X CONGRESO INTERNACIONAL

SISTEMAS BESS Y MINIGRANJAS SOLARES

10 ANIVERSARIO ExpoSolar® Colombia 2026
Energía renovable, futuro imparable

Del diseño a la realidad: lecciones aprendidas en la estructuración de proyectos BESS para Latinoamérica

29 Octubre

14:00
15:00

Giovanni Pabón

Ingeniero Mecánico · M.Sc. Energías Renovables
Gerente General · Green Energy Services



GREEN ENERGY SERVICES
CLIMATE & ENERGY

Hacemos parte de econexia
ECOSISTEMA DIGITAL DE CONEXIONES & NEGOCIOS
operado por corferias

Organiza
Centro de Ciencia y Sensibilización Ambiental
corferias Generadores de Oportunidades y Progreso
Empresa B Certificada

AGENDA

¿Dónde puede crear valor el almacenamiento con baterías?

Una lectura del mercado colombiano y sus oportunidades

01	**Aplicaciones**	Principales usos de las baterías y el valor que pueden aportar.
02	**Señales de mercado**	Subasta CLPE–MME, apetito inversionista y orden de magnitud del mercado hacia 2030.
03	**Casos**	Tres casos: solar shifting (P4) y arbitraje en Colombia; C&I en Chile.
04	**Regulación y conclusiones**	Tres frentes regulatorios y las lecciones aprendidas.

01

Aplicaciones

Principales usos de las baterías y el valor que pueden aportar

01 Aplicaciones 02 Señales de mercado 03 Casos 04 Regulación y conclusiones



GREEN ENERGY SERVICES
CLIMATE & ENERGY
Hacemos parte de econexia ECOSISTEMA DIGITAL DE CONEXIONES & NEGOCIOS operado por corferias
Organiza
Centro de Ciencia y Sensibilización Ambiental
corferias Generadores de Oportunidades y Progreso
Empresa B Certificada

01 · APLICACIONES

Cinco familias organizan las aplicaciones de BESS

Familia	Casos que agrupa	Pregunta económica central
1. Gestión del consumo	Peak shaving · gestión de demanda	¿Cuánto valor tiene modificar el perfil de consumo?
2. Arbitraje y desplazamiento de energía	Arbitraje · solar shifting · híbrido PV+BESS	¿Cuánto vale mover energía de una hora a otra?
3. Resiliencia y respaldo	Backup · resiliencia industrial	¿Cuánto vale evitar una interrupción?
4. Servicios al sistema y red	Servicios auxiliares · congestión · prevención de expansión de red	¿Qué valor tiene el BESS para la red?
5. Sustitución e integración de generación	Desplazamiento de diésel · integración de renovables · vertimientos	¿Cuánto cuesta sustituir generación fósil o evitar desperdicio renovable?

02

Señales de mercado

Subasta CLPE–MME · apetito inversionista · mercado hacia 2030

01 Aplicaciones
02 Señales de mercado
03 Casos
04 Regulación y conclusiones

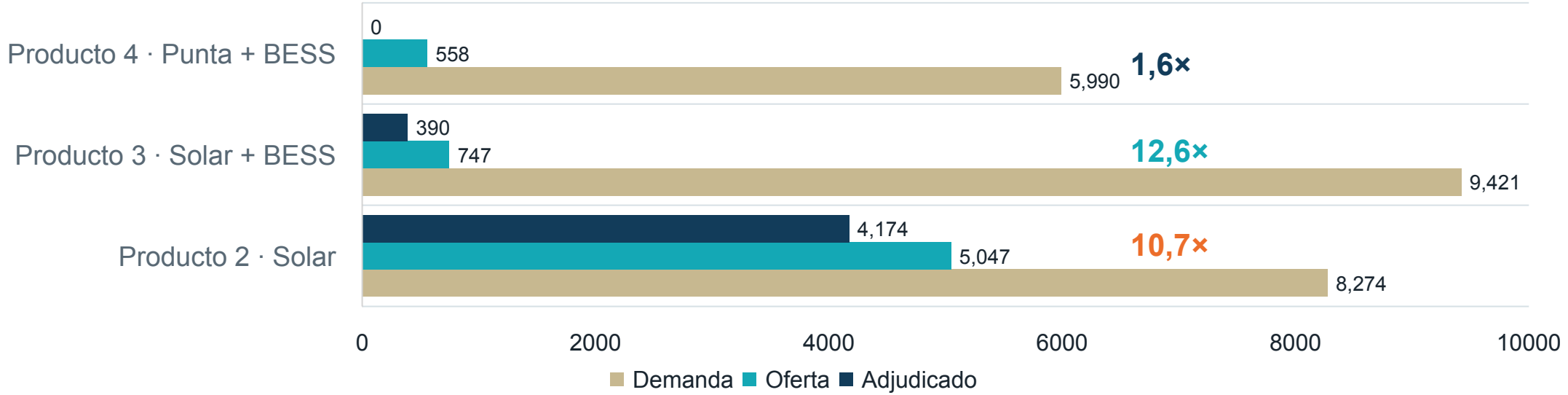


GREEN ENERGY SERVICES
CLIMATE & ENERGY
Hacemos parte de econexia
ECOSISTEMA DIGITAL DE CONEXIONES & NEGOCIOS
operado por corferias
Organiza
Centro de Ciencia y Sensibilización Ambiental
corferias
Generadores de Oportunidades y Progreso
Empresa B Certificada

02 · SEÑALES DE MERCADO · SUBASTA

La demanda superó la oferta; la adjudicación fue acotada

Energía diaria presentada en la subasta (MWh-día)



El Producto 4 no tuvo adjudicación: el mecanismo superó el límite de competencia del 40%.

02 · SEÑALES DE MERCADO · SUBASTA

El Producto 3 adjudicó energía híbrida solar + almacenamiento

390 MWh-día
energía adjudicada en contratos a 15 años, con entregas desde 2030

~270 MW
capacidad solar asociada

~100 MW
capacidad BESS declarada

La energía contratada se reparte entre dos bloques

70% · 08:00–18:00



≈273 MWh-día · bloque solar

30% · 18:00–22:00



≈117 MWh-día · bloque nocturno

≈29 MW
entrega media en las 4 horas nocturnas

Precio promedio	**Producto 2: 246 COP/kWh**	**Producto 3: 316 COP/kWh**	**+28%**
Referencia nocturna de mercado 18:00–22:00	**482 COP/kWh**		

02 · SEÑALES DE MERCADO · SUBASTA

La señal es clara: existe interés, pero faltó oferta adjudicable

01 Demanda nocturna abundante

Los productos con entrega nocturna recibieron 15.411 MWh-día de demanda. El Producto 4 no adjudicó energía tras exceder el límite de competencia.

02 El híbrido ya logró contratarse

El Producto 3 adjudicó 390 MWh-día con cerca de 270 MW solares y 100 MW de BESS declarados. Solo 117 MWh-día corresponden al bloque nocturno.

03 El diseño y el precio definen el cierre

El precio P3 fue ~28% mayor que el solar P2. El promedio de bolsa nocturno ES 482 COP/kWh; un precio cercano podría ser una referencia de mercado, no un precio garantizado.

02 · SEÑALES DE MERCADO · APETITO INVERSIONISTA

El mercado busca usos concretos y proyectos de mayor escala

Lectura reportada después de revisar las conclusiones de los eventos de 2026

01

Utility-scale y solar + BESS

Sistemas de 4 horas para integrar renovables, desplazar energía y aportar confiabilidad. Interés en plantas solares híbridas de mayor tamaño.

02

Comercial e industrial

Soluciones para reducir costos, gestionar demanda, ofrecer respaldo y mejorar la calidad de energía.

03

Red eléctrica

Almacenamiento como alternativa para atender congestiones, confiabilidad y necesidades de flexibilidad.

04

Financiación e integración

Búsqueda de modelos que unan tecnología, estructuración y financiación, junto con EPC especializados en dimensionamiento e integración.

02 · SEÑALES DE MERCADO · MERCADO 2030

El orden de magnitud estimado hacia 2030**

POTENCIA

2–4 GW

capacidad de potencia BESS

ENERGÍA

8–16 GWh

capacidad de almacenamiento

**Señal cualitativa de ferias y conversaciones de mercado; el material no cuantifica inversión comprometida, cartera de proyectos ni cierres.

03

Casos

Solar shifting P4 · arbitraje en Colombia · C&I en Chile

01 Aplicaciones 02 Señales de mercado **03 Casos** 04 Regulación y conclusiones



GREEN ENERGY SERVICES
CLIMATE & ENERGY
Hacemos parte de econexia ECOSISTEMA DIGITAL DE CONEXIONES & NEGOCIOS operado por corferias
Organiza
Centro de Ciencia y Sensibilización Ambiental
corferias Generadores de Oportunidades y Progreso
Empresa B Certificada

03 · CASO 1 · SOLAR SHIFTING · PROBLEMA Y REQUERIMIENTO

Análisis de participación en la subasta: Producto 4

PRODUCTO 4 · SOLAR SHIFTING

18:00–22:00

Ventana continua de entrega

20 MW

potencia objetivo en el punto de conexión

20 MW × 4 h = 80 MWh

Energía objetivo por ventana

El cliente solicita dimensionamiento y cotización para una entrega solar desplazada a la noche.

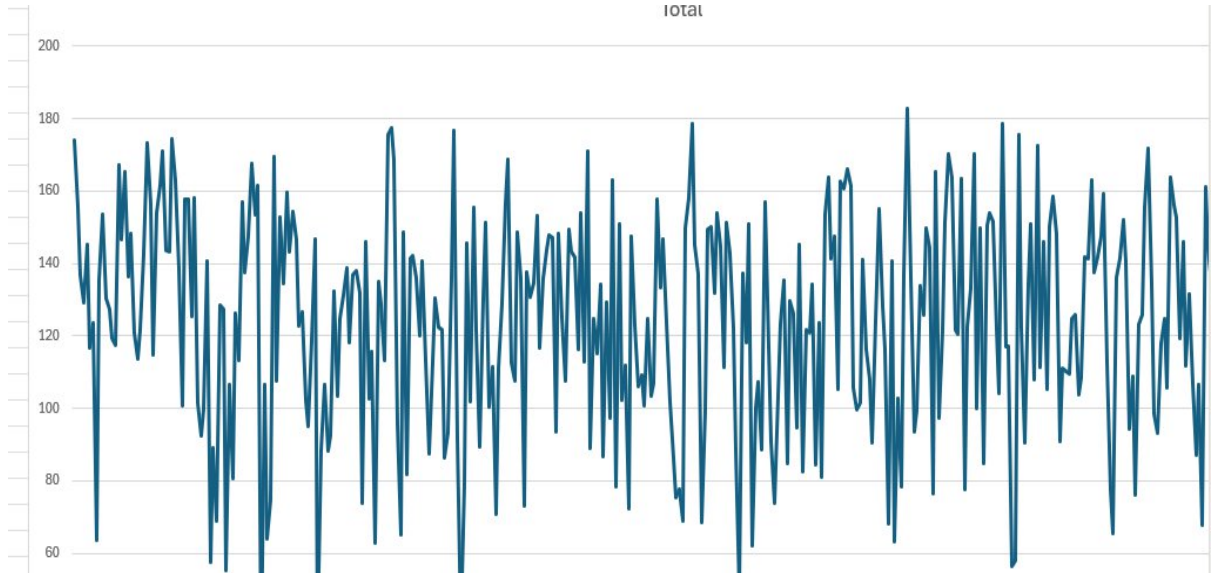
Los 80 MWh describen la condición inicial de entrega del producto. La capacidad nominal del BESS debe evaluarse por separado.

03 · CASO 1 · SOLAR SHIFTING · RECURSO SOLAR DISPONIBLE

La producción solar de Year 0 no supera 80 MWh todos los días

Producción diaria observada · Year 0

MWh/día



≈10%

de los días del año quedan por debajo de 80 MWh

El dato corresponde únicamente a Year 0.

La batería puede desplazar energía solar disponible. En los días con generación menor a 80 MWh, estos datos no respaldan por sí solos el cumplimiento de la entrega objetivo.

03 · CASO 1 · SOLAR SHIFTING · BASES PARA DIMENSIONAR

El dimensionamiento depende de tres factores técnicos

01

Degradación

La capacidad útil cae con los años.

99% al COD

75% en año 15

02

RTE en POI

Energía neta tras pérdidas y auxiliares.

84% al COD

83% en año 15

03

DOD

Profundidad de descarga asumida por el fabricante.

100% en la propuesta

Supuesto técnico por confirmar

La energía objetivo de 80 MWh es la condición comercial inicial; no reemplaza estos tres criterios de diseño.

La estimación previa de 110 MWh es una referencia de dimensionamiento. La propuesta del fabricante desarrolla otra configuración.

03 · CASO 1 · SOLAR SHIFTING · RESULTADO DEL ANÁLISIS PREVIO

La alternativa de 110 MWh pierde cumplimiento con los años

Cumplimiento de la ventana de descarga · alternativa de 110 MWh



DOD promedio reportado en año 1: 73%.

El modelo no contempla reemplazo ni aumentación.

Este resultado pertenece al análisis de la alternativa de 110 MWh. La propuesta HyperStrong se presenta por separado.

03 · CASO 1 · SOLAR SHIFTING · SOLUCIÓN DEL FABRICANTE

HyperStrong propone 120 MWh nominales para entregar ~20 MW (1:6)

CONFIGURACIÓN PROPUESTA

3 bloques

8 MW / 40 MWh por bloque

24 MW de PCS · 24 contenedores

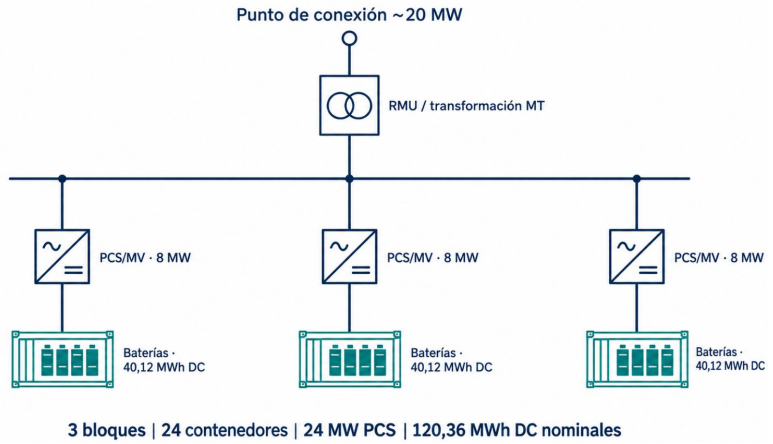
ENERGÍA

120 MWh

capacidad DC nominal

≈110 MWh

capacidad AC útil reportada al COD

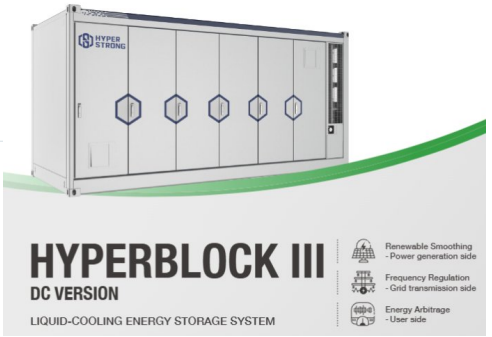


3 bloques | 24 contenedores | 24 MW PCS | 120,36 MWh DC nominales

ENERGÍA AC ÚTIL REPORTADA

≈110 MWh	≈82 MWh
COD	Año 15

La tabla del fabricante no incluye aumentación durante los 20 años.
La aumentación puede evaluarse como alternativa futura.



03 · CASO 1 · SOLAR SHIFTING · REFERENCIA DE PRECIO

La pregunta comercial es a qué precio podrían cerrar estas ofertas

482 COP/kWh

promedio de bolsa en la ventana 18:00–22:00

¿A qué precio podrían cerrar las ofertas de Solar Shifting?

Más generación solar disponible y una batería completamente cargada podrían permitir ofertar entregas superiores a los 80 MWh iniciales.

CAPEX indicativo del sistema completo: ~USD 34 millones.

03 · CASO 2 · ARBITRAJE EN COLOMBIA

Caso de arbitraje: BESS de 1 MW / 4 MWh en Colombia

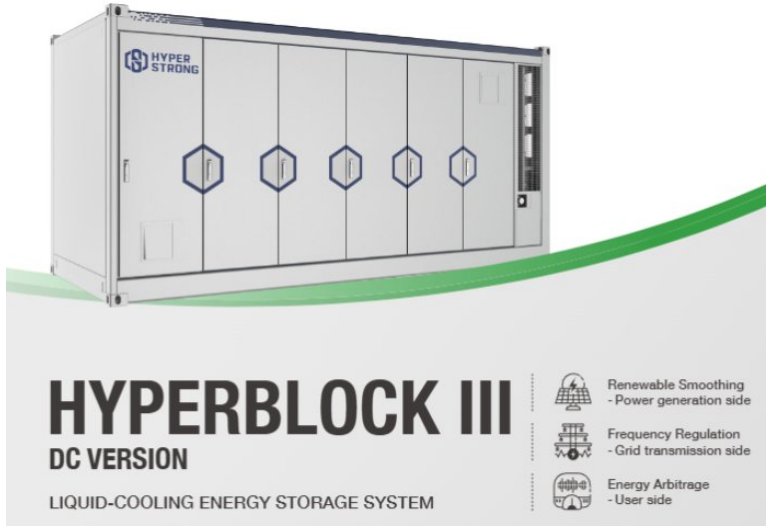
OBJETIVO

Fijar la estrategia de compra y venta de energía en bolsa

1 MW
potencia nominal

5 MWh
energía nominal

Ciclo de referencia: cargar en madrugada (00:00–08:00) y entregar en punta (18:00–22:00).



03 · CASO 2 · ARBITRAJE · REGLAS DEL ANÁLISIS

Caso, estrategia y supuestos

Una regla fija sirve como línea base; la decisión real debe depender del precio esperado.

Ciclo diario de referencia

00:00–08:00

cargar en madrugada

0,59 MW
potencia media de carga durante 8 horas

18:00–22:00

entregar en punta

1,00 MW
descarga nominal durante 4 horas

Supuestos físicos y comerciales

4,000 MWh entregados; compra de 4,726 MWh

RTE modelado: 92% × 92% = 84,64%

Una vuelta diaria; ventanas fijas; referencia con ciclo todos los días.

Qué puede salir mal

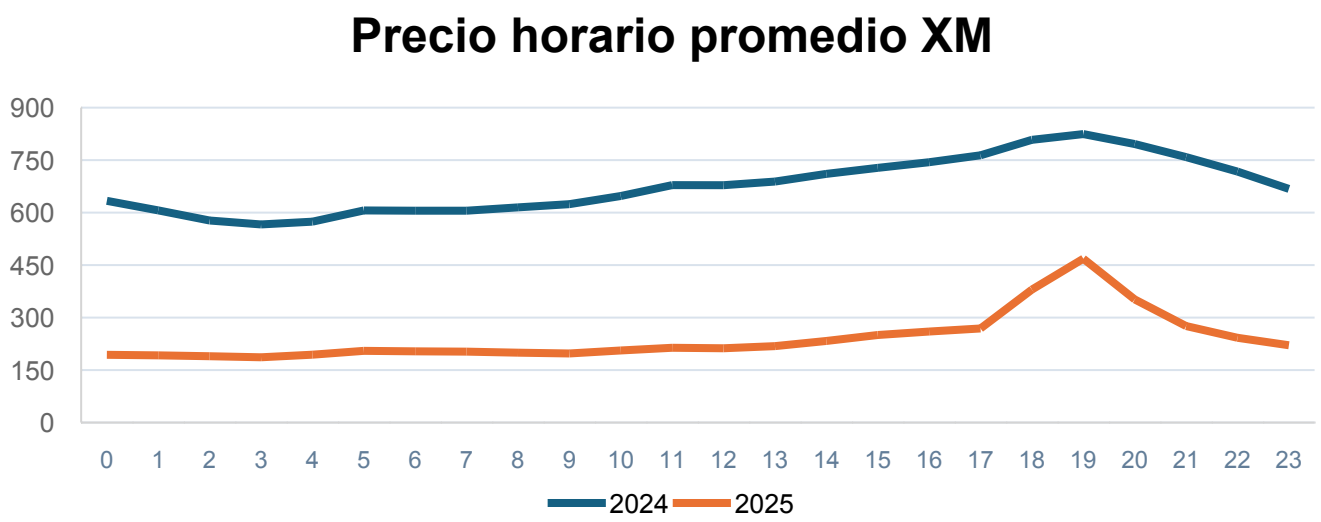
- Ventana fija no captura cambios de hora o estación.
- El caso base pierde dinero algunos días y aun así cicla.
- Más BESS puede comprimir el spread y canibalizar ingresos.
- La eficiencia real depende de punto de medición, auxiliares y operación.

La regla diaria no incorpora un filtro de “no ciclar”; ese valor debe medirse aparte.

03 · CASO 2 · ARBITRAJE · PERFIL HORARIO Y RESULTADO

XM: 2024 tuvo precios más altos; 2025 un pico más marcado

Promedio horario del precio de bolsa (COP/kWh)



La única "margen de arbitraje"

Ingreso por energía entregada − pago de energía comprada.
No son dos márgenes separados.

COP M	2024	2025
Pago compra	1032,4	337,9
Ingreso venta	1166,5	538,8
Margen bruto	**134,1**	**200,9**

Ciclo diario supuesto; antes de O&M, CAPEX, cargos y degradación.

- La estacionalidad cambia la lectura del promedio anual

2024: ene–mar y sep negativos; oct–nov sumaron ~COP 100 M/MW. · 2025: sep fue el mejor mes (~COP 42 M); jun, muy débil (~COP 1 M).

- Evitando los días que terminaron negativos, el margen bruto habría sido COP 192,2 M (2024) y COP 208,8 M (2025).

- Techo ex post, no resultado ejecutable: la decisión requiere el pronóstico del día anterior.

03 · CASO 2 · ARBITRAJE · DECISIÓN DE INVERSIÓN

El arbitraje complementa la inversión

La captura de energía no paga sola el proyecto bajo los supuestos actuales.

CAPEX de referencia

~USD 165/kWh

5.000 kWh · ~USD 825K total

~COP 2.900 M al tipo de cambio supuesto de COP 3.500/USD

Payback simple indicativo

25 años 2024

15 años 2025

No es TIR: payback simple con O&M 2%; sin degradación ni financiación. Cada año cambia.

La optimización debe decidir cuándo no operar

1 Mantener la referencia 00–08 / 18–22, pero consultar la previsión del día siguiente.
2 Ciclar solo si el ingreso esperado de venta cubre compra, pérdidas por RTE y cargos aplicables.
3 Si el margen esperado no supera ese umbral, conservar energía y no forzar el ciclo.
4 Revisar ventanas y regla con datos nuevos: más baterías pueden reducir el spread.

¿Beneficia a la red?

Puede aportar flexibilidad temporal si nodo y despacho coinciden con congestión, rampas o punta. El beneficio sistémico no está medido ni remunerado en este caso.

Conclusión financiera: arbitraje como ingreso complementario; esperar y valorar una señal de remuneración por capacidad o potencia. No se atribuye ningún pago de ese tipo en los resultados.

03 · CASO 3 · C&I CHILE · APLICACIÓN

Caso C&I en Chile: solar + almacenamiento



Chile · nov. 2025

Configuración

120 kWp
solar fotovoltaica

120 kW
potencia BESS

241 kWh
capacidad de almacenamiento

Vilion EMS

Coordina la generación FV, la batería, la red y las cargas.

El PCC permite operación conectada a red y respaldo de cargas críticas. El sistema carga hasta un SOC objetivo de 95%.

03 · CASO 3 · C&I CHILE · OPERACIÓN OBSERVADA

Un día de operación: carga solar y descarga del BESS

22 de octubre · Potencia en kW y SOC en %



MAÑANA

La PV aumenta y el SOC sube hasta ~95%.

TARDE

El sistema conserva la carga mientras disminuye la PV.

18:00–22:00

El BESS descarga. La red queda cerca de 0–10 kW durante gran parte de la franja.

Lectura: la batería desplaza energía solar disponible hacia la tarde-noche y limita la importación desde la red.

03 · CASO 3 · C&I CHILE · VALOR ECONÓMICO

El BESS reduce la demanda facturable en la franja de punta



≈40%

reducción de demanda reportada en el caso

USD 16/kW-mes

cargo por demanda máxima facturable sobre 10 kW

Ahorro mensual por demanda

Reducción de demanda facturable × USD 16/kW-mes

La batería descarga en la franja de punta y reduce la potencia tomada desde la red. El ahorro solar complementa la reducción del cargo por demanda.

04

Regulación y conclusiones

Tres frentes regulatorios y lecciones aprendidas

01 Aplicaciones 02 Señales de mercado 03 Casos **04 Regulación y conclusiones**



GREEN ENERGY SERVICES
CLIMATE & ENERGY
Hacemos parte de econexia ECOSISTEMA DIGITAL DE CONEXIONES & NEGOCIOS operado por corferias
Organiza
Centro de Ciencia y Sensibilización Ambiental
corferias Generadores de Oportunidades y Progreso
Empresa B Certificada

04 · REGULACIÓN

Tres frentes para habilitar los BESS en Colombia

01

Remunerar la confiabilidad

Hoy el BESS independiente o híbrido no recibe pago por capacidad.

Pago según duración · referente Chile: 4 h ≈ 98% de crédito

02

Seguir intentando cerrar el P4 de punta

Solo una adjudicación revela el precio que el mercado puede pagar por la energía de 18:00 a 22:00.

Sin cierre en P4 no hay precio de referencia.

03

Conexión ágil y reglas de apilamiento

Hoy se tramita como Proyecto Clase 1, con más de 12 meses de estudios de conexión.

Reglas claras para combinar servicios

Basado en: Memorando Workstream 2 · Transforma 2026 — Preguntas clave y propuestas para habilitar los BESS en Colombia.

04 · LECCIONES APRENDIDAS

Conclusiones: del diseño a la realidad

01 **Se dimensiona para toda la vida del contrato, no para el año 1**

Degradación, RTE en el punto de conexión y DOD definen el tamaño real.

02 **Primero la aplicación, después la batería**

Cada caso responde a una pregunta económica distinta: demanda, desplazamiento, respaldo o red.

03 **Ningún ingreso por sí solo paga el proyecto**

El modelo se arma sumando ingresos: contrato de largo plazo, servicios a la red y pago por capacidad.

04 **Del diseño a la realidad hay que validar supuestos**

Datos del fabricante, recurso solar real y aumentación cambian el resultado.

05 **Hay demanda e interés; faltan señales**

La subasta mostró apetito, pero faltó oferta adjudicable y un precio de referencia para la punta.

X CONGRESO INTERNACIONAL
SISTEMAS BESS Y MINIGRANJAS SOLARES

10 ANIVERSARIO ExpoSolar® Colombia 2026
Energía renovable, futuro imparable

Muchas gracias por su atención

GREEN ENERGY SERVICES
CLIMATE & ENERGY

Giovanni Pabón

+57 315 829 6458

gpabon@greenenergyservices.com.co

www.greenenergyservices.com.co

Calle 65A #7-12, Piso 8, Edificio Vía 7, Bogotá

Hacemos parte de
econexia
ECOSISTEMA DIGITAL DE CONEXIONES & NEGOCIOS
operado por corferias

Organiza
Centro de Ciencia y Sensibilización Ambiental
corferias Generadores de Oportunidades y Progreso
Empresa B Certificada

