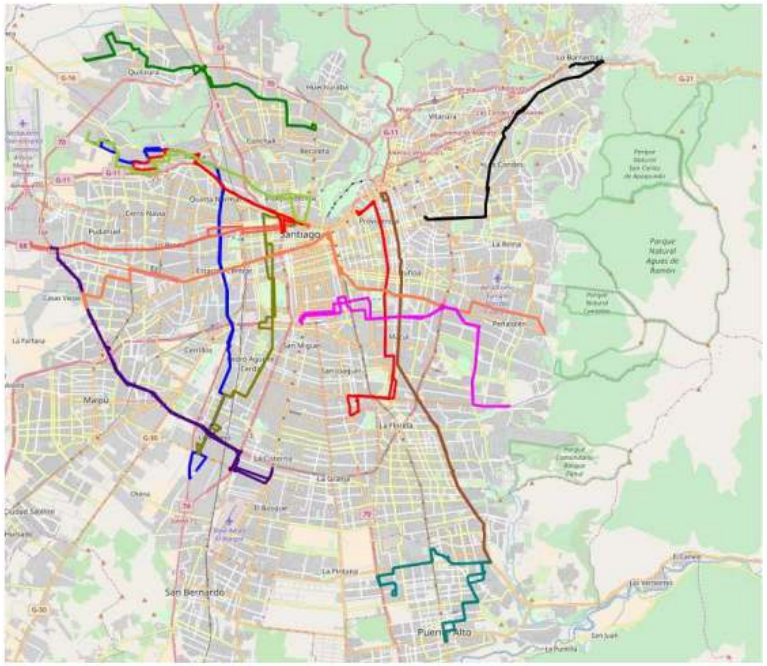


B03, opportunity charge con falla de cargador



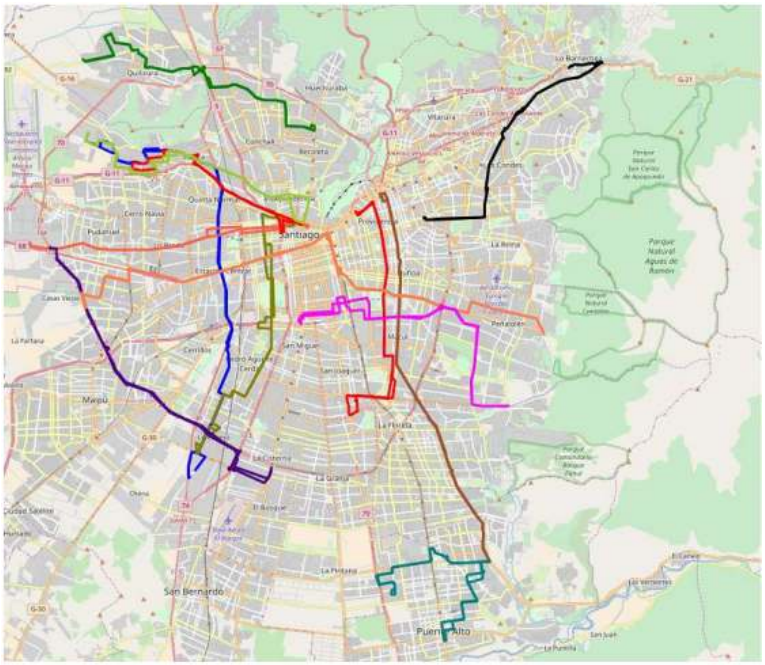
Evaluación de rutas con mayor portencial de ser electrificadas





Oportunidad/Depósito

Evaluación de rutas con mayor portencial de ser electrificadas



- Los servicios con mayor potencial son aquellos con recorridos más cortos y con frecuencias de buses por hora no muy altas,
- Están ubicados preferentemente en las zonas más planas de la ciudad (Poniente-Centro, Norte-Sur).
- Los buses con carga en deposito son muy recomendables en cinco de los diez servicios analizados, principalmente porque estos son recorridos más cortos y su autonomía les permitiría operar durante gran parte del día.
- Los buses de carga de oportunidad son muy recomendables en dos de los servicios analizados porque sólo en ellos podrían seguir operar en el evento de una falla grave de un cargador (se considera un cargador cada extremo de los servicios operando con estas tecnologías). Para los demás servicios operando con carga de oportunidad se puede mitigar este riesgo instalando un cargador extra de respaldo

Discusión y recomendaciones para próximas etapas

- Desarrollar una visión sistémica de servicios eléctricos (flota de buses con sus cargadores)
- Se está terminando el análisis de los Costos totales de Propiedad (TCO), para realizar las recomendaciones de rutas de manera integral
- Flotas con buses con carga oportunidad: alta sensibilidad al funcionamiento de los cargadores y pantógrafos
- Flotas con buses con cargas en depósitos: Con la carga nocturna un bus no podría operar durante todo el día.
- Importancia de considerar variables operacionales y geográficas
- Necesidad de verificar las condiciones modeladas a través pilotos de rutas recomendadas