

Almacenamiento de Energía: Mercado, Regulación y Expansión Comercial en Almacenamiento

Por: María Fernanda Matus Figarola
Gerente de Negocios Estratégicos- Skysense

Objetivos

- Analizar la evolución del almacenamiento de energía a nivel global.
- Identificar los modelos comerciales más relevantes
- Comprender el contexto regulatorio y las oportunidades que abre en México.



¿Qué es un SAE?

Sistema de Almacenamiento de Energía :

Es una instalación eléctrica que utiliza baterías u otra tecnología para almacenar energía eléctrica en gran escala, generalmente en entornos industriales, comerciales o de generación.

Un SAE puede incluir baterías u otras tecnologías de almacenamiento, inversores, sistemas de gestión y control, protecciones eléctricas, monitoreo, y estructura física como contenedor, cuarto eléctrico o integración con infraestructura existente.

Tecnologías Disponibles para sistemas BESS

Tecnología	Vida útil	Eficiencia	Seguridad térmica	¿Costo aprox.?	¿Uso actual en México?	Aplicaciones más comunes
LFP	10–15 años	90–95%	Muy alta	Medio	 Común	Industrial, solar, respaldo
Níquel-Manganeso-Cobalto	5–8 años	90–95%	Media	Alto	 Importada	Movilidad, espacio limitado
Plomo-ácido	1–3 años	70–80%	Alta	Bajo	 En UPS	Uso puntual, baja demanda
Na-ion	En pruebas	~85%	Muy alta	Promete ser bajo	 En desarrollo	Futura opción sustentable

¿Por qué LFP es la opción más usada hoy?

-  **Mayor seguridad térmica (no se incendia fácil)**
-  **Larga vida útil y buena eficiencia**
-  **Soporte técnico local y oferta disponible**
-  **Precio competitivo sin comprometer calidad**
-  **Ya probado en condiciones industriales reales en México**

Aplicaciones del almacenamiento de energía (BESS)

- **Peak shaving:** Reducen la demanda en horario punta, evitando penalizaciones en la facturación.
- **Arbitraje energético:** Cargan cuando la energía es barata (horas base) y descargan cuando es cara (horas punta).
- **Servicios auxiliares:** Soporte de frecuencia, regulación de voltaje, control de potencia reactiva.
- **Integración renovable:** Almacenan excedentes de energía solar o eólica para usarlos más tarde.
- **Micredes y resiliencia:** Permiten operar de forma aislada o estable ante fallas de red.
- **Cumplimiento normativo:** En algunos países (



Evolución reciente de los BESS

-  **2008–2015: Transición de baterías para electrónica a energía**

El uso masivo de baterías en vehículos eléctricos (liderado por Tesla) redujo sus costos y mejoró su desempeño, haciendo viable su uso en redes eléctricas y plantas industriales.

-  **2015–2020: De respaldo a solución estratégica**

Comenzaron a usarse no solo para respaldo, sino para arbitraje horario, servicios auxiliares y estabilización de red. Se integraron a parques solares y eólicos para despachar energía cuando más conviene. China apostó estratégicamente por dominar la cadena de suministro de baterías.

-  **2021 en adelante: Auge global e inversión masiva**

Incentivos como el Inflation Reduction Act (IRA) en EE.UU., metas de descarbonización en Europa y China, y nuevas políticas regulatorias en muchos países han impulsado su adopción.

- **Hoy china tiene el 70% del mercado de baterias mundial.**
- **Los precios han caido 80% del 2010- a la fecha.**

Panorama mundial del almacenamiento

Top BESS Markets	Installed 2024 (GWh)	2027P
-China	215.5	721.2
USA	82.1	244.6
UK	7.5	56.3
Australia	5.6	102.9
Chile	3.8	41.0
Italy	2.2	7.9
Ireland	1.6	2.5
South Africa	1.3	9.4
Saudi Arabia	1.3	32.4
South Korea	1.1	1.3
Germany	1.0	6.2
Japan	1.0	5.0
Philippines	1.0	6.1
Israel	0.8	4.6
Belgium	0.7	5.3
Sweden	0.6	1.5
Uzbekistan	0.6	5.9
France	0.6	1.8
India	0.5	4.3
Canada	0.3	18.3

- **Top 20 mercados BESS (2024 vs. 2027P)**

Fuente: Visual Capitalist – marzo 2025, datos de Rho Motion.

- El mercado BESS creció 52% en 2024, superando el mercado EV (25%).
- China concentra más del 60% de la capacidad global, seguida de EE.UU.
- Chile lidera en Latinoamérica, y Canadá muestra el mayor crecimiento relativo.
- Se espera que China mantenga el liderazgo, aunque su participación caiga a ~50% para 2027.

Principales tendencias globales

¿Hacia dónde va el almacenamiento?



Integración masiva con sistemas solares y eólicos (PV + BESS).

Expansión del almacenamiento **detrás del medidor (C&I)** para optimizar costos y confiabilidad.

Avance de modelos “**Energy-as-a-Service**” y esquemas de financiamiento compartido.

Innovaciones en **baterías de sodio, flujo y estado sólido**.

Fuerte desarrollo de **estándares internacionales de seguridad (UL 9540A, NFPA 855, IEC 62619)**.

Caída de costos de baterías (2010–2024)

- Costo promedio: **\$139 USD/kWh en 2024**, frente a más de **\$1,200 USD/kWh en 2010**.
- Las economías de escala y la transición a **LFP (litio–hierro–fosfato)** han sido clave.
- Se espera que los costos bajen por debajo de **\$100 USD/kWh antes de 2027**.
- Esto ha hecho viables proyectos de almacenamiento en todos los sectores.



Fuente: BloombergNEF Battery Price Survey 2024.

Latinoamérica: un mercado emergente con alto potencial

- La región cuenta con abundantes recursos renovables, pero **baja capacidad de almacenamiento instalada**.
- El crecimiento proyectado supera **30% anual**, impulsado por Chile, Brasil y México.
- Los proyectos se enfocan en **FV + BESS y servicios complementarios**, tanto a gran escala como detrás del medidor.
- La estabilidad regulatoria y la bancabilidad de proyectos siguen siendo los principales retos.

Retos de proyectos de almacenamiento a gran escala

Regulatorio

Falta de claridad sobre cómo se remunera cada servicio auxiliar.

Financiero

Tarifas de capacidad ni subastas específicas de almacenamiento.

Técnico

Requerimientos estrictos de interconexión, estabilidad y respuesta ante eventos de red.

Operativo

Coordinación entre controladores de energía, transportistas y generadores híbridos.

Mercado

Limitada experiencia bancaria en financiamiento de proyectos BESS puros.

•}

Retos de proyectos de almacenamiento a nivel autoconsumo (detrás del medidor)

- **Costos iniciales elevados.**
- Falta de acceso a financiamiento o esquemas de adquisición flexible.
- **Desconocimiento del valor operativo:** muchas industrias aún perciben las baterías solo como respaldo, no como herramienta de optimización.
- **Escasez de integradores certificados y experiencia local.**

Modelos de negocio y esquemas de adquisición



Modelos de negocio para almacenamiento C&I

- En el **segmento industrial (C&I)**, los proyectos de almacenamiento pueden estructurarse bajo distintos modelos según el perfil financiero del cliente.
- Los cuatro esquemas más comunes en México y LATAM son:
- **CAPEX tradicional:** inversión directa por parte del cliente, quien mantiene la propiedad y obtiene el retorno total.
- **Financiamiento a plazos:** el cliente paga el sistema en parcialidades, manteniendo la propiedad desde el inicio.
- **Leasing energético:** contrato de arrendamiento con pagos fijos mensuales y opción de compra al final.
- **SaaS / Storage-as-a-Service:** el proveedor financia, opera y mantiene el sistema; el cliente paga con base en los ahorros generados (*shared savings*).
- Estos modelos reducen las barreras de entrada y permiten elegir entre **propiedad, flexibilidad o pago por desempeño**.

Esquema	Propiedad del activo	Inversión inicial	Forma de pago	Beneficio principal	Riesgo / Consideración
CAPEX tradicional	Cliente	Alta	Pago único	Mayor ROI y control total sobre el activo	Alto desembolso inicial, mayor responsabilidad operativa
Financiamiento a plazos	Cliente	Media / diferida	Pagos mensuales	Propiedad desde el inicio, pagos programados	Impacta líneas de crédito del cliente
Leasing energético	Arrendadora / financiera	Nula	Renta fija mensual	Sin inversión inicial, pagos deducibles	Plazo contractual fijo y sin propiedad inmediata
SaaS / Shared Savings	Proveedor	Nula	% del ahorro generado	Pago basado en desempeño, riesgo compartido	Requiere medición precisa del ahorro y contrato robusto

Modelo de negocios para almacenamiento a Gran Escala

1. Servicios auxiliares (o conexos)

- **Son funciones que ayudan a mantener la estabilidad y confiabilidad del sistema eléctrico.**
El almacenamiento (BESS) puede proveerlas porque responde muy rápido —en milisegundos—, algo que las plantas convencionales no pueden hacer tan fácilmente.
- **Regulación de frecuencia:**
 - La frecuencia nominal del sistema eléctrico (60 Hz en México) debe mantenerse constante.
 - Si hay un desequilibrio (demanda súbita o falla), la batería puede **inyectar o absorber energía instantáneamente** para estabilizarla.
 - En otros países, a esto se le paga un servicio de *Frequency Regulation*.
- **Control de voltaje (soporte reactivo):**
 - Las baterías pueden proveer **potencia reactiva**, ayudando a mantener el voltaje dentro de rangos seguros, sobre todo en redes débiles o alejadas.
- **Reserva rodante (spinning reserve):**
 - Normalmente, este servicio lo dan plantas que están encendidas pero sin generar a plena carga, listas para entrar si hay una caída en la generación.
 - Un BESS puede sustituir esa función, **respondiendo en segundos sin necesidad de combustibles**.

Modelo de negocios para almacenamiento a Gran Escala

2. Aplazamiento de infraestructura

- Esto se refiere al uso del almacenamiento **para evitar o posponer inversiones costosas en líneas de transmisión o subestaciones**.
- **Ejemplo:**
- Zona industrial en México tiene picos de consumo muy altos y la red local ya está saturada. Normalmente, CFE tendría que **construir una nueva línea o subestación**, lo cual cuesta millones y toma años.
- Si se instala un **sistema BESS estratégico**, este puede:
- Cargarse cuando la red está desocupada (horas valle).
- Descargarse en los momentos de máxima demanda, **aliviando la carga sobre la red**.
- Así, el almacenamiento actúa como un “pulmón” que **aplaza o evita la expansión de infraestructura**, generando ahorros para el sistema eléctrico y mejorando la confiabilidad local.

En países donde hay mercados eléctricos maduros, las utilities pagan al BESS por este beneficio como un servicio de *non-wires alternative* (NWA). (EEUU, Australia, España, Chile (proyectos piloto)).

Regulación en Almacenamiento de Energía

Contexto internacional y modificaciones recientes en México.



Cómo ha avanzado la regulación en el mundo

- **Hace apenas una década, la mayoría de los países no mencionaban el almacenamiento en sus leyes eléctricas. Hoy, más de 70 países lo han incorporado explícitamente, definiéndolo como parte de la infraestructura del sistema eléctrico.**
- **El enfoque regulatorio varía, pero todos buscan lo mismo: dar certidumbre técnica, económica y operativa.**

Las tres principales formas de regulación a nivel global son:

- 1.Como activo de red:** el operador del sistema puede instalar y recuperar su costo vía tarifas (Europa, Chile).
- 2.Como participante de mercado:** las baterías pueden vender energía y servicios (EE.UU., Reino Unido).
- 3.Como infraestructura híbrida:** combinada con renovables (Australia, Corea, Japón).

¿Qué han hecho los países más avanzados?

- **Estados Unidos:** la FERC (Orden 841) permitió que el almacenamiento participe en todos los mercados eléctricos: energía, capacidad y servicios auxiliares.
- **Unión Europea:** lo reconoce legalmente como infraestructura eléctrica en la Directiva 2019/944, con incentivos para operadores de red que lo integren.
- **Reino Unido:** habilitó mercados de flexibilidad y contratos de capacidad específicos para almacenamiento.
- **Chile:** reformó su Ley General de Servicios Eléctricos (2024) para permitir que los sistemas BESS se remuneren como parte de la red de transmisión.
- **Australia:** estableció reglas claras para proyectos híbridos FV+BESS y pagos por servicios de estabilidad.

¿Qué tienen en común?

- Reconocen al **almacenamiento como un elemento distinto** de la generación y el consumo.
- Permiten **múltiples fuentes de ingreso** (value stacking): energía, capacidad, flexibilidad y resiliencia.
- Definen **estándares** técnicos de seguridad e interconexión.
- Crean **incentivos** regulatorios o fiscales.
- Otorgan **certeza jurídica, reduciendo riesgos** para inversionistas y bancos.



Reforma a la Ley del Sector Eléctrico

Ley de Reforma al Sector Eléctrico

Publicada el 30 de octubre de 2024

Puntos clave sobre almacenamiento:

- **El almacenamiento de energía se reconoce como infraestructura estratégica.**
- Los proyectos de **autoconsumo interconectado con renovables deben incluir almacenamiento o pagar respaldo a CFE.**
- **No se permite la inyección libre de excedentes sin permiso y contrato.**
- La **CFE mantiene al menos el 54% de la generación nacional**; privados hasta el 46%. En el caso de centrales de generación con fuentes intermitentes se solicitará respaldo de energía.

Regulación del Almacenamiento en México

Modificaciones recientes



- **Hasta 2023, no existía un marco jurídico específico para el almacenamiento de energía.**
- **En 2025, en menos de ocho meses, México publica tres instrumentos clave que dan forma al nuevo marco:**

Fecha	Instrumento	Emisor	Alcance
7 marzo 2025	DACG de Almacenamiento	CRE	Normas técnicas, clasificación y registro.
18 marzo 2025	Ley del Sector Eléctrico	Congreso de la Unión	Reconoce al almacenamiento como infraestructura eléctrica.
3 octubre 2025	Reglamento de la Ley del Sector Eléctrico	SENER	Detalla permisos, funciones y planeación.

Ley del Sector Eléctrico (18 marzo 2025)

- **Artículos clave:**
- **Art. 3, fr. XXII Bis:**
 - “El almacenamiento de energía eléctrica es parte integrante de la infraestructura eléctrica nacional y constituye una actividad de interés público.”
- **Art. 15 Bis:**
 - “El almacenamiento podrá realizarse como actividad complementaria o independiente sujeta a permiso.”
- **Art. 45 (nuevo):**
 - “Los proyectos de autoconsumo interconectado ≥ 0.7 MW que inyecten a la red deberán incorporar almacenamiento o cubrir tarifa de respaldo.”

Reglamento de la Ley del Sector Eléctrico (3 de octubre de 2025)

- Define con detalle **cómo operará el almacenamiento** dentro del sistema eléctrico nacional.
- **Principales aportaciones:**
- Crea la **figura de la “almacenadora”**.
- Define **funciones técnicas y operativas** del almacenamiento.
- Establece **cuándo se requiere permiso y cuándo basta con registro**.
- Reconoce al almacenamiento como **parte de la planeación y operación del SEN**.



Funciones del Almacenamiento reconocidas por el Nuevo Reglamento

Tipo de instalación	Interacción con red	Figura legal	¿Permiso CRE?	Registro RENASE	Observaciones
Autoconsumo detrás del medidor (BTM)	No interactúa con el SEN	Instalación complementaria	✗ No	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	Para respaldo, peak shaving o continuidad operativa.
Autoconsumo ≥ 0.7 MW con inyección a red	Parcial (inyecta excedentes)	Instalación sujeta a obligación de incluir almacenamiento	⚠ No permiso, pero sí obligación de BESS o tarifa de respaldo	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	Aplicable a proyectos interconectados al SEN con inyección.
Abasto aislado (sin conexión al SEN)	No interactúa con red	Generador aislado	⚠ Solo aviso si >0.7 MW	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	Opera fuera del sistema eléctrico nacional.
BESS dentro de una central eléctrica (FV+BESS, eólica+BESS, etc.)	Sí, bajo el mismo punto de interconexión	Generador (no almacenadora)	<input checked="" type="checkbox"/> Incluido en el permiso de generación existente	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	Parte del permiso de generación; no se tramita por separado.
BESS independiente (Front of the Meter)	Sí, interactúa directamente con el SEN	Almacenadora	<input checked="" type="checkbox"/> Permiso específico de almacenamiento	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	Nueva figura creada en el Reglamento (Art. 53).

Funciones reconocidas para la nueva figura de “Almacenadora”

Tipo de función	Descripción operativa	Ejemplo práctico
 Arbitraje energético	<p>Compra energía cuando el precio es bajo y la entrega cuando sube. Permite optimizar precios y aliviar picos de demanda.</p>	<p>BESS de 100 MW que carga de noche y descarga en horas críticas</p>
 Servicios al sistema eléctrico	<p>Provee control de frecuencia, regulación de voltaje, reserva rápida o capacidad firme. Opera bajo coordinación del CENACE.</p>	<p>Batería instalada en nodo de transmisión para soporte de red.</p>
 Integración de renovables	<p>Almacena excedentes solares o eólicos y los entrega cuando no hay generación. Mejora la firmeza y predictibilidad.</p>	<p>Planta FV 50 MW + BESS 25 MWh que mantiene suministro constante.</p>
 Respaldo y contingencia	<p>Apoya la continuidad ante fallas de generación o transmisión. Puede actuar como fuente temporal.</p>	<p>Batería que cubre demanda durante cortes o mantenimientos.</p>
 Aplazamiento de infraestructura (NWA)	<p>Sustituye o difiere inversiones en transmisión o distribución.</p>	<p>CFE instala BESS en subestación para evitar ampliación de línea.</p>
 Participación comercial	<p>Puede participar en el MEM o firmar contratos bilaterales con generadores, suministradores o usuarios calificados.</p>	<p>BESS contratado por suministro calificado para regulación de carga.</p>
 Optimización y gestión operativa	<p>Permite programar carga y descarga con base en señales de precio o demanda.</p>	<p>Algoritmos de despacho inteligente con IA o EMS integrado.</p>

¿Qué sigue para México en materia regulatoria?

- **Mecanismos de remuneración**

La CRE y el CENACE trabajan en definir cómo se pagarán los servicios del almacenamiento — respaldo, frecuencia, capacidad y diferimiento de red —, así como su participación en el Mercado Eléctrico Mayorista.

- **Nuevas DACG complementarias (2026)**

Se espera que incluyan reglas de mercado y despacho, lineamientos técnicos y la incorporación de recursos distribuidos y autoconsumo detrás del medidor.

- **Actualización técnica de interconexión**

CFE deberá incorporar parámetros específicos para baterías e inversores híbridos en la Norma Técnica de Interconexión, facilitando proyectos FV + BESS y esquemas de abasto aislado

Conclusiones

- El almacenamiento de energía se ha consolidado como una pieza clave para la transición energética y la estabilidad del sistema eléctrico.
- A nivel global, su crecimiento responde a la necesidad de flexibilidad, resiliencia y eficiencia.
- En México, 2025 marcó un punto de inflexión: la Ley, las DACG y el nuevo Reglamento finalmente reconocen al almacenamiento como una actividad eléctrica formal, capaz de integrarse en la planeación, en el mercado y en el autoconsumo.
- Aún faltan pasos (mecanismos de remuneración, normas técnicas y estímulos), pero el marco ya sienta las bases para que el almacenamiento pase del papel a la operación real, tanto en grandes proyectos como en aplicaciones detrás del medidor.



¡¡Gracias!!

María Fernanda Matus Figarola

Gerente de Negocios Estratégicos en
Skysense

Correo: maria.matus@skysense.com.mx

Celular:
2281320782

www.cpef.org.mx



Análisis de Marca y Tecnología de Vanguardia en Sistemas de Almacenamiento Energético

Diego Rasilla
Quartux México

1 Introducción



- Contexto general del mercado de almacenamiento de energía
- Importancia estratégica de las marcas y fabricantes en la transición energética
- **Objetivo de la presentación:** mostrar el panorama de fabricantes, la cadena de valor tecnológica y destacar un caso real de integración exitosa en México (Quartux)

2 Marcas y Fabricantes Líderes

- **2.1 PANORAMA GLOBAL**

- **Empresas con mayor participación de mercado en soluciones energéticas** (Ej: CATL, Tesla, BYD, LG Energy Solution)
- **Innovaciones relevantes:** densidad energética, modularidad, seguridad, interoperabilidad

- **2.2 TENDENCIAS CLAVE**

- Mayor inversión en I+D
- Estándares de seguridad internacionales
- Adaptabilidad a microrredes y aplicaciones industriales



3 Fabricantes de celdas y baterías

3.1 PROTAGONISTAS EN TECNOLOGÍA DE CELDAS

- **Principales fabricantes de celdas**
 - Ej. Samsung DSI, Panasonic, EVE, CALB
- **Tipos de baterías usadas en BESS**
 - LFP, NMC, etc.

3.2 FACTORES DE DECISIÓN

- Ciclo de vida útil
- Seguridad térmica
- Costos por kWh
- Certificaciones y normativas



4 Integradores de Sistemas y Soluciones BESS

4.1 ROL DE LOS INTEGRADORES

- **Función clave en la cadena:** diseño, instalación operación (EMS), soporte y servicio postventa
- Ejemplos integradores globales y regionales

4.2 CASO QUARTUX (MÉXICO)

- Asociaciones con fabricantes Tier-1 (seguridad y calidad garantizada)
- Ejemplo de diseño modular y escalable
- **Logros**
 - +200,000 horas de operación
 - +1 GWh descargada
 - 40% ahorro energético
- **Diferenciales tecnológicos**
 - EMS propio
 - Soporte local 24/7
 - Integración con renovables y CEMS



5 Visión a Futuro

- **Evolución tecnológica esperada**
 - Mayor capacidad y menor costo
 - Automatización con IA en la gestión energética
 - Almacenamiento como servicio (Energy Storage-as-a-Service)
- **Proyecciones para México y Latinoamérica**
- **Nueva competencia:** hidrógeno verde, supercapacitores, redes inteligentes



6 Conclusión



- La clave para elegir la mejor marca y tecnología depende del uso, aplicación y nivel de integración
- Los líderes del mercado aportan innovación, pero el integrador local agrega valor operativo
- Casos como Quartux demuestran que la adopción de BESS es viable, rentable y sostenible para la industria mexicana



Algunos clientes satisfechos







¡Gracias!

Diego Rasilla
diego.rasilla@quartux.com

Quartux México

ventas@quartux.com

55 5254 5126

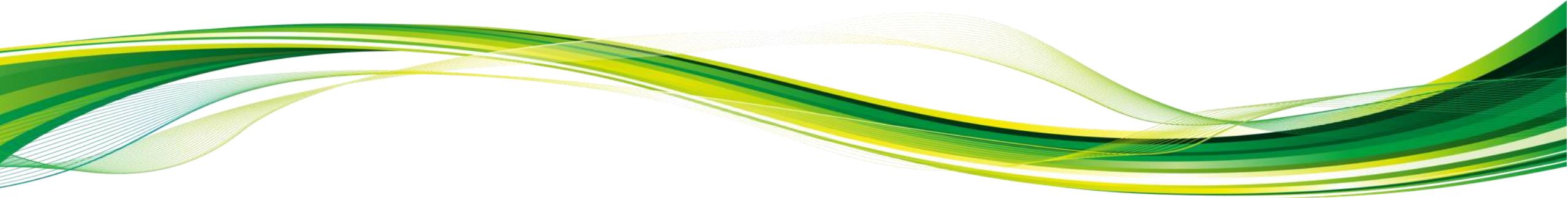


ELECTROMOVILIDAD

Control avanzado de sistemas de energía

Objetivo

Conocer principios fundamentales del control de sistemas eléctricos y las posibilidades de la aplicación del almacenamiento de energía.



Componentes de Sistemas de Potencia

Código de Red

Sistema de Generación (Fuente de Potencia)

Ideal: Define la potencia y tensión

Carga o demanda (Consumidor de Potencia)

Ideal: Valor resistivo constante

Sistema de Transmisión (Transmisión de Potencia)

Ideal: Conductor perfecto

Sistema de Distribución (Transmisión de Potencia)

Reticulación local de Potencia

Controladores de potencia, sensores (Coordinación)

- ⚡ Fuentes y cargas
- ⚡ Protección
- ⚡ Previsión, predicción

Energía de almacenamiento y rango

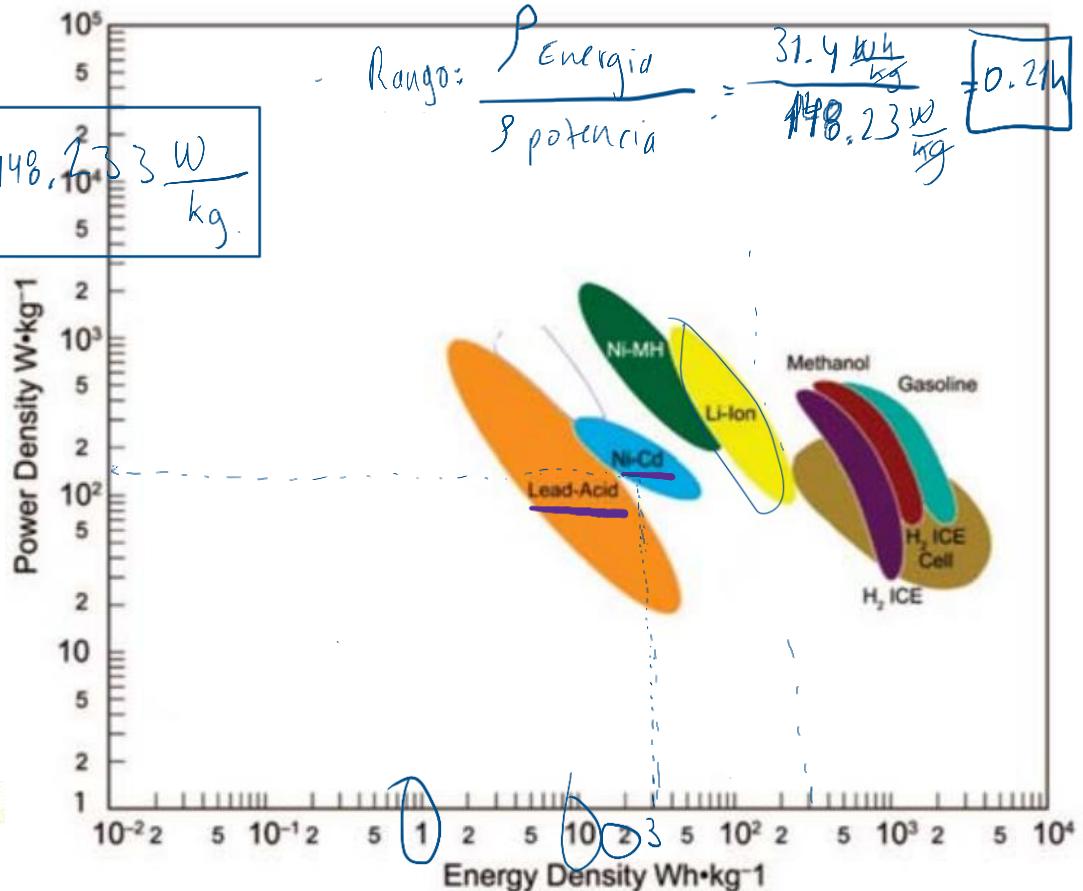
Comparando densidad de energía y potencia por combustible.

$$\frac{\text{Potencia}}{\text{Peso}} = \frac{390,000 \text{ W}}{2631 \text{ kg}} = 148,133 \frac{\text{W}}{\text{kg}}$$

Densidad de potencia = aceleración.

Densidad de energía = rango.

La paridad entre potencia y rango en un vehículo eléctrico se presenta a 1/3 del de un vehículo de combustión interna.



Costos de sistemas de baterías para electromovilidad

✓EMO

Fabricación de celda: \$ 100 USD/kWh

Materiales celda: \$ 100 USD/kWh

Empaque: \$ 50 USD/kWh

BESS

$$\frac{\$51,600}{175 \text{ kWh}} = 240 \text{ USD/kWh}$$

100 USD/kWh

50 USD/kWh

250 USD/kWh



Recarga de vehículos eléctricos

El proceso de carga se clasifica por razón de carga y el sitio.



La carga impacta a la batería.

La carga impacta a la Red.

¡La gestión de la carga es un reto clave del futuro!

Perfil de carga típico de EV

Evitar sobre descargas requiere de elegir el modelo adecuado de batería.

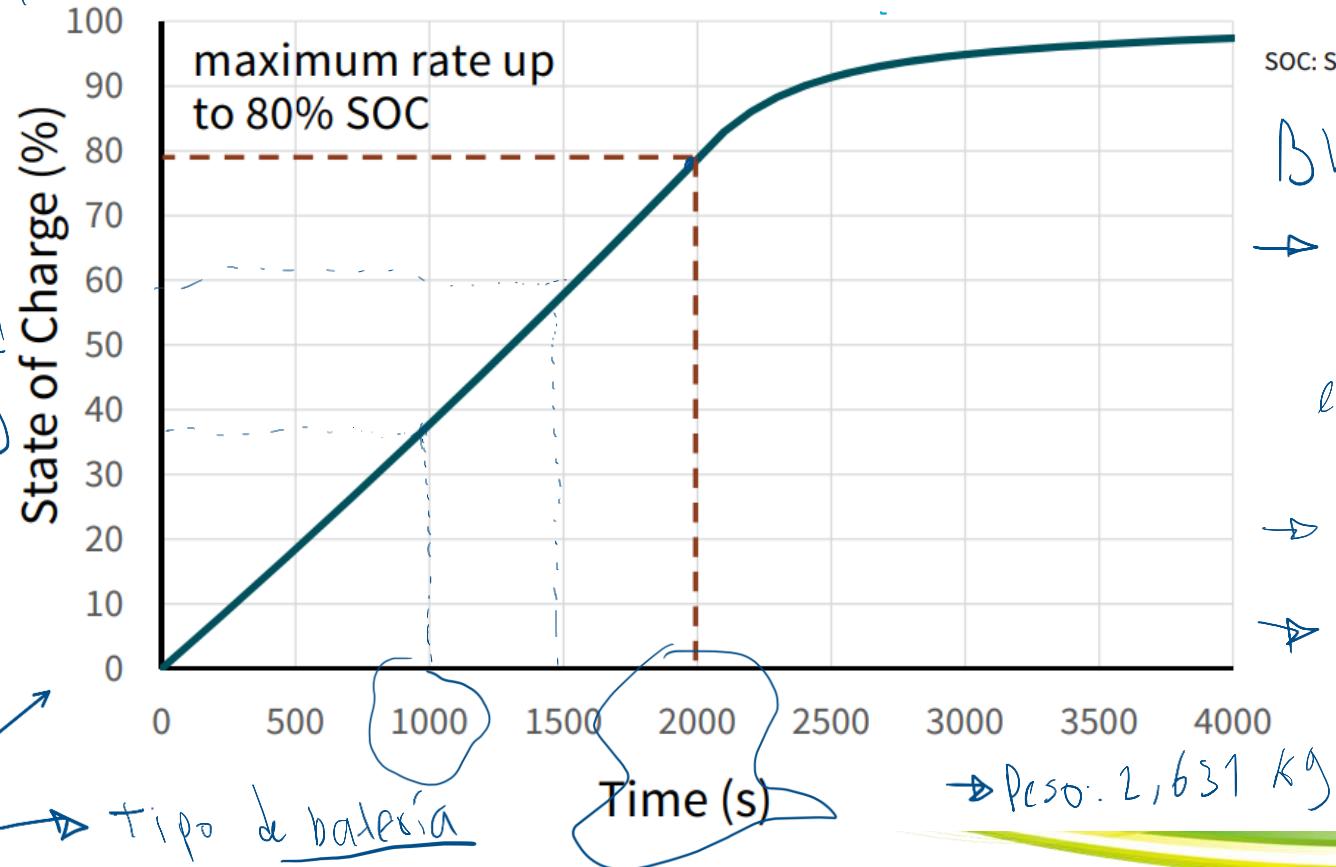
Densidad de energía.

82; 560 kWh

2,631 kg

5. Pengaruh $\frac{1}{2} 31$

Tipos de carga



SOC: State of Change

BYD Seal.

→ Acceleration: $0-100 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

en 3.8 Seg.

→ Potencia nominal: 390 kW

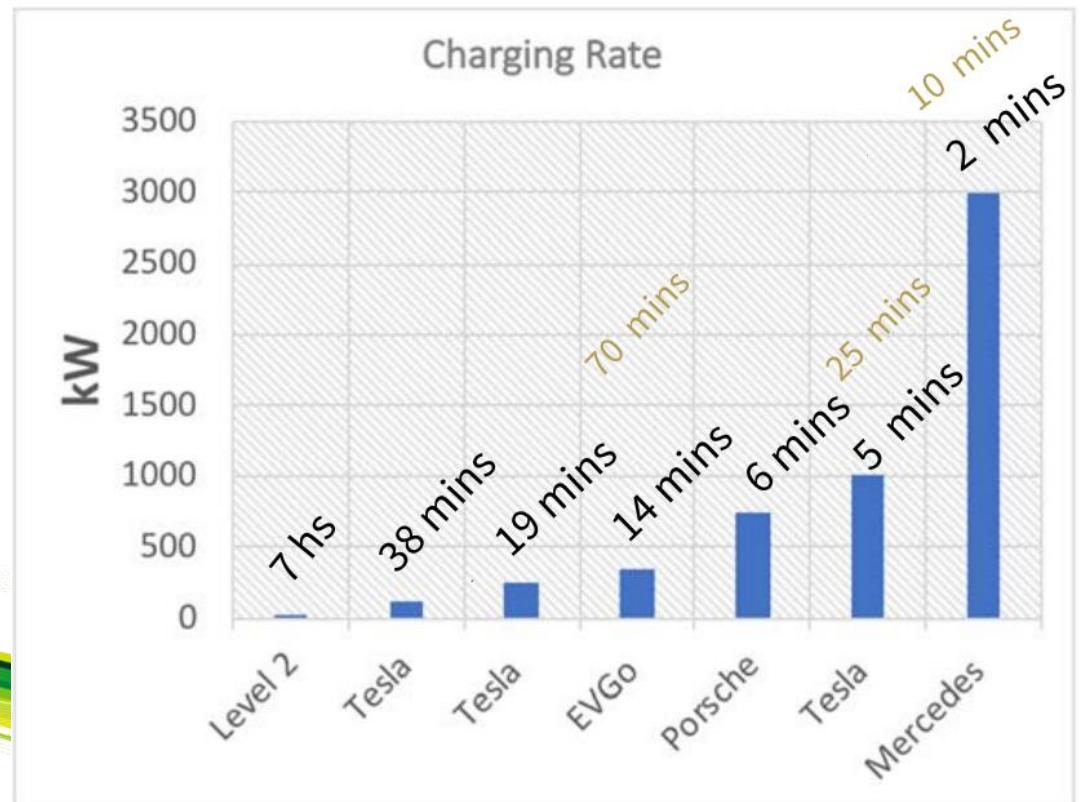
→ Range: 570 Km

La carga rápida impacta a las Redes de Distribución

Dentro del Sistema de California, se estima que la Electromovilidad provoque un incremento anual del 5% del consumo de energía desde la Red.

Es necesaria una gestión socioeconómica para conducir una distribución geográfica.

¡La velocidad de carga está aumentando!



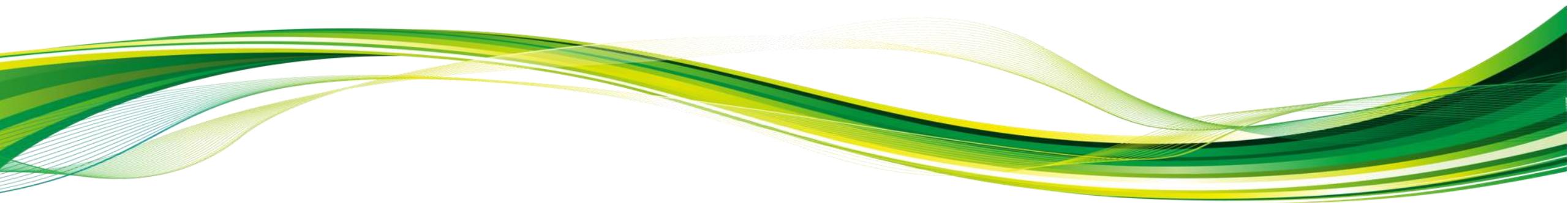
+ EVs + consumo de energía

Acelera efectos de envejecimiento a los transformadores.

Las pérdidas en la Red aumentan.

Las variaciones de tensión aumentan de manera significativa.

¡La integración de la Electromovilidad puede crecer conforme la Red crezca!



El comportamiento de la carga determina su impacto

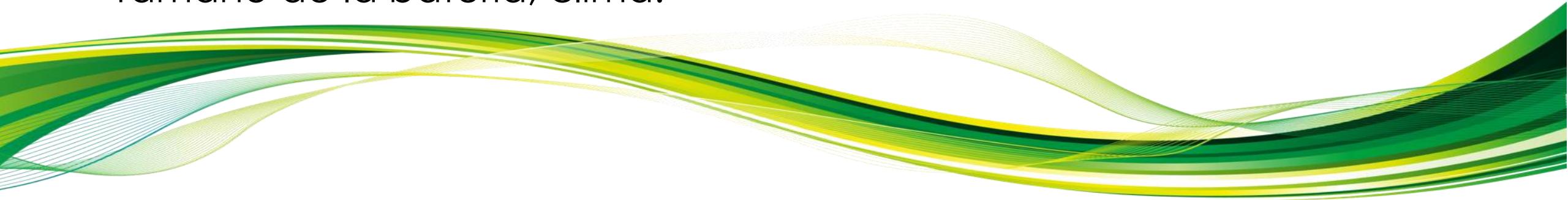
Flotas vs unidades propias.

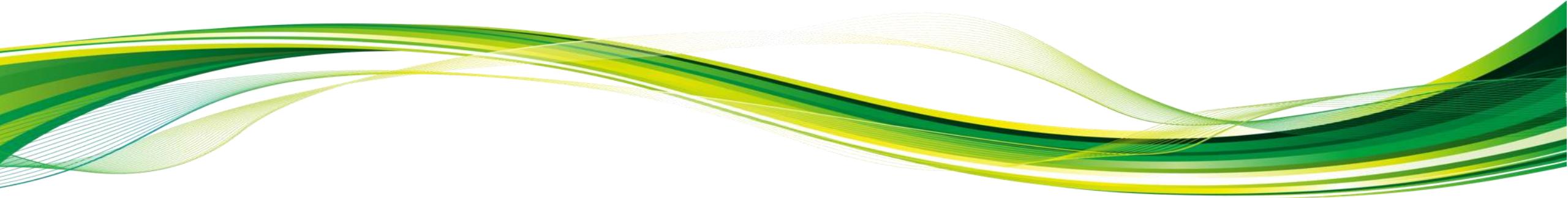
Autónomo vs convencional.

Urbano vs suburbano.

Camiones vs autos.

Tamaño de la batería, clima.





La coordinación a escala es compleja

Requiere conocimiento de la Red.

Distintos jugadores con propósitos misceláneos.

Fluctuaciones dramáticas de la demanda.

Número considerable de estándares involucrados:

- Conectores
- Interfases
- Niveles de potencia
- Estándares de baterías
- Protocolos para intercambio de energía.
- Protocolos de comunicación entre vehículos y Red.

Ejemplo general de electromovilidad

Flota de vehículos eléctricos articulados

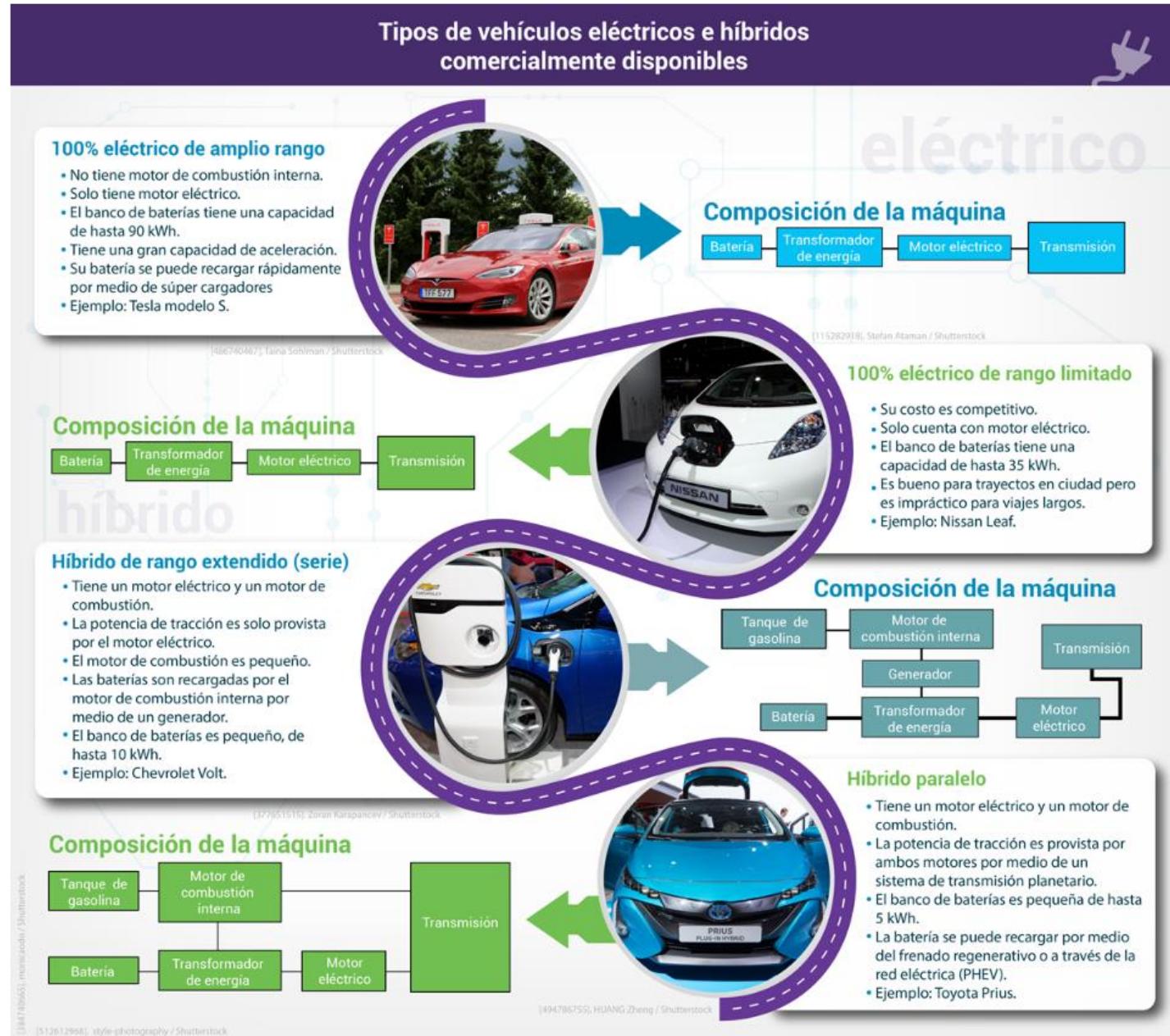
Unidades: 78

Energía a almacenar por camión: 472.6 kWh

Longitud de operación al día: 290 km

Ventana de tiempo de carga: 4 horas





Clases y categorías por peso de vehículos

Gross Vehicle Weight Rating (lbs)	Federal Highway Administration		US Census Bureau
	Vehicle Class	GVWR Catagory	
<6,000	Class 1: <6,000 lbs	Medium Duty 10,001–26,000 lbs	Light Duty <10,000 lbs
10,000	Class 2: 6,001–10,000 lbs		Light Duty <10,000 lbs
14,000	Class 3: 10,001–14,000 lbs		Medium Duty 10,001–19,500 lbs
16,000	Class 4: 14,001–16,000 lbs		Light Heavy Duty: 19,001–26,000 lbs
19,500	Class 5: 16,001–19,500 lbs		
26,000	Class 6: 19,501–26,000 lbs		
33,000	Class 7: 26,001–33,000 lbs		
>33,000	Class 8: >33,001 lbs		Heavy Duty >26,001 lbs

Gross Vehicle Weight Rating (lbs)	EPA Emissions Classification					
	Heavy Duty Vehicle and Engines			Light Duty Vehicles		
H.D. Trucks	H.D. Engines	General Trucks	Passenger Vehicles			
<6,000 6,000	Light Duty Truck 1 & 2 <6,000 lbs	Light Light Duty Trucks <6,000 lbs	Light Duty Trucks < 8500 lbs	Light Duty Vehicle < 8500 lbs		
	Light Duty Truck 3 & 4 6,001–8,500 lbs	Heavy Light Duty Trucks 6,001–8,500 lbs				
	Heavy Duty Vehicle 2b 8,501–10,000 lbs	Light Heavy Duty Engines 8,501 lbs–19,500 lbs				
	Heavy Duty Vehicle 3 10,001–14,000 lbs					
	Heavy Duty Vehicle 4 14,001–16,000 lbs					
	Heavy Duty Vehicle 5 16,001–19,500 lbs					
	Heavy Duty Vehicle 6 19,501–26,000 lbs	Medium Heavy Duty Engines 19,501–33,000 lbs				
	Heavy Duty Vehicle 7 26,001–33,000 lbs					
33,000	Heavy Duty Vehicle 8a 33,001–60,000 lbs	Heavy Heavy Duty Engines Urban Bus >33,001				
	Heavy Duty Vehicle 8b >60,001					

Clases y categorías por peso de vehículos

Class One: 6,000 lbs. or less



Class Two: 6,001 to 10,000 lbs.



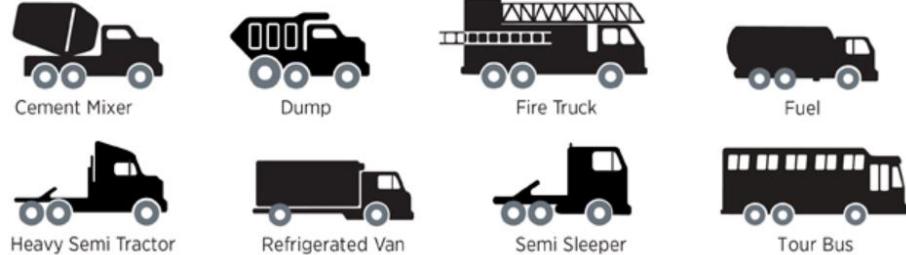
Class Three: 10,001 to 14,000 lbs.



Class Four: 14,001 to 16,000 lbs.



Class Eight: 33,001 lbs. & over



Class Five: 16,001 to 19,500 lbs.



Class Six: 19,501 to 26,000 lbs.



Class Seven: 26,001 to 33,000 lbs.



Tabla tomada de "Types of Vehicles by Weight Class" s.f. U.S. Department of Energy. (<https://afdc.energy.gov/data/10381>)

Licencia: Public Domain

Niveles de automatización de manejo

Copyright © 2021 SAE International. The summary table may be freely copied and distributed AS-IS provided that SAE International is acknowledged as the source of the content.

	SAE LEVEL 0™	SAE LEVEL 1™	SAE LEVEL 2™	SAE LEVEL 3™	SAE LEVEL 4™	SAE LEVEL 5™
What does the human in the driver's seat have to do?	You are driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering	You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety		You are not driving when these automated driving features are engaged – even if you are seated in “the driver’s seat”	When the feature requests, you must drive	These automated driving features will not require you to take over driving

Copyright © 2021 SAE International.

What do these features do?	These are driver support features			These are automated driving features	
	These features are limited to providing warnings and momentary assistance	These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver	These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met	This feature can drive the vehicle under all conditions
Example Features	<ul style="list-style-type: none"> automatic emergency braking blind spot warning lane departure warning 	<ul style="list-style-type: none"> lane centering OR adaptive cruise control 	<ul style="list-style-type: none"> lane centering AND adaptive cruise control at the same time 	<ul style="list-style-type: none"> traffic jam chauffeur 	<ul style="list-style-type: none"> local driverless taxi pedals/steering wheel may or may not be installed

Gracias

Ing. Rodolfo Alvarado Castañeda



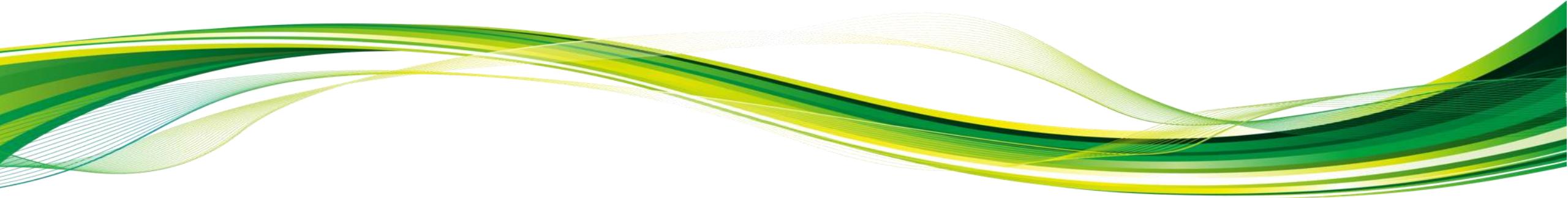
<https://www.volvoce.com/global/en/news-and-events/news-and-stories/2019/five-life-changing-benefits-of-electromobility/>

MANTENIMIENTO Y MODELACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

Aspectos prácticos

Objetivo

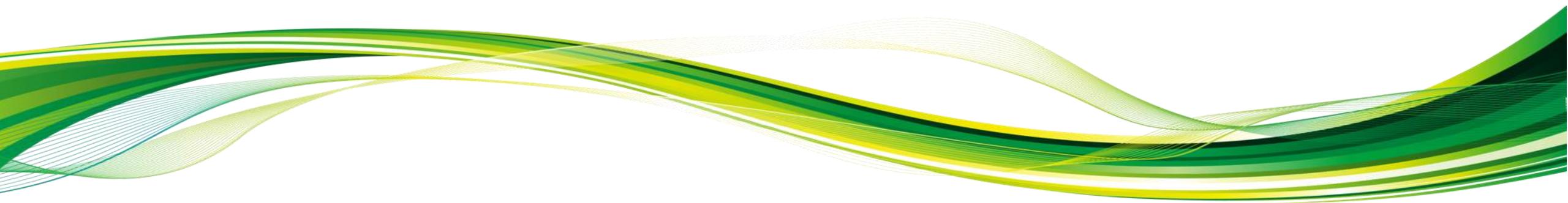
Conocer principios fundamentales para el mantenimiento de sistemas de almacenamiento de energía a partir de modelado.



Mantenimiento general de BESS

Aspectos generales:

- Asegurar la seguridad.
- Administrar los costos.
- Maximizar el rendimiento.
- Mantener una alta disponibilidad.
- Extender la vida de los equipos.
- Fomentar una cultura de mantenimiento continuo.



Mantenimiento preventivo

Actividad	Descripción
Limpieza regular e inspección visual	Revisión visual detectando daños, corrosión o fugas.
Inspección del arnés de cable.	Verificar que los cables de fuerza y cables de control sigan intactos.
Infiltración de roedores	Revisar si hay cables mordidos, nidos, excrementos.
Sistema de refrigeración	Limpieza de filtros, prueba de las unidades de climatización, comprobación de la presión y el nivel del líquido refrigerante, limpieza de la ventilación y estado de los tubos de refrigeración.
Conexión de baterías	Verifique que todos los terminales estén bien engrasados, que las conexiones estén bien apretadas y que ninguna conexión esté floja.
Comprobación aleatoria del par de apriete de los tornillos	Para cualquier conexión mecánica, verificar que los tornillos no se hayan aflojado comprobando el par de apriete en algunas muestras de los mismos.
Registros de temperatura	Mantener el sistema funcionando dentro de los límites de temperatura estipulados, verifique si ha habido algún evento de alta temperatura localizada a lo largo del tiempo.

Mantenimiento preventivo

Actividad	Descripción
Equipo auxiliar	Verifique el funcionamiento de los sensores de humo, sensores de gas, ventilaciones y alarmas.
Actualización de Software	Implementar correcciones de errores, garantizar un seguimiento adecuado del rendimiento del sistema y asegurar la compatibilidad con el protocolo de servicio del proveedor. Esto se suele hacer en tiempo real como parte del programa de ciberseguridad.
Mantenimiento de equipos de red	Verificar las conexiones y el funcionamiento de todos los equipos de comunicaciones.
Pruebas de protección contra incendios	A menudo, en colaboración con los servicios de emergencia locales, compruebe que los sistemas de protección estén en alerta y listos para responder a cualquier incidente.
Cumplimiento de las normas medioambientales	Verificar si ha habido derrames, incidentes ruidosos, encuentros con animales salvajes u otros protocolos medioambientales.
Revisión del inventario	Siempre que se hayan utilizado piezas para el mantenimiento preventivo o correctivo, compruebe que se hayan repuesto todas las existencias.
Prueba de capacidad	Planificar la prueba de capacidad según las condiciones estipuladas en el BESA y/o el acuerdo de compra, si procede.
Estrategia de despacho del mercado	Verificar que el sistema responda según lo previsto a todos los eventos y que cumpla con la estrategia de optimización del mercado prevista. A menudo, esta tarea la lleva a cabo el administrador de activos.
Historial de datos	Verificar que se estén realizando las copias de seguridad adecuadas, que se investiguen cualquier anomalía en los datos y que no se hayan producido pérdidas de datos inesperadas.

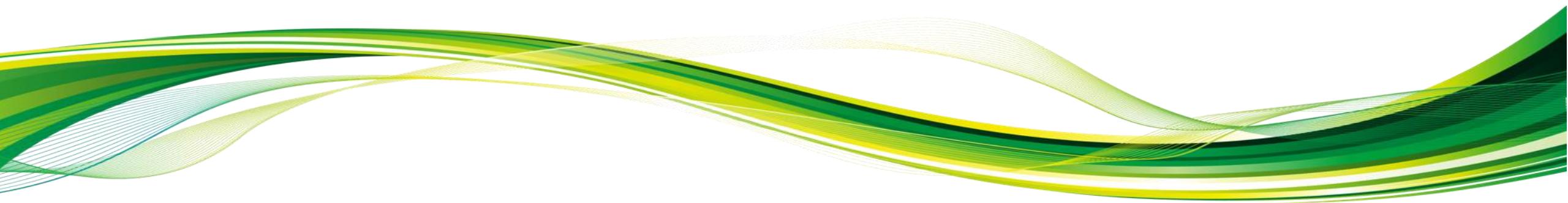
Mantenimiento correctivo

Actividad	Descripción
BESS, mantenimiento correctivo de la unidad	Sobrecalentamiento de celdas/módulos, desequilibrios de voltaje, sensores que no funcionan o degradación de la capacidad.
Mantenimiento correctivo de la unidad PCS	Problemas con el sistema de ventilación, baja disponibilidad o tiempos de respuesta lentos.
Mantenimiento correctivo de la unidad MVT	Fallo del sistema de refrigeración, reducción de potencia o fallo catastrófico del transformador.
Mantenimiento correctivo de BoP	Disyuntores o fusibles disparados, problemas de aislamiento de los conductores.
Comunicaciones/red mantenimiento correctivo	Incapacidad para leer sensores, tiempos de reacción lentos, ciberataques.
Mantenimiento correctivo de subestaciones	Problemas o fallos de la parte interior, sustitución de componentes clave.
Activación de alarmas contra incendios.	Se envían avisos falsos a los servicios de emergencia.
Tramitación de reclamaciones de garantía	Verificación de cualquier posible defecto o disposiciones sobre defectos en serie dentro de la garantía de una batería.
Ánálisis causa raíz	Verificación de la causa de algún fallo crítico

¿Qué es la resistencia interna de una batería?

La resistencia interna es uno de los parámetros que indican la capacidad de una batería para transportar corriente.

Cuando el valor de la resistencia interna es bajo, la batería puede transportar una cantidad significativa de corriente. Por otro lado, una batería con alta resistencia interna solo puede transportar una pequeña cantidad de corriente.



¿Qué es la resistencia interna de una batería?

$$E_0 = 10 \text{ V}$$

La Fig.1 muestra un ejemplo de la configuración interna de una batería. Idealmente, la resistencia interna de una batería debería ser cero, lo que permitiría un flujo de corriente máximo sin pérdida de energía. Sin embargo, en realidad, como se ilustra en la figura 1, la resistencia interna siempre está presente.

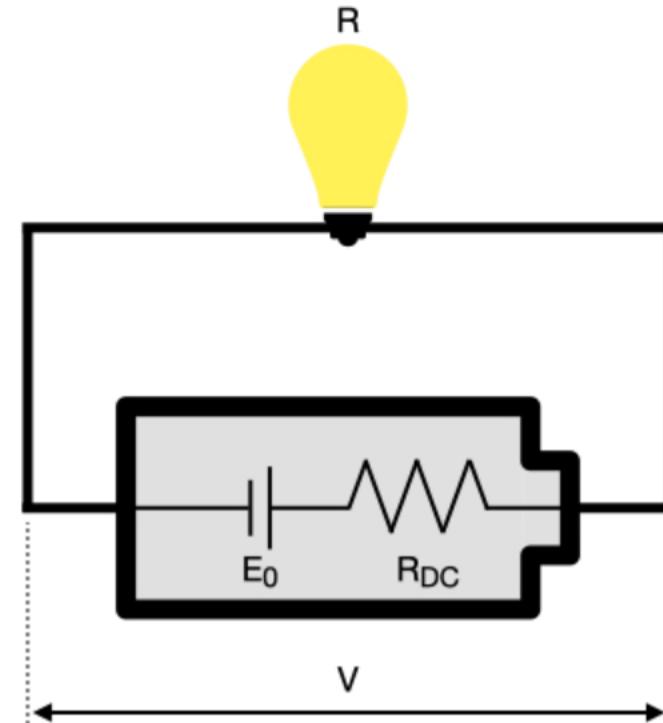


Fig.1 Configuración interna de una batería

Ejemplo de resistencia interna

El voltaje de la batería está determinado por la resistencia interna y la corriente de salida.

Supongamos que tenemos una fuerza electromotriz de batería de $E_0 = 10$ V.

Cuando la resistencia interna de la batería, R_{DC} , es $1\ \Omega$, y la carga, R , es $9\ \Omega$, la batería genera un voltaje de 9 V.

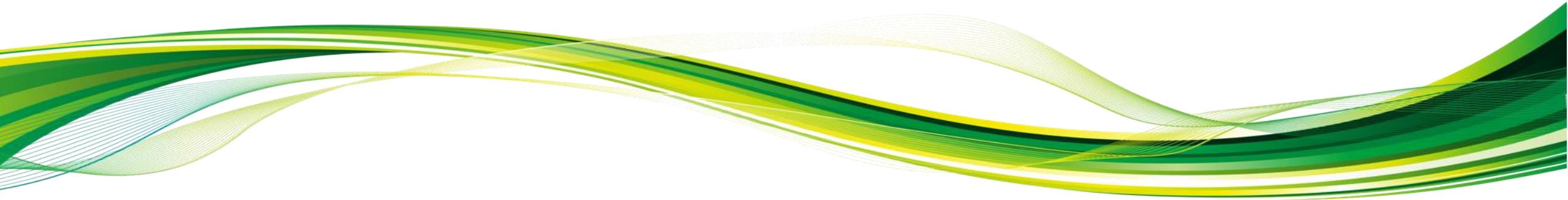
Sin embargo, si la resistencia interna aumenta a $2\ \Omega$, el voltaje de salida cae a aproximadamente 8,2 V.

Síntesis de resistencia interna

La resistencia interna influye en la capacidad de carga de corriente de una batería.

Cuanto mayor es la resistencia interna, mayor es la pérdida de energía, que se convierte en "calor".

Este calor no sólo representa un desperdicio de energía, sino que también contribuye a la degradación de la batería.



Inspección de calidad durante la producción de baterías

La primera razón para medir la resistencia interna es garantizar el control de calidad durante toda la producción. Es posible determinar la calidad de una batería midiendo su resistencia interna.

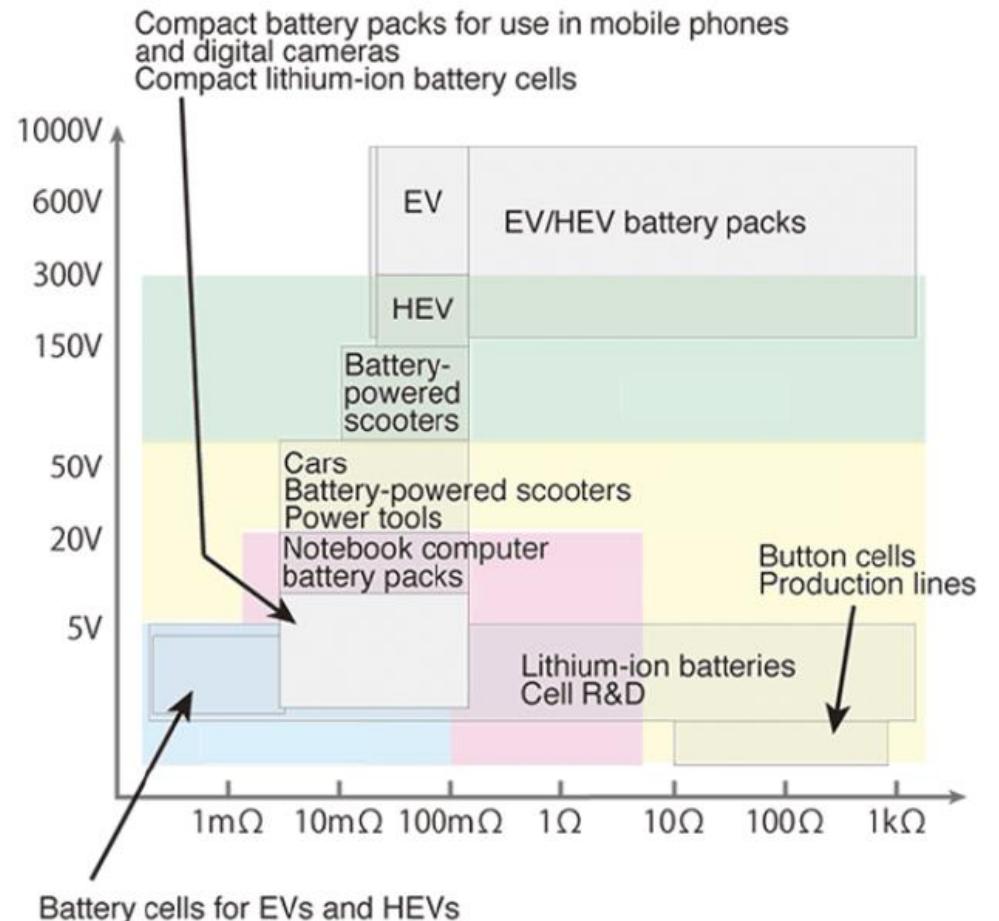
Modelo	Tensión máxima	Parámetros medidos	Rangos de resistencia interna	Precisión Resolución	Observaciones
FLUKE BT500 series	60 V	Tensión DC, resistencia interna, rizado, temperatura	0...3000 mΩ	0,8% 0,001 mΩ	Baterías de backup
HIOKI BT3554	60 V	Tensión DC, resistencia interna	0...3000 mΩ	0,8% 0,001 mΩ	Baterías de ácido
BK BA6010 series	60 y 300 V (según modelo)	Tensión DC, resistencia interna, C, L, D, Z, X, Q,...	0...3 KΩ	0,5% 0,01 mΩ	Medida de varios parámetros auxiliares
HIOKI BT3562 - BT3563	60 y 300 V (según modelo)	Tensión DC, resistencia interna	0...3 KΩ	0,5% 0,1 uΩ	
HOPETECH HT3563 series	60, 300, 800 y 10000 V (según modelo)	Tensión DC, resistencia interna	0...3 KΩ	0,3% 0,1 uΩ	USB RS232, Ethernet
HOPETECH HT3554 series	100, 400 y 1000 V	Tensión DC, resistencia interna	0...30 Ohmios	0,5% 0,1 uΩ	
HIOKI BT3564	1000 V	Tensión DC, resistencia interna	0...3 KΩ	0,5% 0,1 uΩ	

<https://isotest.net/productos/analizadores-de-baterias/>

¿Cuántos Ohms de resistencia interna se considerarían como una batería de alta calidad?

El material, la estructura, el tamaño, el voltaje y otros factores, los diferentes tipos de baterías tienen distintos niveles de resistencia interna.

Algunas baterías son de $m\Omega$ y otras hasta $1k\Omega$.



Inspección de calidad durante la producción de baterías

La determinación mediante la resistencia interna permite una calidad de batería constante que cumple con las especificaciones. Desempeña un papel importante en el mantenimiento de la calidad de una batería durante la producción.

Dado que factores como las vibraciones durante el envío e incluso el paso del tiempo pueden causar defectos, las baterías se someten a una inspección de aceptación antes de ensamblar las celdas en módulos y paquetes.

Inspección de calidad durante la producción de baterías

Es importante que todas las celdas de un paquete de baterías determinado tengan una resistencia interna equivalente. Si una o más celdas tienen una alta resistencia interna o se han degradado, se convertirán en un cuello de botella y limitarán la capacidad de la batería.

Para mejorar la calidad de la batería, es importante seleccionar celdas que tengan una resistencia interna equivalente.

Mantenimiento durante el funcionamiento con batería

La segunda razón para medir la resistencia interna es el mantenimiento de la batería. La resistencia interna de una batería aumenta gradualmente a medida que se usa.

La energía de una batería proviene de la reacción química entre los electrolitos y los electrodos. Sin embargo, durante un largo período de tiempo, la reacción química se ralentizará debido al óxido y la corrosión dentro de los electrodos.

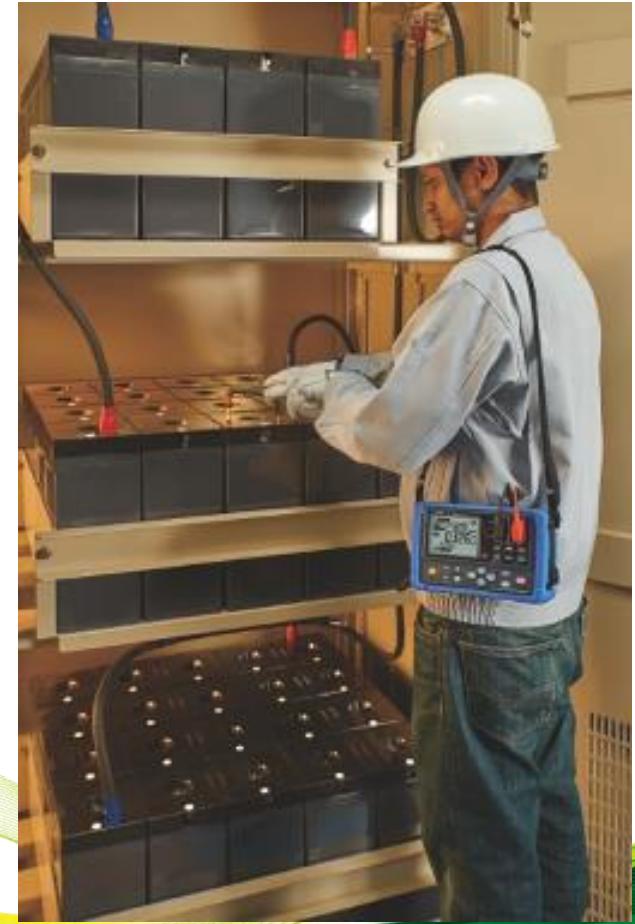
A medida que la reacción química se ralentiza, la resistencia interna de la batería aumenta.

Mantenimiento durante el funcionamiento con batería

Cuando se trata de baterías de almacenamiento, como UPS, es fundamental que las baterías proporcionen suficiente energía cuando sea necesario.

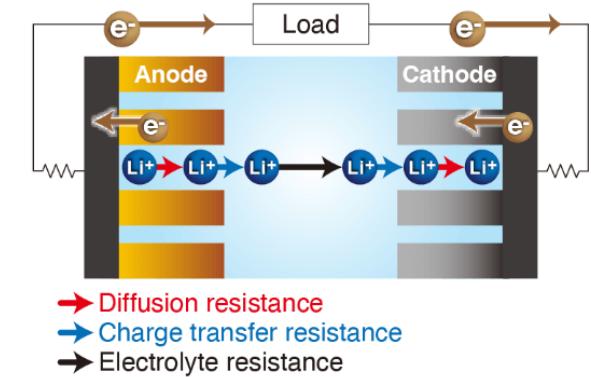
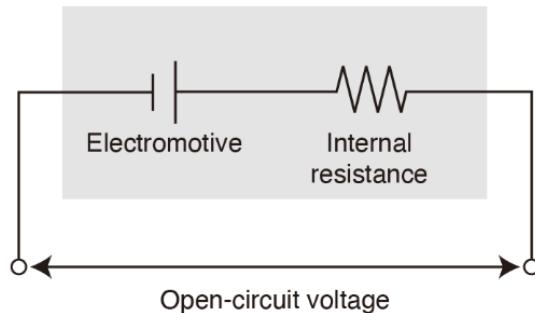
Midiendo la resistencia interna de la batería de forma regular, se puede eliminar una batería degradada.

La resistencia interna de una batería es un parámetro importante para la inspección de calidad durante el proceso de producción y mantenimiento.



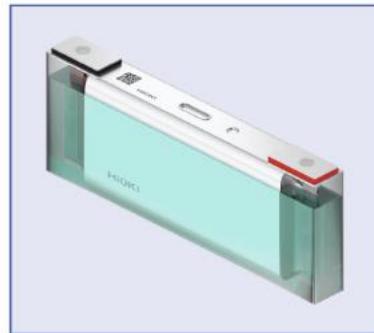
Prueba de resistencia interna de la batería de iones de litio

En las líneas de producción de celdas de batería, las celdas defectuosas se detectan comparando la resistencia interna de las celdas probadas con la de las celdas de referencia en buen estado.



Prueba de resistencia interna de la batería de iones de litio

La prueba de resistencia interna se lleva a cabo en cada proceso después de que las celdas de la batería se llenan con electrolito y se completa su ensamblaje (prueba de carga/descarga, prueba de envejecimiento, inspecciones de envío, etc.).



Electrolyte filling



Charging and Discharging



Aging

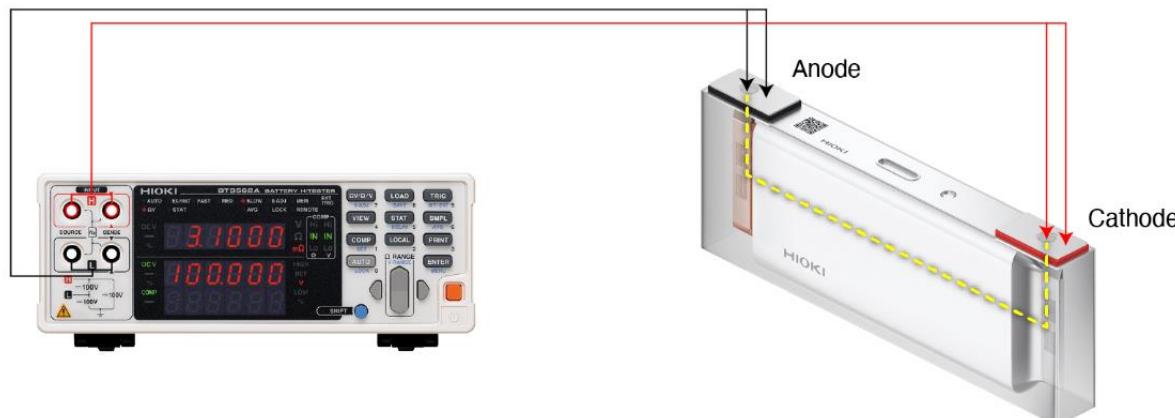


Pre-shipment inspection

Prueba de resistencia interna de la batería de iones de litio

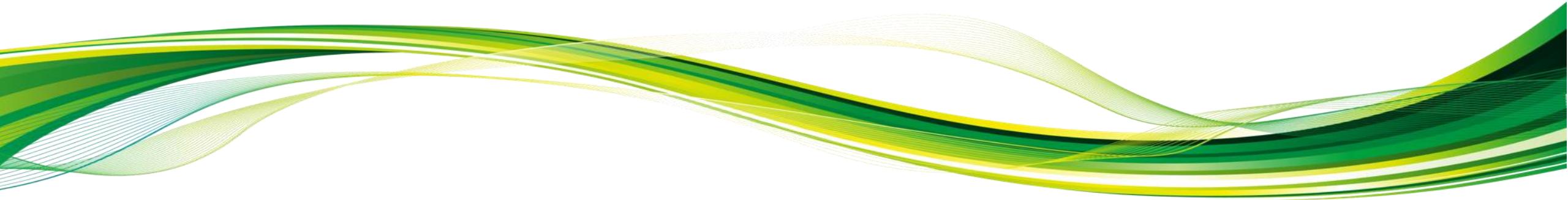
¿Cómo medir la resistencia interna?

Existen dos métodos para medir la resistencia interna: el método de CA (AC-IR) y el método de CC (DC-IR). Las pruebas en las líneas de producción utilizan el método CA.



Prueba de resistencia interna de la batería de iones de litio

Al medir la resistencia interna de una celda de batería usando el método de CA, se usa un medidor de resistencia de CA diseñado específicamente para medir niveles bajos de resistencia (es decir, un probador de batería). Los medidores de resistencia de CA aplican una señal de CA de corriente constante a la batería. Luego detectan el minúsculo voltaje generado por la corriente y calculan el valor de la resistencia.



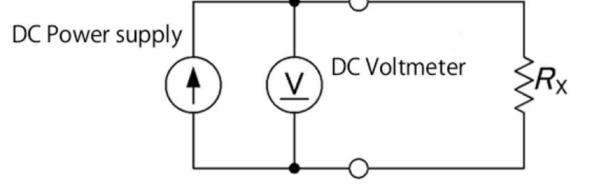
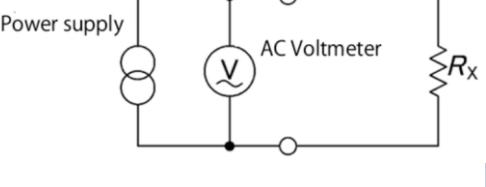
Prueba de resistencia interna de la batería de iones de litio

Tenga en cuenta que los medidores de resistencia de CC no pueden medir baterías que tengan tensión o fuerza electromotriz distinta de cero.

Método AC (AC-IR) y método DC (DC-IR):
El método de medición varía según la configuración del equipo.

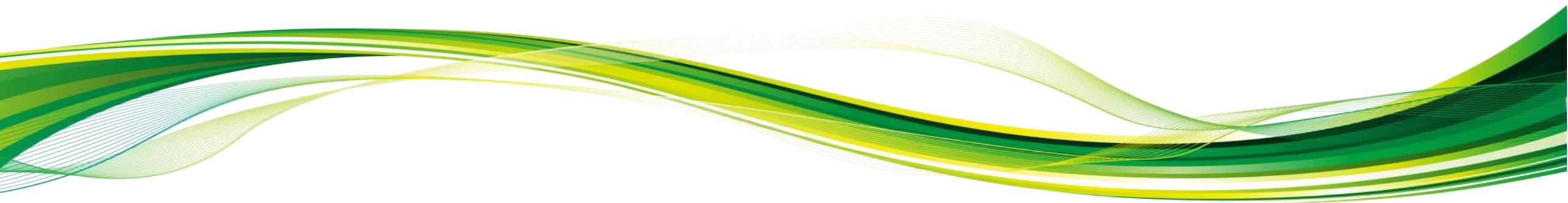
Medidores de resistencia de CA y medidores de resistencia de CC:
El método de medición varía dependiendo de si se aplica a la batería una señal de medición de CA o CC.

Comparación de métodos de medición

	Medidor de resistencia de CC	Medidor de resistencia de CA
Señal de medición Voltaje de detección	<p>DC Power supply</p> 	<p>AC Power supply</p> 
Ventaja	La medición de alta precisión es posible.	No se ve afectado por EMF. Puede medir la reactancia.
Desventajas	<p>Influenciado por la fuerza electromotriz debido a la falta de medición superpuesta de CC.</p> <p>(La función OVC permite la corrección solo de EMF térmico)</p>	Difícil de mejorar la precisión.

Comparación de métodos de medición

	Medidor de resistencia de CC	Medidor de resistencia de CA
Objetivo	Resistencia de CC, resistencia de contacto y resistencia de aislamiento de transformadores, motores y otros devanados, y resistencia de cableado de PCB	Impedancia de batería, inductor, condensador y mediciones electroquímicas
Rango de medición	10^{-8} a 10^{16} Ω	10^{-3} a 10^8 Ω

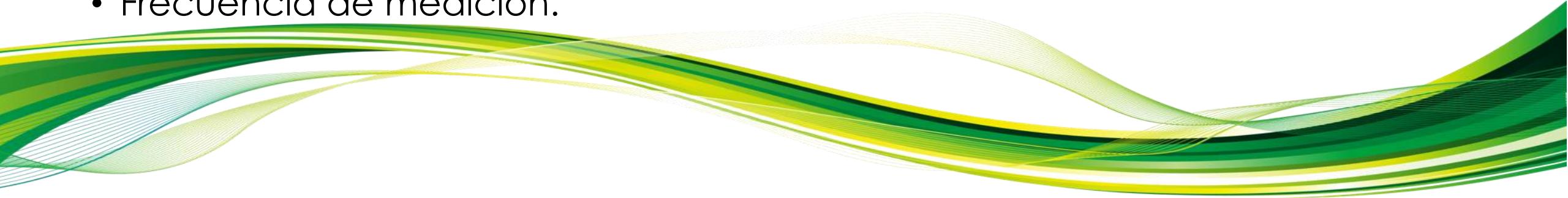


Consideraciones clave al elegir un medidor de resistencia de CA (probador de batería)

Cuando su objetivo es probar la resistencia interna de las celdas de la batería, es importante poder medir con precisión los niveles bajos de resistencia. (Cuanto más grande es una celda de batería, menor es su resistencia interna. Las celdas de batería que se usan en los vehículos suelen tener una resistencia interna inferior a $1 \text{ m}\Omega$).

Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones al elegir un medidor de resistencia de CA (probador de batería):

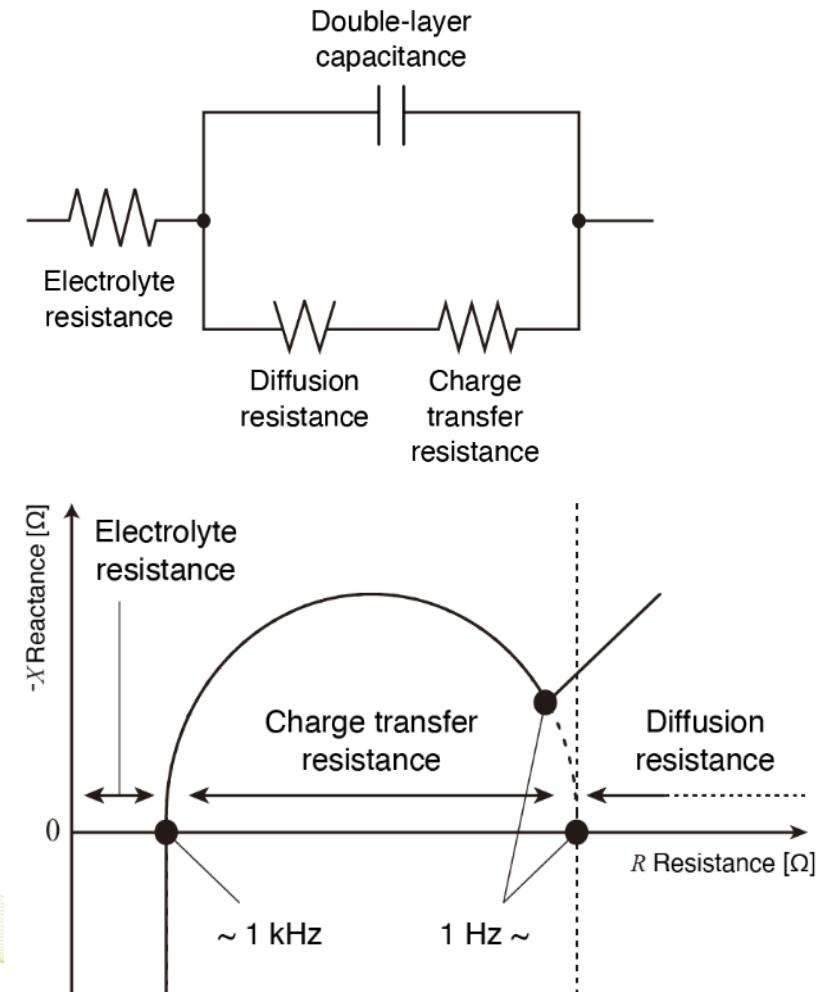
- Método de 4 terminales (medición de cuatro terminales)
- Rango de medición y resolución.
- Resistencia al ruido
- Frecuencia de medición.



Frecuencia de medición medidores CA

Los medidores de resistencia de CA (probadores de batería) aplican una señal de CA de corriente constante a la batería. Esta señal AC generalmente tiene una frecuencia fija de 1 kHz, aunque algunos productos permiten variar la frecuencia.

Recientemente, cada vez más fabricantes optan por realizar pruebas de resistencia interna en múltiples frecuencias para poder detectar celdas defectuosas de manera más efectiva.



Drawing a Nyquist or Cole-Cole plot
with an impedance spectrum

Gracias

Ing. Rodolfo Alvarado Castañeda



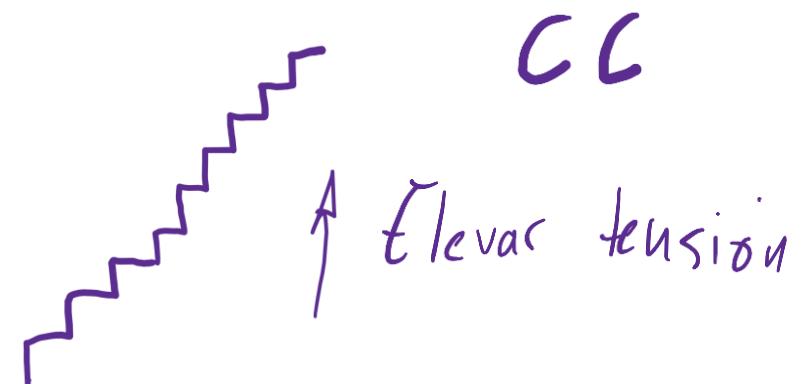
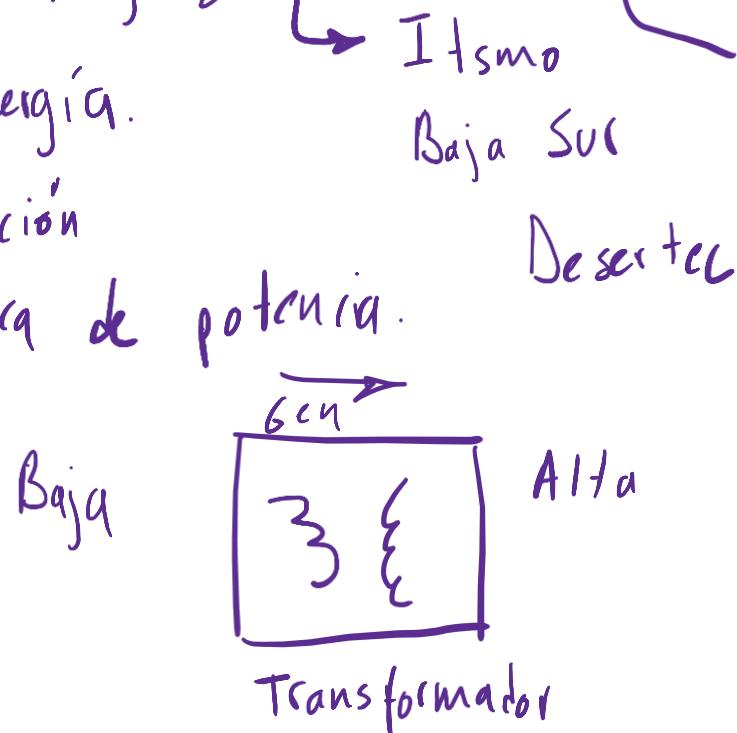
WWW.CPEF.ORG.MX



REDES ELÉCTRICAS EN CC, ALMACENAMIENTO

- Aplicación en zonas remotas.
- Transmisión en CC.
 - ↳ Líneas de gran longitud
 - ↓ Pérdidas de energía.
 - ↓ Pérdidas por inducción
- Evolución: Electrónica de potencia.

Telecomunicaciones.
Oil & Gas
Minería.



- Utilización de superconductores para la transmisión de electricidad en CC
- Redes inteligentes de transmisión.
- Control: transistors.
- Precio.
- Electromovilidad

CC

↑ Metáles.
 ↑ Demanda y consumo de energía.
 Distribución de la energía.

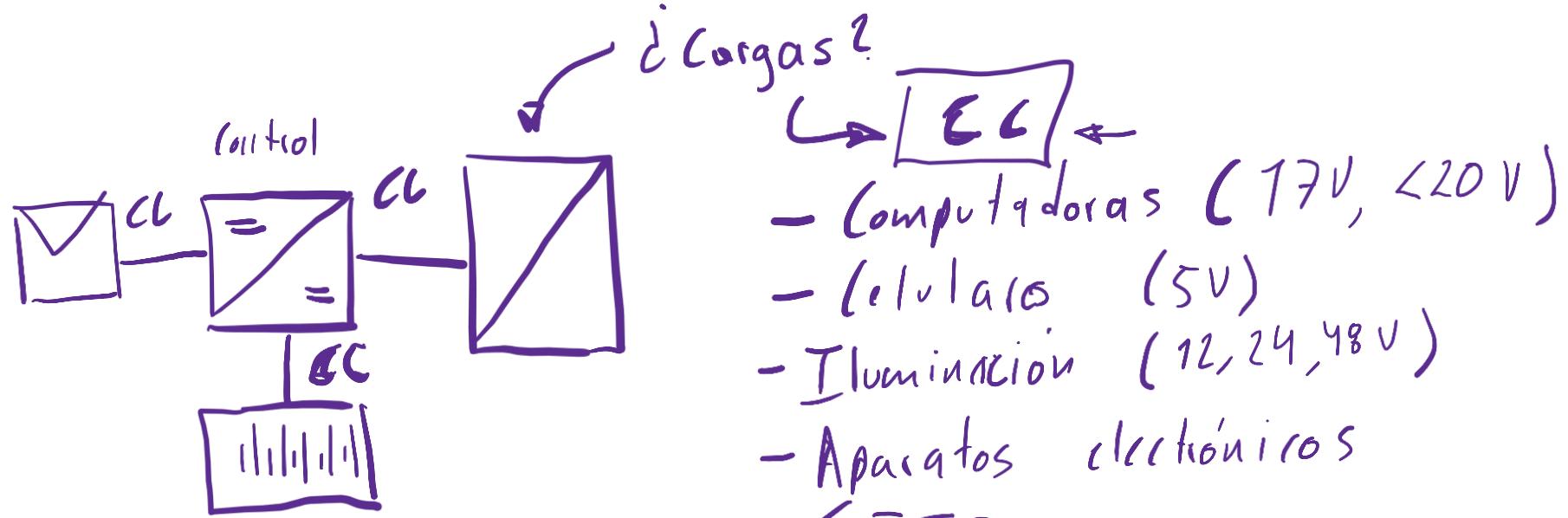
Electrolinea

(SFV)

CC \rightarrow Inv \rightarrow CA

CC \rightarrow CC

Redes de CC de Distribución



→ Control mas económico. Baterías.

Luminarios

↓
Allínone

→ Colombia

Desventajas de Redes de CC

- Bajo voltaje, ↑ Corriente, ↑ Calibre, ↑ Pérdidas Ω .
- Multi voltaje.
- Protecciones eléctricas.

CA → 600 V

CC → 24 V, 48 V

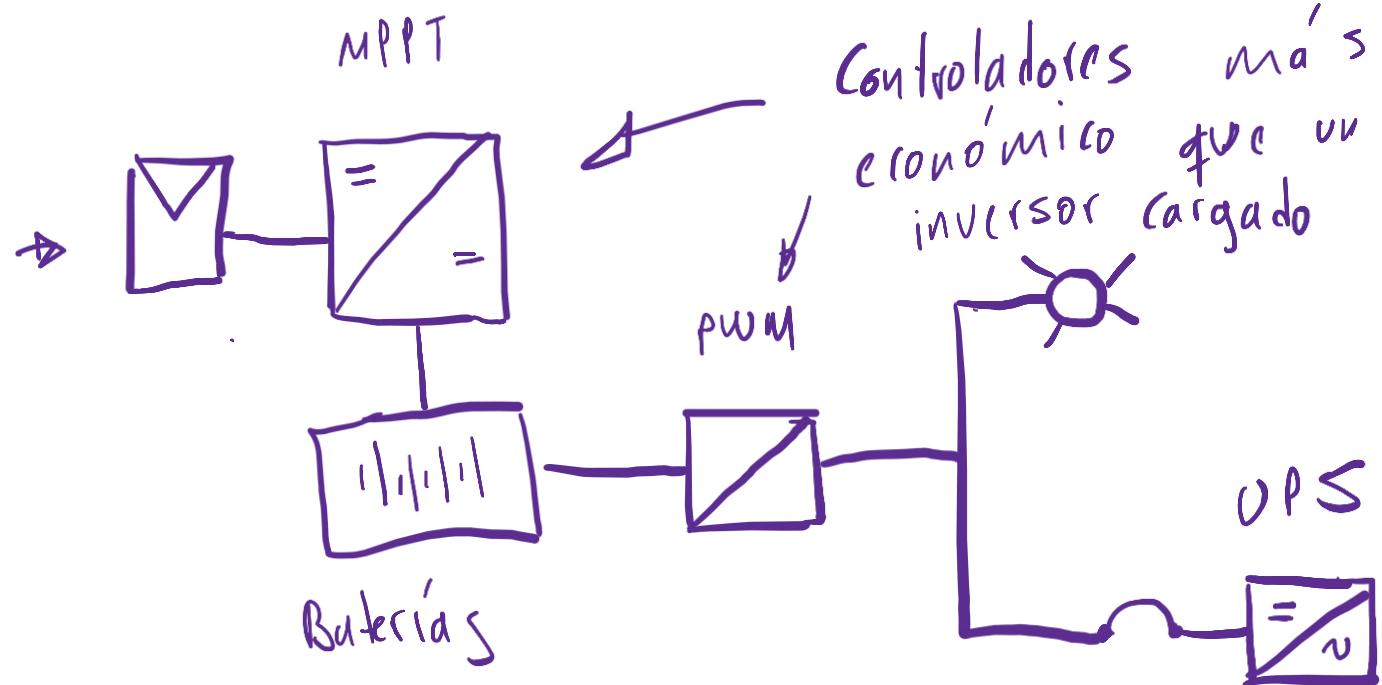
¿ Cargas ?

→ CC

- Computadoras (17V, 20V)
- Celulares (5V)
- Iluminación (12, 24, 48V)
- Aparatos electrónicos
- SITES

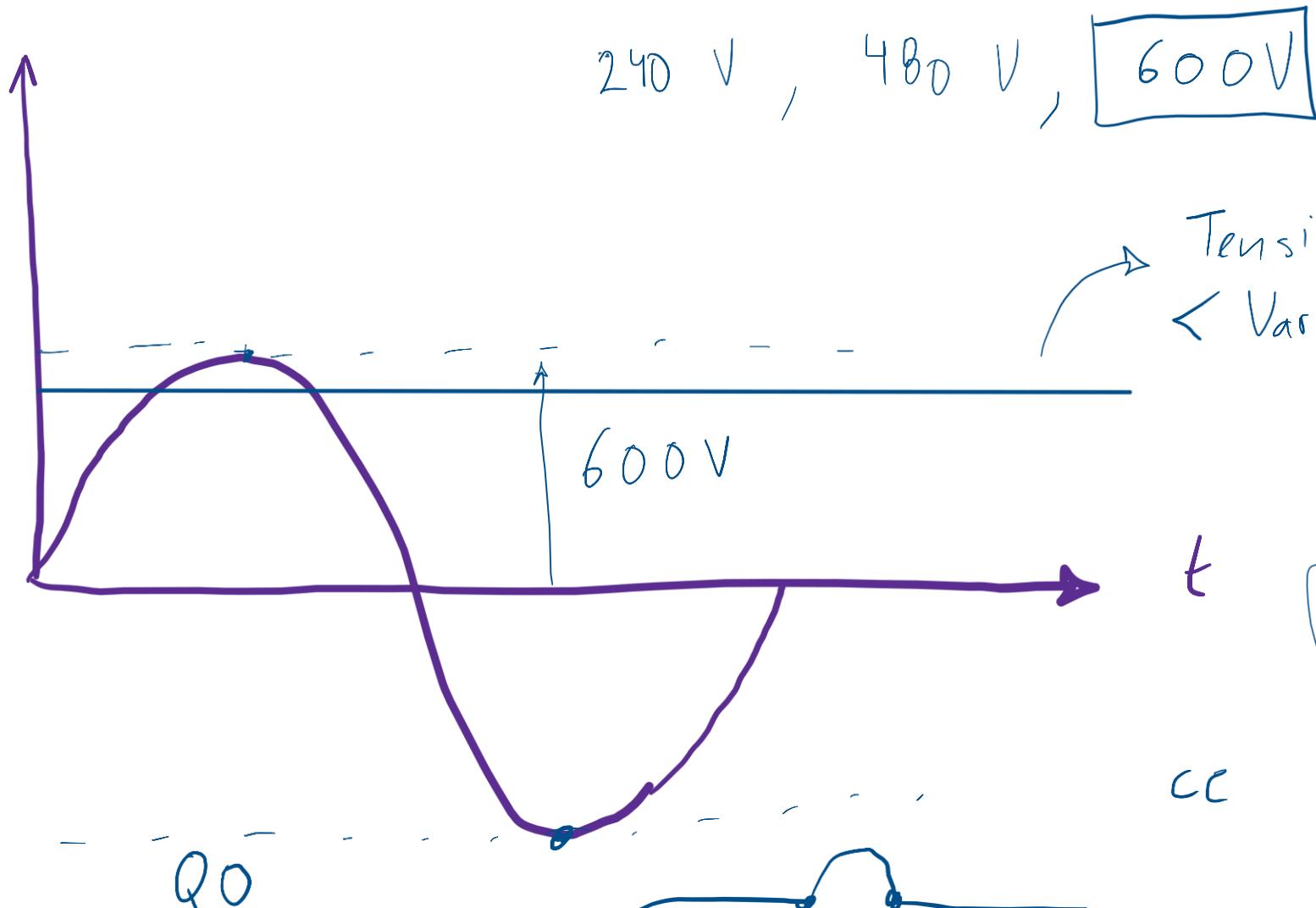
↑ Voltaje para el almacenamiento de energía. $\Rightarrow 600, \sim 1060 \text{ V}$

12, 24, 48 V



- Opera sin la red.
- Respaldo sin ruido.
- ↓ Desgaste de los equipos eléctricos.

V



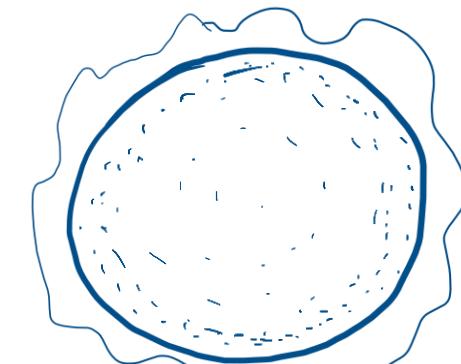
Tension constante
< Variaciones de tensión y

t

CA

CC

CC



Utility

Inversores hasta 1,500 V CC

BESS → Desventaja. \Rightarrow Integración de baja flexibilidad



(aja negra)

→ Victron → Integración de alta flexibilidad.



Outback

Redes CC

→ Cargas y tensión de operación.

→ Cálculos de caída tensión. $V = RI$

→ Corriente.

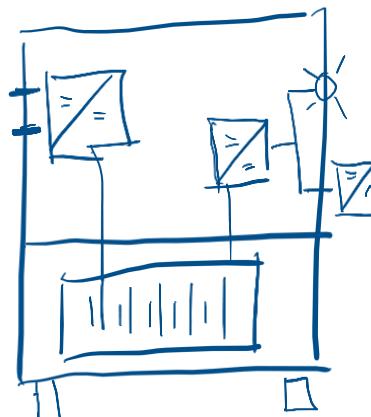
→ Flexibilidad de la aplicación.

→ ↓ Costo de los inversores.

↑ Eficiencia de los inversores.

Resistividad


$$R = \frac{\rho \cdot l}{A \cdot T}$$



→ Largas
distancias.