

CICLO DE JORNADAS VIRTUALES

SESIÓN 4:

ASPECTOS OPERACIONALES, MANTENIMIENTO Y POSTVENTA DE AUTOBUSES ELÉCTRICOS

Diciembre 2020

Gianni López, Director, CMM Chile

CICLO DE JORNADAS VIRTUALES

FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES PARA LA TRANSICIÓN HACIA EL TRANSPORTE PÚBLICO ELÉCTRICO

AGENDA DE LA SESIÓN

Aspectos operacionales, de mantenimiento y post-venta de autobuses eléctricos

Contenidos

Exigencias normativas, contratos y garantías

- Prestaciones mínimas de los vehículos
- Degradación máxima de baterías
- Protocolos de carga y comunicaciones

Experiencia operativa

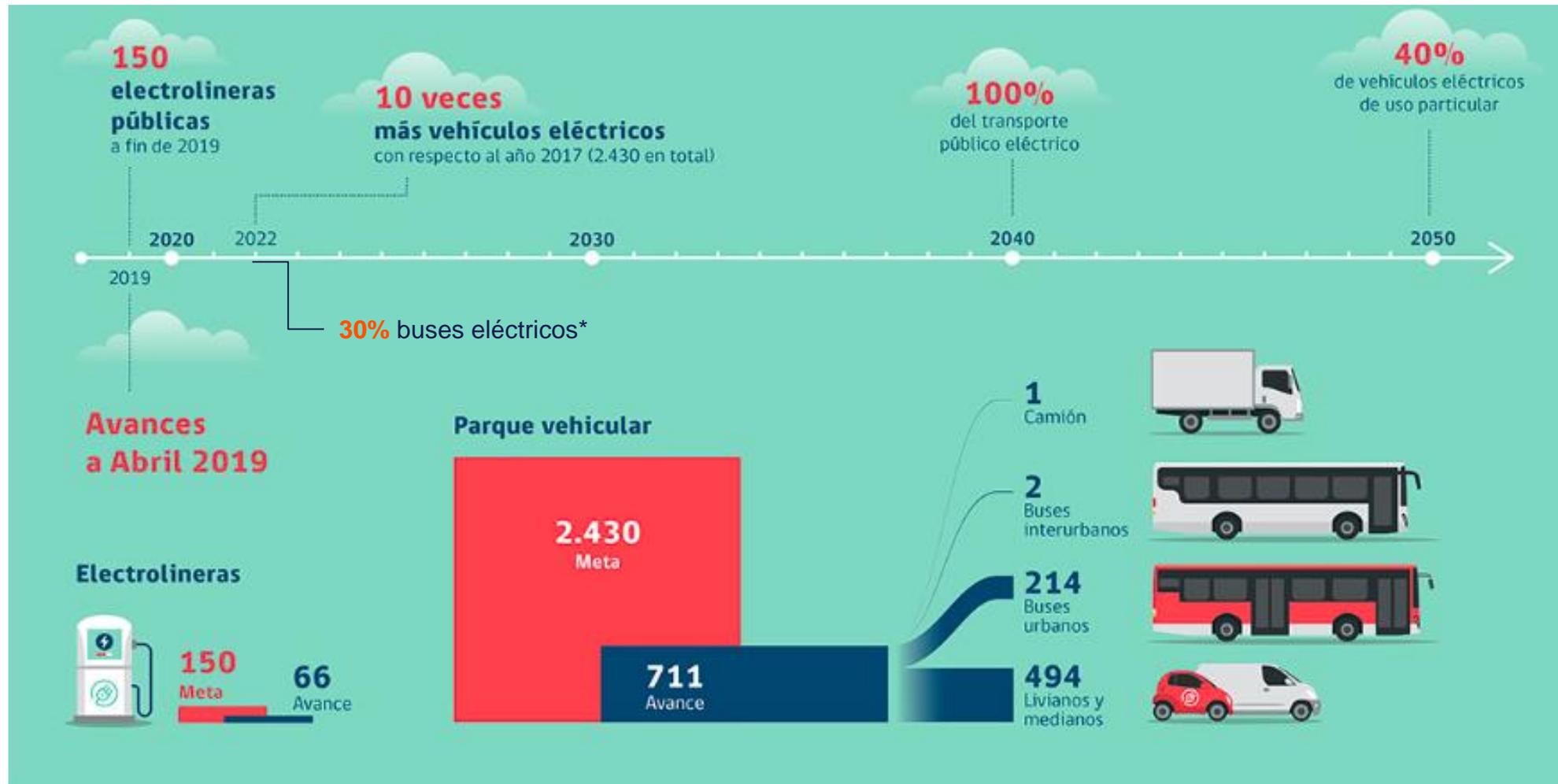
- Respuesta del mercado de buses
- Soluciones de carga
- Resultados operacionales

Chile ha tenido un enfoque histórico en mejorar la tecnología de su transporte - en particular el público



Año	Contenido de azufre en diesel (ppm)	Estándar de Emisión (Norma D.S.130/94 MTT)
1990	5000	N/A
1994	3000	N/A
1997	1000	N/A
2002	300	Euro III/EPA 98
2006	50	Euro III Avanzado / EPA 98
2010	50	Euro III Avanzado + DPF / EPA 98 + DPF
2012	15	Euro V / EPA 2004 + DPF
2016	15	Euro V / EPA 2007 + DPF
2018	15	Euro VI / EPA 2010

Metas del Ministerio de Energía (Chile) para electromovilidad al 2050 (livianos y buses urbanos)



Pilotos de buses eléctricos comenzaron en el 2013 – Santiago punto de entrada para tecnología eléctrica en buses urbanos



Redbus Urbano
by transdev

transdev
the mobility company

Procesos de licitación y renovación de flota prevista para RED Metropolitana de Movilidad

PROCESOS DE LICITACIÓN

2018 - 2019

Actual Proceso de Licitación



4 unidades actuales

~50% del Sistema

3.200 buses

2020 - 2022

Próximos Procesos



3 unidades actuales

~50% del Sistema

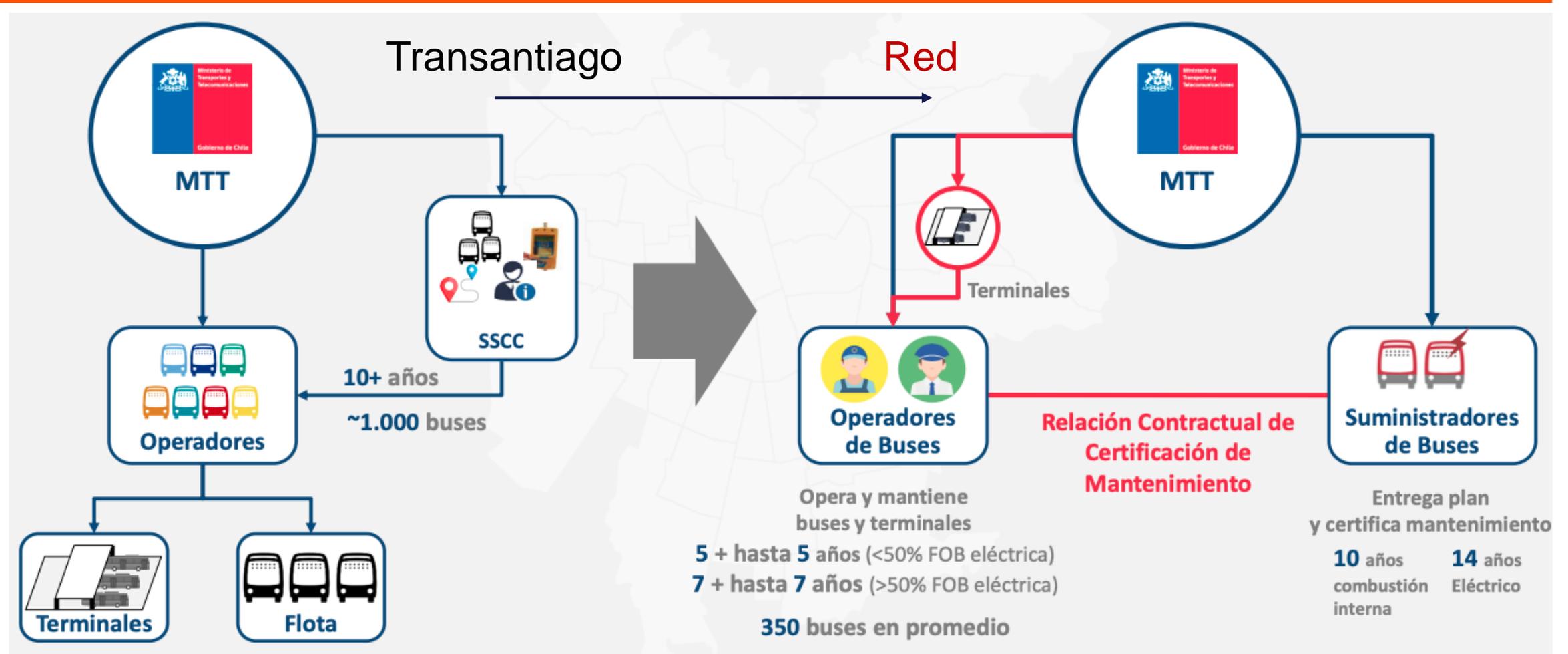
3.500 buses

Servicios Complementarios



- Se espera una renovación total más cercana al 70-80% al 2022
- Declaraciones recientes apuntan a un 30% de esta flota como eléctrica, el resto Euro VI

Licitación permite cambios de modelos de operación para incrementar competencia y eficiencia del sistema



Buses eléctricos en Santiago de Chile- Exigencias normativas, contratos y garantías

- Prestaciones mínimas de los vehículos
- Degradación máxima de baterías
- Protocolos de carga y comunicaciones

Buses eléctricos

Permiten ventajas sustantivas en costos de mantención y operación, con grandes beneficios ambientales y de confort para los usuarios.

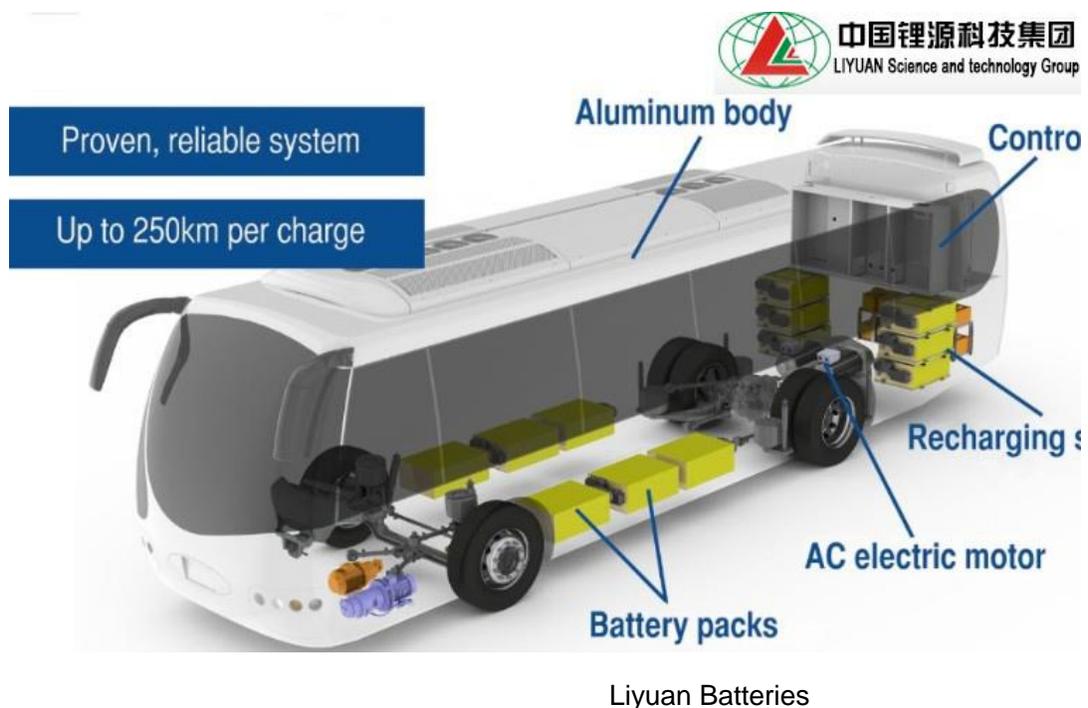
Las baterías son el componente principal del tren de potencia, y determinan las prestaciones principales del bus, tales como la autonomía y disponibilidad del bus, incidiendo además en el peso y el precio del vehículo. Su degradación tiene incidencia en el largo plazo en la operación del vehículo.

Además, el almacenamiento de gran cantidad de energía implica nuevos requerimientos de seguridad, tanto en la fabricación como carga y manipulación del vehículo.

También se requiere una integración efectiva entre los vehículos y la red de cargadores disponibles, permitiendo una inter - operatividad que permita la mayor eficiencia en el proceso de recarga de los buses.

Por las razones anteriores las normativas técnicas deben ser complementadas con aspectos relacionados directamente con los buses eléctricos.

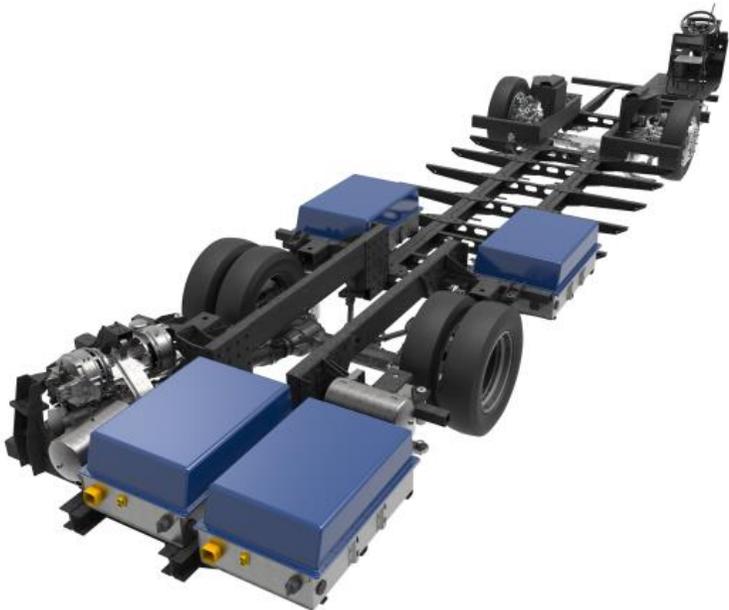
Componentes de un bus eléctrico



Generales	Pesos	
	Cargas	
	Dimensiones	
Chasis	Exigencias generales	
	Frenos	
	Llantas	
	Sistema eléctrico de servicio	
	Suspensión neumática	
Carrocería	Exigencias estructurales	
	Corrosión	
	Capacidad de pasajeros	
	Requisitos respecto de sillas	
	Habitaculo del conductor	
	Puertas	
	Ventanas y escotillas	
	Asideros	
	Revestimiento interior	
	Iluminación	
	Aislación	
	Extintores y botiquines	
	Rampa de acceso	
	Tren de potencia	Prestación mínima de aceleración
		Norma de emisión
Caja automática		
Retardador		
Comunicaciones	Avisos de ruta	
	Dispositivo de control	

Requerimientos sobre las prestaciones mínimas de los vehículos

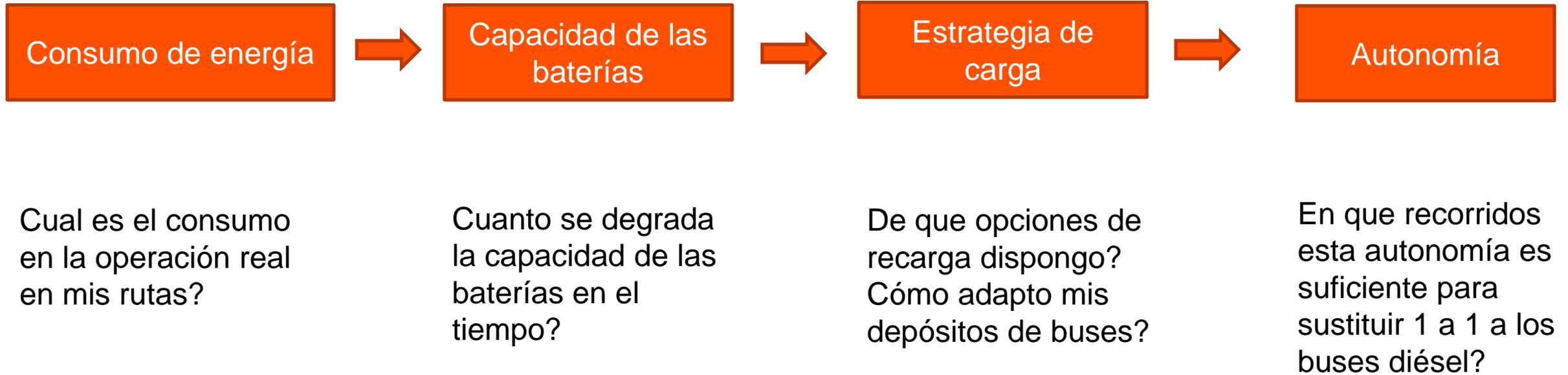
Autonomías que permitan cumplir con los programas de frecuencias establecidos por la autoridad sin implicar un aumento de flota respecto de la operación de buses diésel



eries



DEFINICION DE LA ESTRATEGIA DE ELECTRIFICACION DE LOS OPERADORES DE TRANSPORTE PUBLICO



¿Cómo afecta mis costos y la rentabilidad del sistema de transporte público?

Consumo de energía: Chile cuenta con el primer ciclo de prueba de buses para facilitar el desarrollo de buses adaptados a las condiciones de una ciudad en desarrollo. Ciclo Santiago

DIARIO OFICIAL
DE LA REPUBLICA DE CHILE
Ministerio del Interior y Seguridad Pública

I SECCIÓN

LEYES, REGLAMENTOS, DECRETOS Y RESOLUCIONES DE ORDEN GENERAL.

Núm. 42.123 | Viernes 3 de Agosto de 2018 | Página 1 de 2

Normas Generales
CVE 1441036

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES
APRUEBA PROTOCOLO TÉCNICO PARA OBTENER CONSUMO ENERGÉTICO EN BUSES DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO DE LA CIUDAD DE SANTIAGO
(Resolución)

Núm. 2.243 exenta - Santiago, 23 de julio de 2018.

Visto:

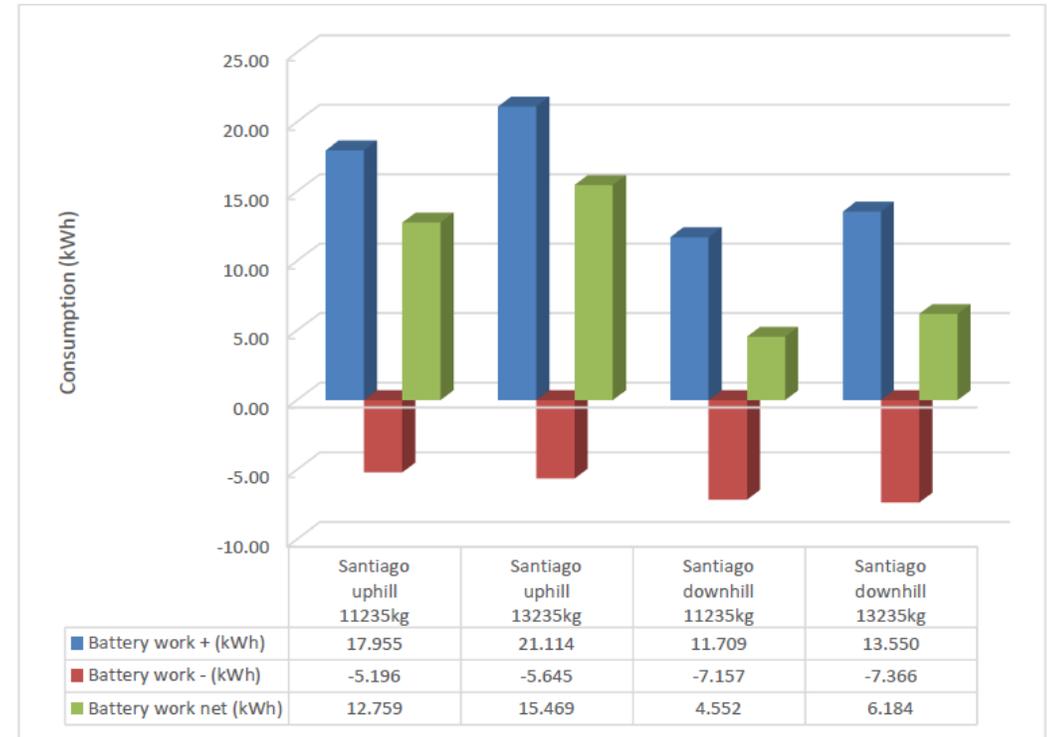
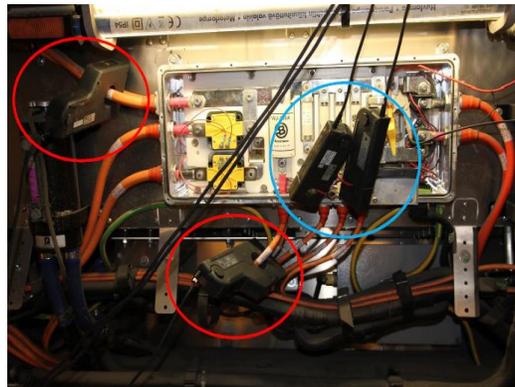
Lo dispuesto en el decreto ley N° 557, de 1974, del Ministerio del Interior; la ley N° 18.059; la Ley N° 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado, fue fijado por el DFL N° 1-19.653, de 2000, del Ministerio Secretaría General de la República; el decreto exento N° 6, de 2015, del Ministerio de Energía; la resolución N° 1.606, de 2008, de la Contraloría General de la República; y demás normativa aplicable.

Considerando:

- Que, el DL N° 2.224, de 1978, modificado por la ley N° 20.402, que crea el Ministerio de Energía, estableciendo modificaciones a dicho cuerpo legal y otros cuerpos normativos, establece en su artículo 4° letra d), que es atribución del Ministerio de Energía "Elaborar, coordinar, proponer y dictar, según corresponda, las normas aplicables al sector energía que sean necesarias para el cumplimiento de los planes y políticas energéticas de carácter general, así como para la eficiencia energética, la seguridad y adecuado funcionamiento y desarrollo del sistema en su conjunto. Al efecto, podrá requerir la colaboración de las instituciones y organismos que tengan competencia normativa, de fiscalización o ejecución en materias relacionadas con la energía".
- Que, corresponde al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, ocuparse del fomento y eficiencia de los sistemas de transporte, generando políticas, condiciones y normas para desarrollar un sistema de transporte eficiente, seguro y amigable con el medioambiente.
- Que, el Plan de Acción de Eficiencia Energética 2020 establece medidas relacionadas con mejorar la eficiencia energética en el sector transportes y la Agenda de Energía propone lograr una meta de reducción del consumo energético del país en un 20% al año 2025.
- Que, a través del decreto exento N° 6, de 2015, citado en Visto, se aprobó el "Convenio Marco de Colaboración entre el Ministerio de Energía y el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones", que tiene como objeto establecer un vínculo de cooperación y un marco de acción entre las partes, que permita avanzar en normativa, políticas y programas tendientes a mejorar la eficiencia energética del parque vehicular del país, abordando en conjunto el etiquetado de eficiencia energética (consumo de combustible) de vehículos medianos y pesados de carga y pasajeros, y el establecimiento de estándares de consumo energético para vehículos livianos, medianos y pesados.
- Que, entre los vehículos pesados, se encuentran aquellos vehículos destinados a los servicios de transporte público remunerado de pasajeros.
- Que, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones ha desarrollado el "Protocolo Técnico para Obtener Consumo Energético en Buses de Transporte Público Urbano de la Ciudad de Santiago", en el cual se establecen las características y metodología de medición del ciclo de conducción denominado "TS-STGO", que representa la operación de un bus urbano, como una unidad integral (chasis y carrocería), en la ciudad de Santiago.

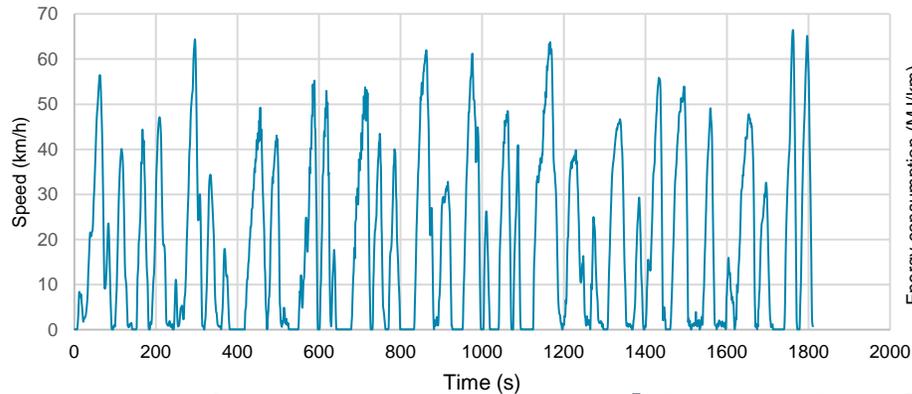
CVE 1441036 | Director: Juan Jorge Lara Rodríguez | Mesa Consultas: +562 2486 3600 | Email: consultas@diariooficial.cl
Sitio Web: www.diariooficial.cl | Dirección: De. Torres Bascos 19751, Providencia, Santiago, Chile.

Este documento ha sido firmado electrónicamente de acuerdo con la ley N°19.996 e incluye sello de tiempo y firma electrónica asociada. Para verificar la autenticidad de una representación impresa del mismo, ingrese este código en el sitio web www.diariooficial.cl

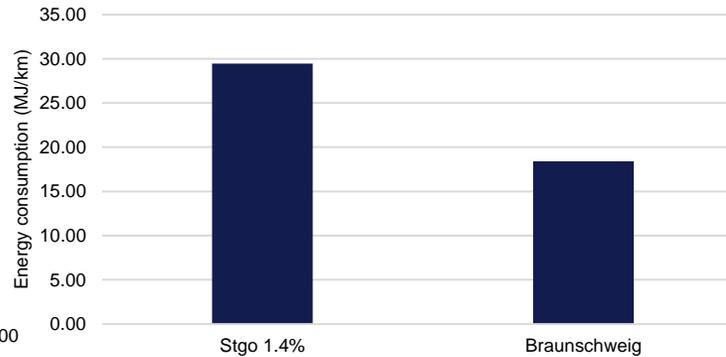


En los últimos años este enfoque ha incluido un énfasis en mejorar el consumo energético del transporte público

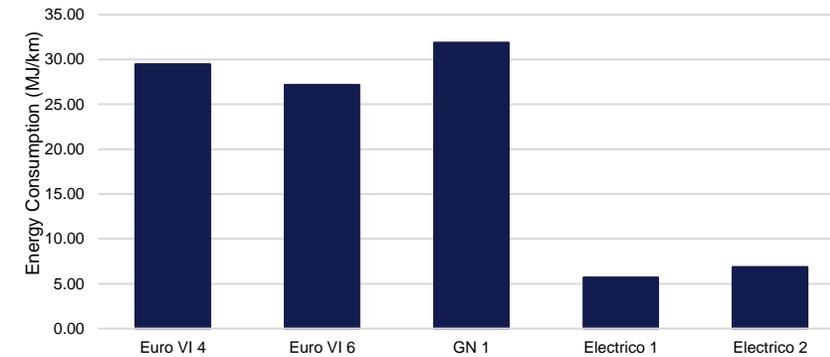
TS- STGO Ciclo de Conducción Urbano



Consumo Energético (Euro VI)



Consumo Energético



- **El consumo energético bajo el TS-STGO es hasta 60% veces mayor para un bus Euro VI, comparado con el ciclo Braunschweig**
- **Bus eléctrico a baterías consumen hasta un cuarto menos que un bus diésel bajo condiciones de TS-STGO**
- **Consumos energéticos bajo un ciclo de operación representativo permiten una renovación basada en consumo energético de flota**
- **Esto se traduce a un mejor desempeño en condiciones reales del consumo de combustible y contaminantes criterios**
- **Resolución MTT No 2.243 (Junio 2018) crea exigencia de prueba bajo Ciclo TS-STGO**

Buses eléctricos – Prestaciones mínimas exigidas a buses eléctricos en Santiago

Consumo medio de energía

- Cada postulante debe incluir en su oferta un certificado donde se detallen los resultados de consumo energético (kWh/km) obtenidos por el vehículo ofertado.
- Las pruebas deben efectuarse en un laboratorio equipado con un dinamómetro de chasis para vehículos pesados.
- El vehículo debe ser operado bajo las condiciones de manejo establecidas por el ciclo TS-STGO.
- Las condiciones de carga de la prueba deben corresponder al peso vacío del vehículo más el conductor y el peso equivalente del 50% de la capacidad de carga máxima del bus.
- El sistema de aire acondicionado del vehículo debe estar encendido durante la prueba y configurado para operar a 22 grados Celsius.
- El estado de carga del pack de baterías del vehículo al inicio de la prueba debe ser de $90\% \pm 1\%$.



Buses eléctricos – Prestaciones mínimas exigidas a buses eléctricos en Santiago

Autonomía mínima

La autonomía mínima A_{min} [km] por carga completa de los vehículos ofertados será establecida en función de los resultados de la prueba de consumo indicada anteriormente. Esta será calculada mediante la siguiente ecuación:

$$A_{min} = \frac{C_{nom}}{CE_{Stgo}}$$

En esta ecuación, C_{nom} [kWh] indica la capacidad energética nominal del pack de baterías estipulada en la ficha técnica del vehículo y CE_{Stgo} [kWh/km] el consumo energético detallado en el certificado emitido por el 3CV o un tercero con el resultado de las pruebas de consumo de energía.

Autonomía mínima para bus con depot charge: 215 km

Autonomía mínima para bus con carga de oportunidad: 50 km

Buses eléctricos – Prestaciones mínimas exigidas a buses eléctricos en Santiago

Degradación máxima de baterías

Durante el periodo de vigencia del contrato de provisión de flota (14 años para buses eléctricos) no se permitirá una pérdida mayor al 20% en la capacidad energética original del pack de baterías del vehículo y/o una reducción equivalente en la autonomía de este en relación con la autonomía determinada en el ítem previo.

Una pérdida mayor al 20% es condición suficiente para exigir el cambio de pack de baterías del vehículo o la sustitución de celdas para cumplir con los requisitos mínimos a lo largo del periodo de concesión.

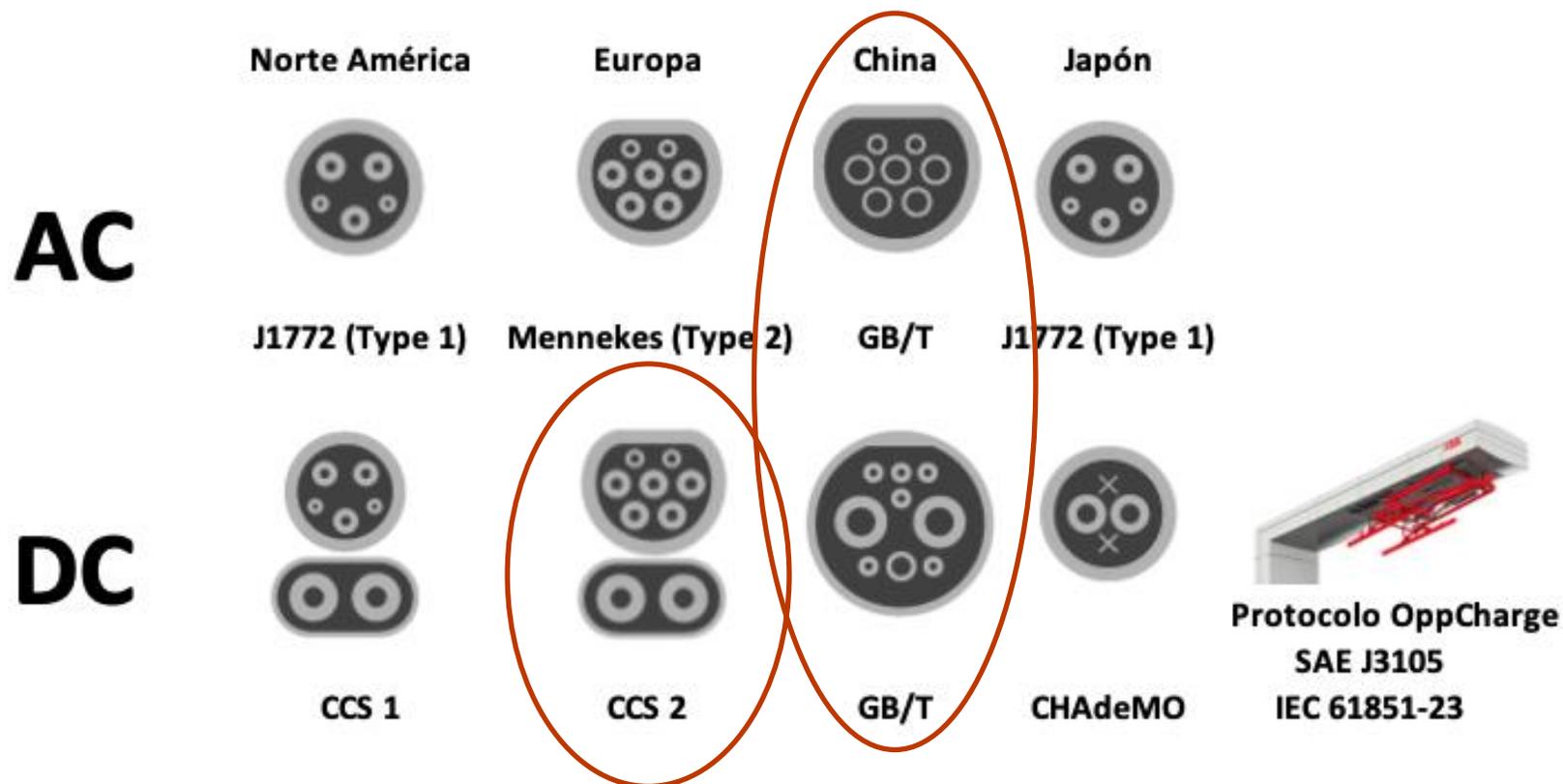
Buses eléctricos – Garantías de baterías

Degradación máxima de baterías

Durante el periodo de vigencia del contrato de provisión de flota (14 años para buses eléctricos) no se permitirá una pérdida mayor al 20% en la capacidad energética original del pack de baterías del vehículo y/o una reducción equivalente en la autonomía de este en relación con la autonomía determinada en el ítem previo.

Una pérdida mayor al 20% es condición suficiente para exigir el cambio de pack de baterías del vehículo o la sustitución de celdas para cumplir con los requisitos mínimos a lo largo del periodo de concesión.

Actualmente tenemos dos estándares de carga que dificultan la interoperabilidad del transporte público



Buses eléctricos – Protocolo de carga

Conectores

El dispositivo “CCS-2” o también conocido como “CCS combo 2” (CCS, *Combined Charging System*), de acuerdo con la normativa IEC 62196 Carga conductiva de vehículos eléctricos. Parte 1: Requisitos generales. (UNE:EN 62196-1:2015) que indica los requisitos para bases, clavijas, conectores de vehículo y entradas de vehículo.



Current type	Region			
	Japan	America	Europe, rest of world	China
AC				
Plug name:	J1772 (or Type 1)	J1772 (or Type 1)	Mennekes (or Type 2)	GB/T
DC				
Plug name:	CHAdeMO	CCS1	CCS2	GB/T

Buses eléctricos – Protocolo de comunicaciones de información técnica del bus

Información del CAN-BUS

Los buses deberán contar con un sistema de envío de datos CAN-BUS de acuerdo con el estándar J1939. Así, el Suministrador deberá entregar a la Autoridad o a quien ésta designe, acceso sin costo adicional y sin restricciones de ningún tipo a todos los datos e información proveniente del sistema de envío de datos CAN-BUS.



Data

Mediciones primarias:

- o) - Voltaje [V] y corriente [A] de cada pack de baterías (frecuencia de muestreo 2Hz)
- p) - Voltaje [V] y corriente [A] de los moto-generadores (frecuencia de muestreo 2Hz)
- q) - Voltaje [V] y corriente [A] de los accesorios eléctricos: compresor AA, servo-dirección, compresor de aire (frecuencia de muestreo 2Hz)
- r) - Temperatura [°C] de cada pack de baterías (frecuencia de muestreo 0.5Hz)
- s) - Estado de carga del pack de baterías (SOC) [%] (frecuencia de muestreo 0.5Hz)

Mediciones secundarias:

- t) - Temperatura [°C] del pack de batería celda (frecuencia de muestreo 0.5Hz)
- u) - Voltaje [V] y corriente [A] por celda del pack de batería (frecuencia de muestreo 2Hz)

Respuesta del mercado

<https://www.sustainable-bus.com/news/santiago-de-chile-an-open-tender-for-2000-buses-a-case-study-by-zebra/>



Table 3. Electric buses approved for RED operations (MTT 06/2020)³⁰

Vehicle Class	Brand	Bus model	Power [kW]	Battery capacity [kWh]	Passenger capacity	Energy consumption ³¹ [kWh/km]	Range [km/charge]	Operation [# of buses]	Operator	Routes	Charger	Charging strategy
B2	BYD	K9 FE	300	276.5	81	1.57	176.1	285 + 150 (Expected Q2-Q3 2020)	Metbus	507c, 516, 519	BYD EVA 080KI charger, AC 80kW, CCS 1 standard	Overnight, 4-4.5 hours at depot
B2	YUTONG	ZK6128BEVG	215	324.4	87	1.48	219.7	101	Buses Vule, STP	213e, 109, 109c, 109e	150kW DC chargers, GB/T standard	Overnight, 2.5-3 hours at depot
B2	FOTON	eBus U12 QC	350	151.55	90	1.67	90.9	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
A1	BYD	K7	180	156.6	45	1.13	138.6	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
A1	FOTON	Ebus U8,5 QC	130	129	47	1.24	104.0	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
B2	ZHONGTONG	LCK6122EVG	350	351.237	88	1.58	222.3	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
B2	KING LONG	XMQ 6127G PLUS	280	374.65	90	1.74	215.0	25	Redbus	CO2, CO2c, CO6, C14	ABB HVC 150C, 150kW Depot box, CCS 2 standard	Overnight, 2.5-3 hours at depot
A1	KING LONG	XMQ 6900G	200	210.56	45	1.13	186	N.A.	N.A.	N.A.	Unknown, CCS 2 standard	N.A.
C2	ZHONGTONG	LCK6180EVG	300	525.11	141	2.67	196	N.A.	N.A.	N.A.	Unknown, CCS 2 standard	N.A.
A2	ZHONGTONG	LCK6106EVG	200	315.07	74	1.46	216	N.A.	N.A.	N.A.	Unknown, CCS 2 standard	N.A.
B2	FOTON	eBus U12 SC	350	385.08	90	1.63	237	215 (expected Q2-Q3 2020)	STP (expected)	N.A.	Unknown, CCS 2 standard	N.A.

Ingreso de las empresas de energía ha permitido financiar procesos de compras de buses eléctricos



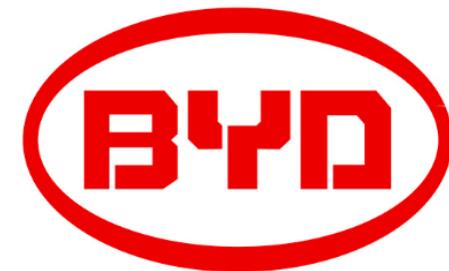
ENGIE

stp
SANTIAGO

BUSESVULES.A.

YUTONG

Ingreso de las empresas de energía ha permitido financiar procesos de compras de buses eléctricos



El rol de liderazgo del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones

- Garantizó la operación en el largo plazo de los buses eléctricos que se adquirieran para Santiago, lo que facilitó la el financiamiento de los buses.
- Ha incluido una serie de incentivos para buses eléctricos en las nuevas licitaciones de proveedores de flota y operadores.
- Los buses eléctricos tienen oficialmente una vida útil de 14 años, superior a los 10 años de un diésel.
- Si más del 50% de la flota que emplee un operador es eléctrica, tiene un contrato de concesión de 7 años, renovable por un plazo igual. Si es diésel el contrato es sólo de 5 años, renovable por un período igual.

Buses eléctricos – Desarrollo del sistema de recarga

Table 4. RED electric bus depots, chargers and installed capacity

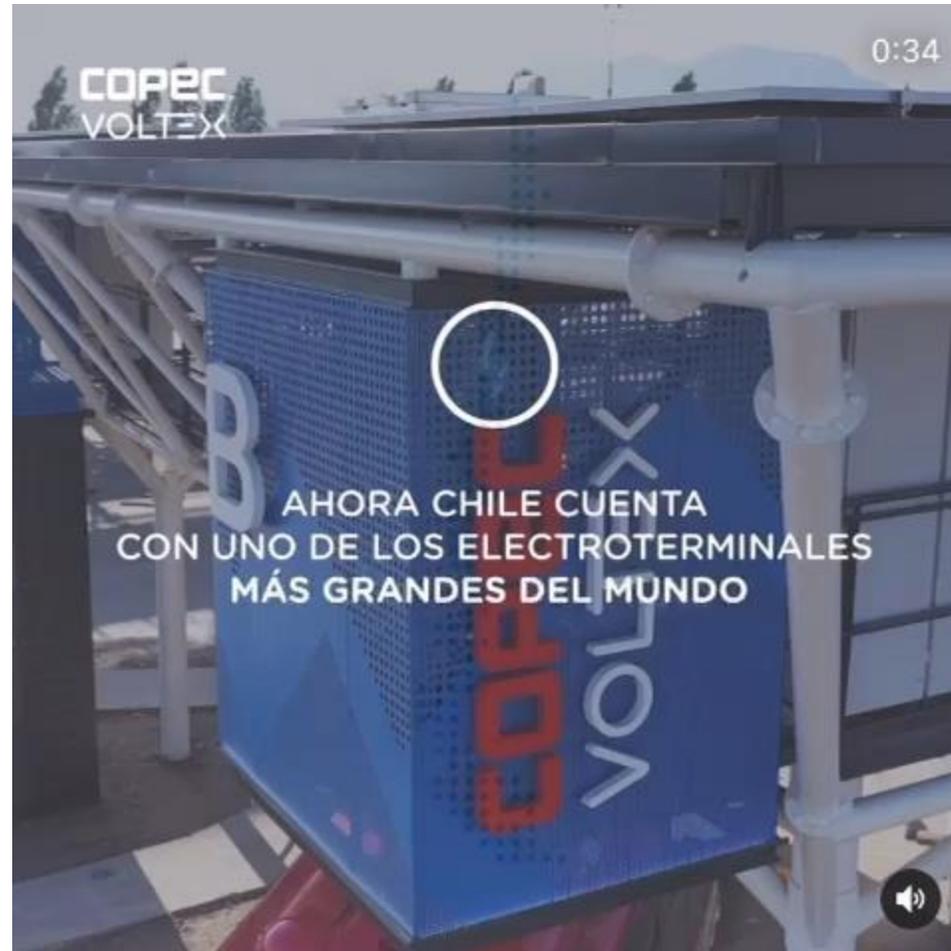
Depot Name	Chargers	Installed capacity (MW)
Peñalolén	65 (1x80kWAC)	5.2
Los Acacios	37 (1x80kWAC)	2.4
Los Pinos	37 (1x80kWAC)	3
Las Palmas	13 (1x80kWAC)	1.25
El Salto	5 (3x50kWDC)	0.75
Nueva Bilbao (1)	3 (3x50kWDC)	0.5
Nueva Bilbao (2)	3 (4x40kWDC)	0.5
I+D Peñalolén	1 (350kW + Pantograph)	0.4
Rinconada	37(1x150kWDC)	6.0
Juanita	13(1x150kWDC)	2.1
10 Depots	214 Chargers	22.1 MW total installed capacity

Buses eléctricos – Desarrollo del sistema de recarga

- Ayer se inauguró un nuevo terminal para 210 buses más que han entrado al sistema.
- Voltex financió y construyó.
- Es un Spin-off de la mayor empresa de distribución de combustibles en el país.
- Aporta 9 MW más al sistema
- Se cuenta con una capacidad total de 31 MW de carga instalada.



Buses eléctricos – Desarrollo del sistema de recarga



Contratos de mantenimiento

- Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones entrega la responsabilidad de la mantenimiento al operador.
- El operar puede subcontratarla con el proveedor de flota o con un tercero.
- La experiencia hasta ahora ha sido que los proveedores de buses han firmado contratos con los operadores, donde estos asumen todos los aspectos del mantenimiento, incluyendo powertrain, baterías y carrocerías.
- Estos contratos consideran un pago por km, con un plazo de validez de 10 años. El monto es del orden de 0,09 USD/km
- Los contratos de mantenimiento de cargadores son con las compañías de energía que han financiado las operaciones de compra de buses, cargadores y habilitación de depósitos.

Costos de operación

- Los operadores han reportado consumos medios del orden de 1 kWh/km, aunque varían sustancialmente de ruta en ruta.
- METBUS ha reportado un costo de energía eléctrica por kilómetro de 0,1 USD/km con la energía a 0,1 USD/kWh.
- El costo en diesel es de 0,5 USD/km, con el diésel a 0,86 USD/Lt

MUCHAS GRACIAS

Gianni López Centro Mario Molina Chile glopez@cmmolina.cl