

28 | AGOSTO 2024



ESTUDIO DE CASO SISTEMA BESS PARA UTILITARIAS

AUTORES:

Ing. Marco E. Ortiz | Ing. Abraham Escalante | Ing. Williams Choque
UNIDAD DE MEDIA TENSIÓN - AMPER GROUP



1 INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de energía eléctrica, la necesidad de hacer más robusta la red y la transición hacia alternativas de energía renovables han impulsado la búsqueda de soluciones efectivas para el almacenamiento de energía.

Hasta hace unos años atrás, los altos costos de fabricación y la baja eficiencia de las tecnologías de almacenamiento de energía tradicionales, impidieron el despliegue masivo de sistemas de almacenamiento de energía en acumuladores. Sin embargo, el aumento en el uso de baterías de iones de litio en productos electrónicos de consumo y vehículos eléctricos han expandido la capacidad de fabricación de baterías basadas en litio a nivel mundial y en consecuencia, la utilización masiva en sistemas de pequeña y gran escala.

En los últimos años, la movilidad eléctrica ha experimentado un crecimiento acelerado, impulsando la necesidad de infraestructuras de carga eficientes y sostenibles. Las estaciones de carga para vehículos eléctricos requieren soluciones que no solo satisfagan la demanda energética de los usuarios, sino que también optimicen el uso de energías renovables y garanticen la estabilidad del sistema eléctrico. En este contexto, los sistemas de almacenamiento de energía en baterías (BESS, por sus siglas en inglés) se presentan como una tecnología clave para gestionar la intermitencia de las fuentes renovables, reducir los picos de demanda y proporcionar servicios auxiliares a la red.

2 Conceptos relevantes sobre un Sistema de almacenamiento

2.1 ¿Qué es un sistema BESS?

Los BESS son sistemas modulares de almacenamiento de energía en baterías que se pueden implementar en contenedores de transporte marítimo-terrestre estándar.

2.2 ¿Cuáles son los componentes de un sistema BESS?

Un sistema BESS está compuesto por varios componentes esenciales que trabajan en conjunto para almacenar y liberar energía de manera eficiente. Los principales elementos de un sistema BESS incluyen:

- a) **Acumuladores de Litio:** Estas baterías son el corazón del sistema BESS. Las baterías de iones de litio son conocidas por su alta densidad de energía, eficiencia y capacidad de recarga rápida (0.7 a 1C típico, 3C máximo) manteniéndola vida útil.
- b) **Convertidores de Potencia:** Estos dispositivos gestionan la conversión de energía bidireccionalmente entre corriente continua (CC) - corriente alterna (CA), lo que permite la integración del sistema BESS en la red eléctrica, al sistema de baterías y fuentes de energía alternativas.
- c) **Sistema de Control:** Un software avanzado supervisa y controla todas las operaciones del sistema BESS. EMS (Energy Management System) optimiza la carga y descarga de la batería, asegurando un funcionamiento eficiente y seguro. BMS (Battery Management System) monitorea valores de las Baterías, garantizando el equilibrio de carga, BMU (Battery Monitoring Unit) Supervisa detalladamente cada celda y recopila datos para evaluar la salud de las baterías.
- d) **Sistema de transformación a media tensión:** Desempeñan un papel crucial al elevar la tensión de salida de las baterías de baja tensión a niveles compatibles con la red de distribución de media tensión. Esto permite una conexión eficiente del BESS a la red eléctrica y optimiza la transmisión de energía, minimizando las pérdidas durante el transporte.

- e) **Sistema de protección y conexión a la red:** En caso de fluctuaciones de carga, interrupciones de servicio o situaciones de emergencia, los reconectores pueden abrir o cerrar circuitos para asegurar una operación ininterrumpida y prevenir sobrecargas o cortocircuitos.
- f) **Sistema de refrigeración:** Los equipos del sistema generan calor durante la operación, lo que puede afectar su rendimiento y vida útil. Por lo tanto, los sistemas BESS incluyen sistemas de refrigeración para mantener las temperaturas adecuadas.
- g) **Sistema de antiincendios:** Los sistemas antiincendios son esenciales para minimizar riesgos y garantizar la seguridad en estas instalaciones, ya que los incendios en las baterías de litio pueden ser desafiantes de controlar y potencialmente peligrosos.

2.3 Aplicaciones de un sistema BESS

Los sistemas BESS tienen una amplia gama de aplicaciones, que van desde el respaldo de energía hasta la gestión de la demanda. Algunas de las aplicaciones más comunes incluyen:

- a) **Almacenamiento de Energía Renovable:** Los sistemas BESS pueden almacenar el exceso de energía generada por fuentes renovables, como la energía solar y eólica, para su uso en momentos de baja generación.
- b) **Respaldo de Energía:** Los BESS se utilizan para proporcionar energía de respaldo durante cortes de energía, garantizando la continuidad de las operaciones críticas en instalaciones comerciales e industriales.
- c) **Gestión de la Demanda:** Los sistemas BESS pueden liberar energía durante las horas pico de demanda, reduciendo los costos de electricidad para los consumidores y aliviando la tensión en la red eléctrica.
- d) **Mejora de la Calidad de la Energía:** Los sistemas BESS pueden proporcionar energía de alta calidad durante fluctuaciones o interrupciones en la red, lo que es esencial en aplicaciones sensibles, como centros de datos.

Este documento aborda el diseño e implementación de un sistema BESS de gran escala en una compañía que opera múltiples estaciones de carga eléctrica para automóviles. El objetivo principal es fortalecer la infraestructura eléctrica existente mediante la integración de almacenamiento energético que aproveche la generación fotovoltaica y optimice el uso de la red de media tensión..

2.4 ¿Cuál es la situación de los sistemas BESS a nivel mundial?

En los últimos años, el papel del almacenamiento en baterías en el sector eléctrico a nivel mundial ha crecido rápidamente.

Antes de la pandemia de Covid-19, se ponía en servicio más de 3 GW de capacidad de almacenamiento en baterías cada año. Aproximadamente la mitad de estas implementaciones fueron proyectos aguas arriba del medidor, es decir, en la red de media tensión de las empresas de servicios eléctricos, y la mitad restante fueron proyectos aguas abajo del medidor, que abordan los requisitos individuales de los clientes. El crecimiento del rol de la tecnología se ha visto respaldado por rápidas reducciones de costos: el costo de los paquetes de baterías de iones de litio cayó un 90% desde 2010, alcanzando los 150 \$/kWh en 2019. (The World Bank Group, 2023).

Sin embargo, estos proyectos se han encargado en su mayoría en países desarrollados, a pesar de que está claro que las baterías pueden ofrecer beneficios sustanciales en los países menos desarrollados. Como se muestra en la figura 1 de la página siguiente, casi toda la inversión en sistemas de almacenamiento de energía en baterías (BESS) en los últimos años ha sido en los países de ingresos altos y medios.

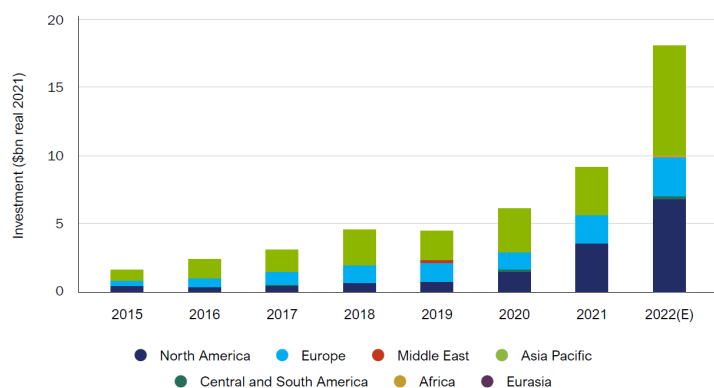


Figura 1.- Inversiones en sistemas de almacenamiento de baterías (Grid Scale) desde 2015 – 2022 (Fuente: The World Bank Group, 2023).

Esto es así a pesar de que existen múltiples razones por las cuales los BESS podrían ser especialmente beneficioso en los países menos desarrollados:

La dependencia de costos combustibles significa que los BESS podrían ser una atractiva alternativa económica a la costosa capacidad punta (demanda máxima). Con la penetración futura de vehículos eléctricos crecerá la demanda de manera exponencial y se tendrá que potenciar la generación, motivando a pequeños y medianos consumidores a la instalación de sistemas de generación solar conectados a la red.

Una infraestructura de red menos resiliente también puede significar que hay más oportunidades para utilizar BESS para aliviar las limitaciones de la red existente o aplazar la inversión en mejoras de la capacidad de la red.

3 Caso de estudio: Implementación de un sistema BESS para utilitarias

3.1 Descripción del caso de estudio

Se busca la implementación de un sistema BESS de escala aguas arriba para fortalecer el sistema eléctrico existente de una compañía que tiene diferentes estaciones de carga eléctrica para automóviles.

3.2 Características del sistema requerido

Se propone la implementación de un sistema BESS a escala aguas arriba para mejorar la eficiencia y robustez del sistema eléctrico de una compañía con diversas estaciones de carga para vehículos eléctricos. Este sistema se integrará a la red eléctrica existente para soportar la carga de 10 estaciones de carga, cada una con una capacidad de 50 kW.

El sistema BESS será dimensionado para suministrar energía a una red compuesta por 10 cargadores de 50 kW cada uno, utilizando celdas fotovoltaicas para su carga durante el día. En condiciones de baja irradiación solar, como días nublados, el sistema podrá cargarse desde la red de media tensión de 11.9 kV. Asimismo, cuando la demanda de carga de vehículos sea baja, la energía excedente almacenada será exportada a la red de media tensión conectada, contribuyendo así a la estabilidad y eficiencia del sistema eléctrico.

El diseño del sistema debe permitir al menos un ciclo completo de descarga por día, con la posibilidad de ajustar la capacidad para más ciclos según la demanda. Además, es fundamental la inclusión de un sistema de conversión de energía que emplee inversores bidireccionales, transformadores de potencial y los sistemas de protección necesarios para asegurar una operación segura y eficiente.

El sistema también debe contar con un sistema de gestión de baterías (BMS) robusto que monitoree y gestione el rendimiento de las celdas, garantizando su seguridad y longevidad. Además, se integrarán sistemas de control avanzados para la gestión del flujo de energía y las protecciones adecuadas para mitigar cualquier riesgo operativo.

Este enfoque integral garantizará que el sistema BESS no solo responda a las necesidades inmediatas de la carga de vehículos eléctricos, sino que también se adapte a las fluctuaciones en la generación y demanda, proporcionando un soporte confiable y sostenible a la red eléctrica.

3.3 Diseño conceptual del sistema de almacenamiento de baterías requerido

Para el diseño del sistema de almacenamiento, se consideran los siguientes parámetros:

Variable de diseño	Valor	Unidades
Demanda de potencia	500	MWh
Horas de autonomía	12	Horas
Capacidad de almacenamiento	6	MWh
Tensión de operación	400	KV

Tabla 1. Parámetros de consideración

Factor de diseño	Valor
Factor de seguridad	10%
Eficiencia Inversor	96%
Factor de diseño para DoD de 80%	1.25

Tabla 2. Criterios de diseño

Cálculo de la cantidad de baterías requeridas:

Resultado	Valor	Unidades
Capacidad requerida de almacenamiento (calculado)	7.5	MWh
Horas de autonomía (dato)	12	Horas
Capacidad de almacenamiento (dato)	6	MWh
Tensión de operación Bat. Litio (dato de fabricante)	51.2	Vdc
Tensión en bus DC considerando un gabinete con 9 módulos de baterías Ion Litio en serie (calculado)	409.6	Vdc

Capacidad nominal del sistema de almacenamiento (calculado)	18310.55	Ah
Corriente nominal de cada batería	200	Ah
Corriente efectiva de la batería considerando su reducción de capacidad con un DoD de 80% durante 7 años	172	Ah
Cantidad de gabinetes en paralelo (cada uno con 9 baterías en serie) necesario para cubrir la capacidad requerida.	106.46	Gabinetes

Tabla 3. Cantidad de baterías

Con lo cual se requerido 107 gabinetes conformados por 8 baterías en serie un total de 856 baterías. Cada batería de 200Ah y 51.2Vdc conectados en serie, haciendo 409.6 Vdc

3.4 Diseño del sistema de inversores bi-direccionales

Variable	Valor	Unidades
Potencia requerida	2,03	MVA
Potencia Nominal por celda	675,76	KW
Tensión nominal DC	460.8	Vdc

Tabla 4. Cantidad de Celdas fotovoltaicas

Se tomará en cuenta arreglo de 10 celdas de 40.4 v y 8 Amperios y la potencia por arreglo 3232W cantidad de arreglos 193.3.

En total se tiene 194 arreglos de 10 celdas para llegar a la potencia requerida.

3.5 Diseño del sistema de inversores bi-direccionales

Para cada transformador, se necesita la conversión de corriente AC-DC y DC-AC, para una potencia efectiva de 625kW.

de energía de diferentes fabricantes se especializan en las funciones que se tiene para cargar y descargar las baterías en función del uso de todo el sistema.

El EMS deberá ser capaz de realizar el control de carga y descarga de las baterías, la optimización de los ciclos de batería, proporcionar respaldo de energía en caso de cortes, integración con la red eléctrica y supervisar los BMS y BMU de cada una de las baterías.

3.8 Protección del sistema

La expansión de la movilidad eléctrica trae consigo la necesidad de proteger las infraestructuras de carga de vehículos eléctricos contra peligros como los rayos y las sobretensiones. Estos eventos pueden causar daños significativos a los sistemas eléctricos, afectando la seguridad y fiabilidad de las operaciones de carga. Este capítulo aborda la importancia de implementar equipos de protección adecuados para mitigar los riesgos asociados con tormentas eléctricas y maniobras de conmutación, garantizando así la seguridad y continuidad del servicio en la red de carga de vehículos eléctricos.

4 Equipos de protección contra rayos y sobretensiones para la infraestructura de carga de vehículos eléctricos

4.1 Descripción del caso de estudio

El número de vehículos eléctricos registrados crece de forma considerable, ya que cada vez más personas reconocen las ventajas de una movilidad respetuosa con el medio ambiente. La movilidad eléctrica, gracias a la conexión de las infraestructuras de carga con las redes eléctricas, constituye una base importante para la revolución energética. En este contexto, no es de extrañar que la expansión y el desarrollo de la movilidad eléctrica sean preocupaciones de futuro. Sin embargo, el manejo de la electricidad conlleva ciertos peligros.

4.2 Peligros de las tormentas eléctricas

Si los rayos caen en las inmediaciones, pueden producirse daños en los edificios y las infraestructuras. No solo los rayos directos, sino también los que caen en las proximidades

o incluso en lugares lejanos pueden provocar incendios o daños por sobretensiones en los aparatos y sistemas eléctricos.

Las operaciones de conmutación en las estaciones transformadoras o incluso la conmutación de la energía eléctrica en un puesto de carga pueden generar sobretensiones de conmutación, que también pueden tener efectos negativos. A menudo, basta con una pequeña cantidad de energía para provocar daños.

4.3 Daños durante el proceso de carga

Dado que las instalaciones de carga se instalan principalmente al aire libre, los efectos de las descargas de rayos suponen un grave peligro para ellas. Las sobretensiones resultantes superan con creces la rigidez dieléctrica de los componentes electrónicos instalados en los postes de carga.

Los picos de tensión relacionados con la red eléctrica, que pueden producirse, por ejemplo, debido a operaciones de conmutación, fallos a tierra o cortocircuitos, provocan defectos en los componentes electrónicos y un mal funcionamiento de los postes de carga. Si estas sobretensiones se producen durante un proceso de carga, incluso pueden provocar daños en el propio vehículo.

5 Normas básicas para la infraestructura para una estación de carga de vehículos eléctricos

IEC 60364-4-44, cláusula -443, IEC 60364-5-54, cláusula -534

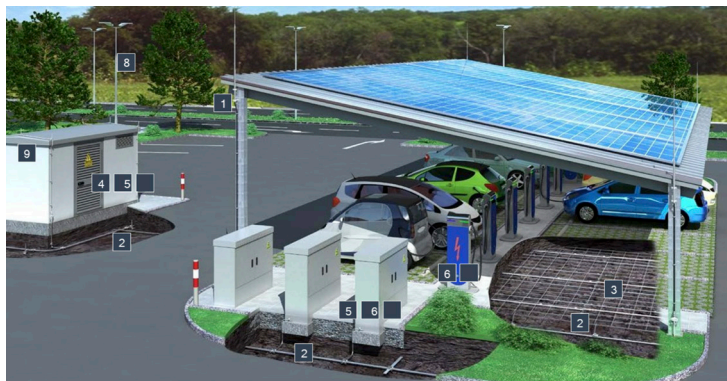
Si la infraestructura de carga no es portátil y está conectada mediante cableado fijo, cae dentro del alcance de la serie de normas IEC 60364. Estas normas deben aplicarse generalmente a áreas privadas, semipúblicas y públicas.

- » Norma 60364-4-44, cláusula -443: establece cuándo se debe instalar la protección contra sobretensiones.
- » Norma 60364-5-54, cláusula -534: establece qué protección contra sobretensiones se debe elegir y cómo se debe instalar.

Desde junio de 2019, la norma IEC 60364-7-722 exige que se tenga en cuenta la protección contra sobretensiones en los puntos de conexión de acceso público durante la planificación y la instalación. La selección e instalación de los dispositivos de protección contra sobretensiones está regulada por la norma IEC 60364-4-44, cláusula -443 y la norma IEC 60364-5-54, cláusula -534.

La norma de protección contra rayos IEC 62305 también debe tenerse en cuenta si:

- » La estación de carga está instalada con un sistema de protección contra rayos externo existente.
- » Se espera un riesgo general de impacto directo de rayo.
- » La estación de carga u oficinas están energizadas por edificios que tienen un sistema de protección contra rayos externo.



6 Concepto de zona de protección contra rayos integrado y orientado a la compatibilidad electromagnética para estaciones de carga

Cada vez más ciudades desarrollan nuevos conceptos de movilidad y electrifican sus flotas de autobuses. En este escenario, los rayos, las sobretensiones y los arcos eléctricos suponen un reto totalmente nuevo. Por ello, es especialmente importante que las estaciones de carga de alta potencia funcione de forma fiable. En las estaciones de carga de alta potencia (HPC: high-power charging), se instalan, subestaciones transformadoras adicionales, unidades

convertidoras, sistemas de almacenamiento de baterías y, en última instancia, estaciones de carga alimentadas por corriente alterna o continua. Si solo una parte de la infraestructura de carga se daña por una sobretensión, desaparece la disponibilidad de todo el parque de carga. Por ello, es aún más importante garantizar un concepto de zona de protección contra rayos integrado y orientado a la compatibilidad electromagnética basado en IEC 62305-4. Este consta de un sistema de protección contra rayos externo, un sistema de puesta a tierra interconectado resistente a la corrosión, enmallado, de baja impedancia, conexión equipotencial y protección contra sobretensiones para todos los componentes. En caso de peligro por tensiones de paso y de contacto en zonas donde se encuentran personas, son necesarias medidas adicionales, p. ej. un control de potencial mediante esteras de malla probadas con corrientes de rayo. Además, es necesario evaluar el riesgo de arcos eléctricos en los cuadros eléctricos de baja tensión.

6.1 Cargador 50 kW

Este cargador rápido se distingue de otras soluciones del mercado por su plus de potencia, que lo convierte en una opción ideal para entornos urbanos e interurbanos. Ofrece 50 kW de carga rápida para un solo Vehículo Eléctrico y 25 kW por conector cuando se cargan dos vehículos simultáneamente, lo que proporciona flexibilidad y adaptabilidad para satisfacer la demanda de carga.

Además, incluye la experiencia de usuario mejorada de la serie Raption, junto con arquitectura modular, alta eficiencia y funciones avanzadas de conectividad.

7 Conclusión

Los sistemas de almacenamiento de energía (BESS) son una solución versátil y efectiva para abordar los desafíos de la gestión de energía en un mundo cada vez más orientado hacia las fuentes de energía renovable.

A través del estudio de caso presente, vemos que una gestión activa de la energía ofrece múltiples beneficios. Mientras reducimos la huella de carbono, también podemos reducir la facturación de consumo de energía u optimizar como distribuidora los ingresos trasladando las reservas de energía a su redistribución.

A medida que la demanda de energía sigue creciendo y la transición hacia energías limpias se acelera, los sistemas BESS se perfilan como un componente clave en el futuro de la infraestructura energética, representarán ser una inversión rentable.



**SOLUCIONES DE CALIDAD, RENDIMIENTO
Y DURABILIDAD SUPERIOR, PARA LAS
APLICACIONES MÁS EXIGENTES**

8 Bibliografía

- » "Battery Technology Handbook" de H.A. Kiehne.
- » "Energy Storage and Civilization: A Systems Approach" de Robert H. L. Horsley.
- » "Flow Batteries: Fundamentals and Applications" de Sumit Sinha.
- » "Battery Management Systems for Large Lithium-Ion Battery Packs" de D. U. Sauer y M. Pistoia