

ALMACENAMIENTO ELÉCTRICO EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Proyecto GRACIOSA



José F. Campos
Manuel R. Reyes

cenSOLUTIONS
Smart Energy Solutions



itc
INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE CANARIAS

endesa

- Presentación general del sistema
- Sistema HESS en la red de distribución
- Solución HESS: Algoritmos y modelado
- Presentación del desarrollo hardware
- Conclusiones

Presentación general

Objetivos y resultados del Proyecto



cen SOLUTIONS
Smart Energy Solutions



itc
INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE CANARIAS

endesa

El **objetivo principal** del proyecto GRACIOSA consiste en desarrollar tecnología para estar preparados ante la inminente penetración de energía solar fotovoltaica en puntos de consumo de los usuarios y optimizar la operación de la red de distribución haciendo que los diferentes agentes: distribuidora, comercializadora y consumidor tengan un comportamiento activo en la eficiencia del sistema en general, y en particular en sistemas aislados e insulares.

Las soluciones desarrolladas se demostrarán en la red eléctrica de la isla de La Graciosa.



Presentación General

Visión general y objetivos del proyecto

Los objetivos se centran en el desarrollo de **microrredes estables, eficientes y seguras** mediante:



- El desarrollo de un innovador sistema de almacenamiento híbrido, multiservicio, que compense flujos energéticos y tenga capacidad de respuesta dinámica.
- La gestión de la demanda agregada desarrollando sistemas de control autónomos y sistemas de interacción con el usuario/cliente (interacciones cliente-mercado y usuario-gestor de Red).
- El control de la generación distribuida, al interconectar los sistemas de generación con el Sistema de gestión energética global (Energy Management System (EMS) que gobierna la microrred).

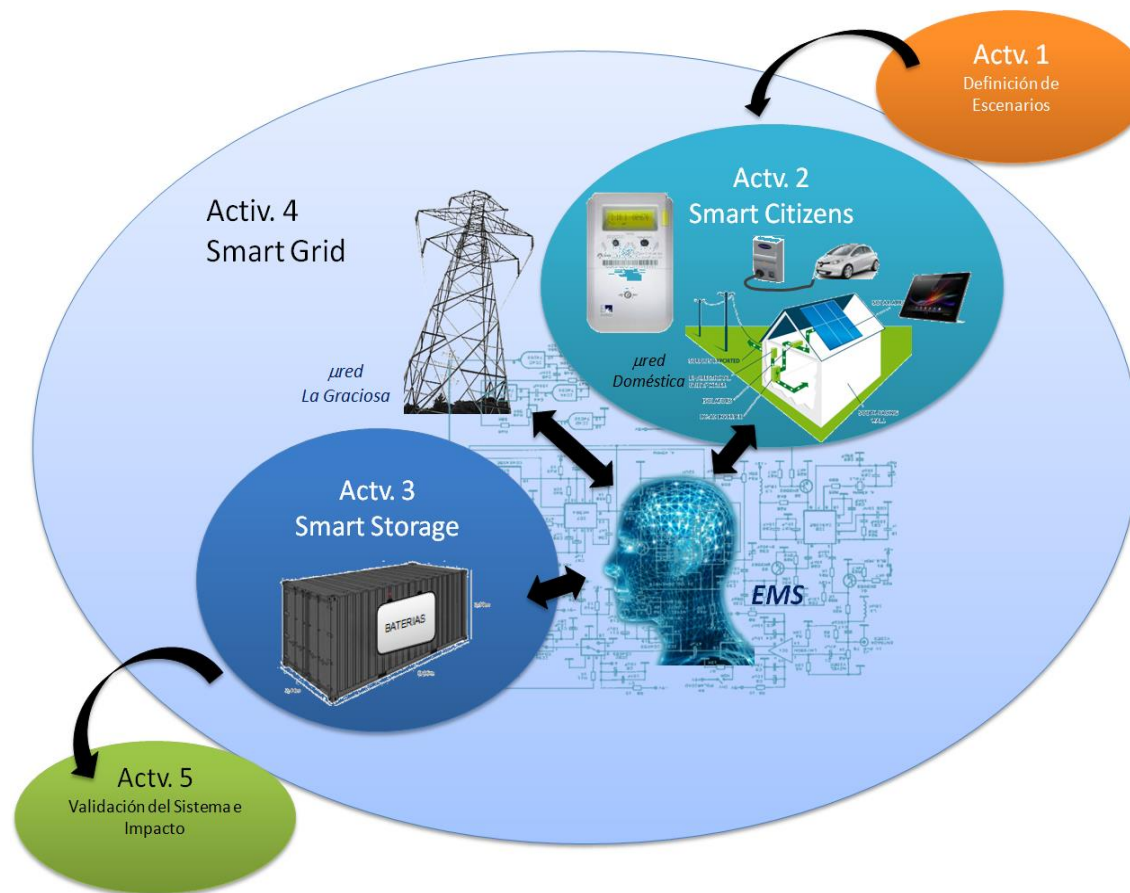
Endesa

Endesa Energía

ITC

CEN Solutions

La entrada de CEN en el proyecto GRACIOSA se hace a través de un acuerdo tecnológico para la utilización de la tecnología patentada por Win Inertia incluida en la memoria inicial del proyecto, sin la cual no habría podido continuarse la ejecución.



Fidetia

**Universidad
Comillas**

FIUS

**Universidad
La Laguna**

AICIA

Sistema HESS en la red de distribución

Concepto de Hibridación



cenSOLUTIONS
Smart Energy Solutions

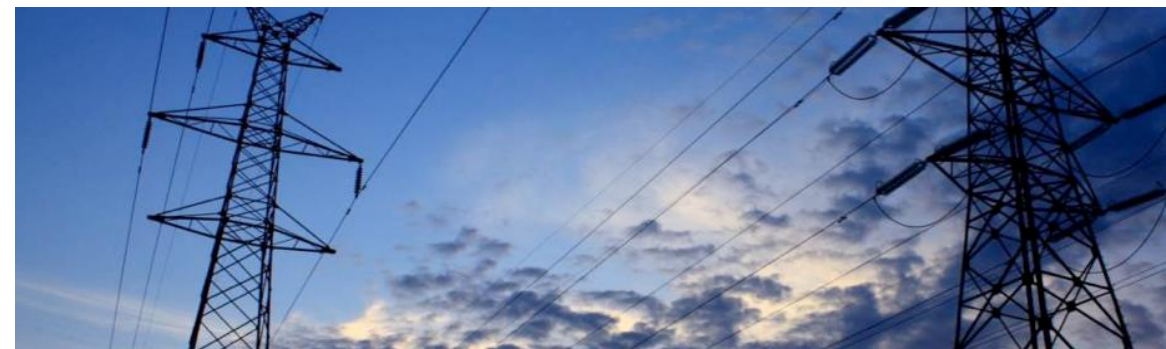


itc
INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE CANARIAS

endesa

Actualmente, las redes eléctricas están experimentando importantes cambios estructurales y operacionales, motivados principalmente por:

- Penetración de fuentes de energía renovable (RES) con carácter intermitente (eólica y fotovoltaica)
- Incremento global del consumo eléctrico
- Evolución en los perfiles de producción (integración de RES) y demanda (nuevos modelos de consumo)
- Envejecimiento de los activos de la red
- Tendencia a la disminución del consumo de combustibles y reducción de las emisiones de gases.



La integración de sistemas inteligente de almacenamientos (Smart ESSs) es una de las herramientas necesarias (enabling technologies) para gestionar este cambio de paradigma

Demostración de la viabilidad y beneficios de las tecnologías de almacenamiento:

- **Rápida respuesta** y alta disponibilidad. Proporcionan nuevas propiedades y servicios.
- Optimización de la solución mediante un adecuado dimensionamiento y operación de una tecnología HESS **flexible**.
- Proporcionar **múltiples servicios** utilizando un mismo activo, incrementando los mecanismos de ingresos y reduciendo capex y opex.

Know-How de la tecnología de almacenamiento:

- Testeo del comportamiento de sistema ante perfiles reales en una escala de potencia real.
- Evaluación de la degradación y tiempo de vida para una operación específica en una aplicación objetivo.
- Testeo de funcionalidades, casuística y eventos de operación en un entorno controlado.

El know-how en las tecnologías de almacenamiento permite una integración inteligente de los sistemas de almacenamiento a través del desarrollo de algoritmia y modelos de comportamiento que reducen las incertidumbres en cuanto al “performance” y tiempo de vida de la tecnología.

GENERATION

- RES integration
- Power smoothing/Ramp Rate
- Time shifting
- Price arbitrage
- Power firming
- Reactive power compensation

DISTRIBUCIÓN/TRANSMISIÓN

- Synthetic Inertia
- Grid Support
- Load following/Reserve capacity
- Modern Peak Generation
- Peak shaving/T&D upgrade deferral
- Frequency regulation
- Voltage regulation
- Reactive power compensation
- Black-start

MICROGRIDS

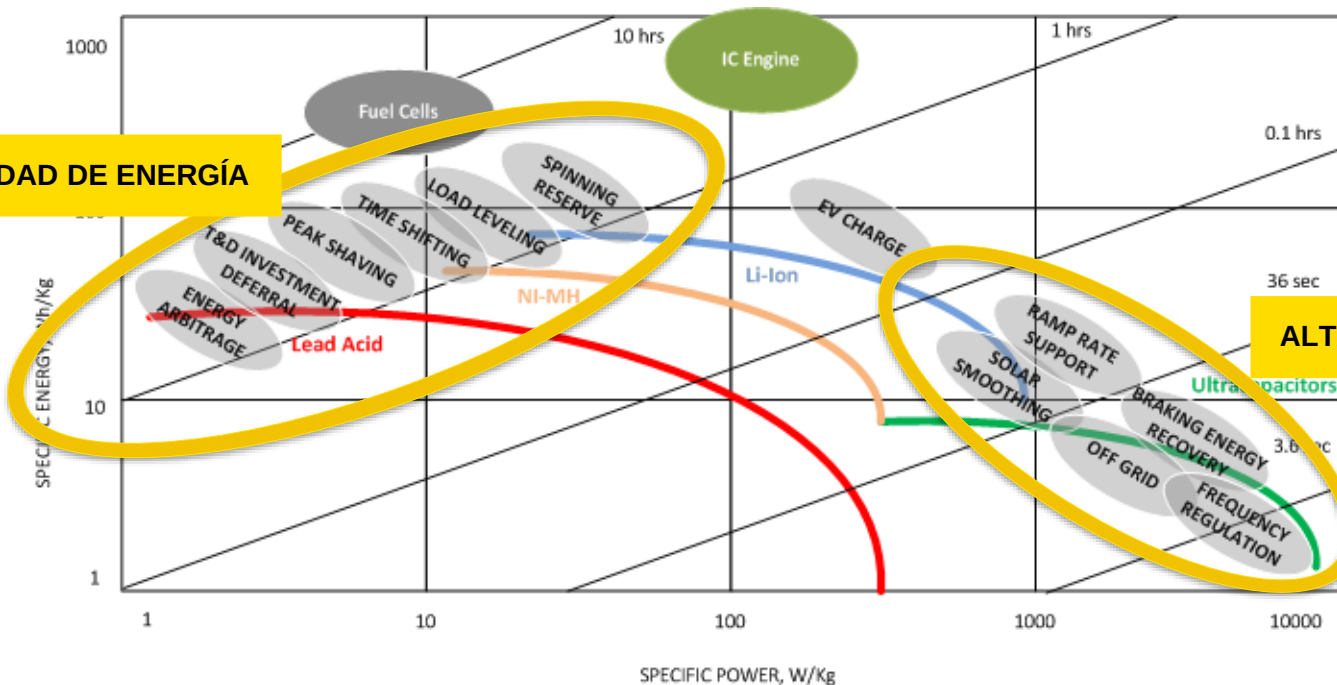
- Grid support
- RES integration
- Power smoothing/Ramp Rate
- Grid stability
- Back-up services
- Time shifting
- Reactive power compensation
- Black-start
- Frequency regulation

BEHIND THE METER

- RES integration
- Power smoothing/Ramp Rate
- Grid stability
- Virtual storage systems
- Distributed management
- Price arbitrage
- Black-start

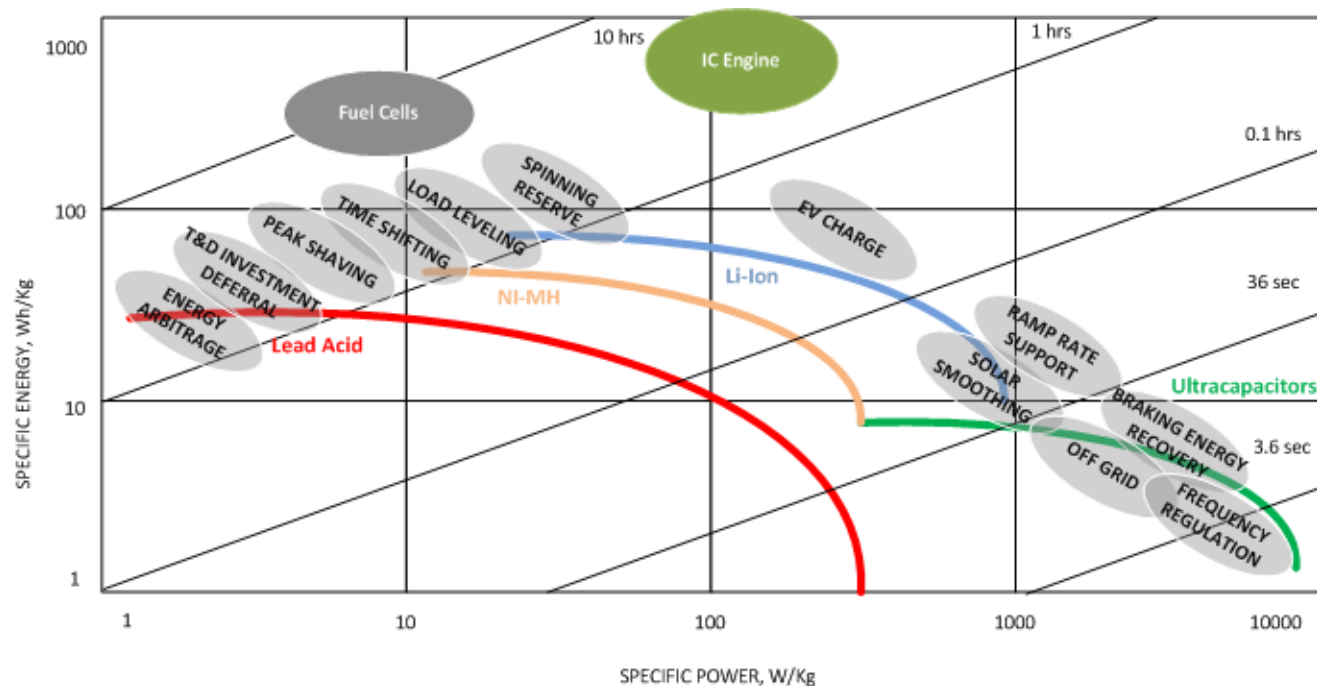
Son muchas las posibilidades, pero se requiere una gran variedad de características y respuestas para los sistemas de almacenamiento...

ALTA DENSIDAD DE ENERGÍA



ALTA DENSIDAD DE POTENCIA

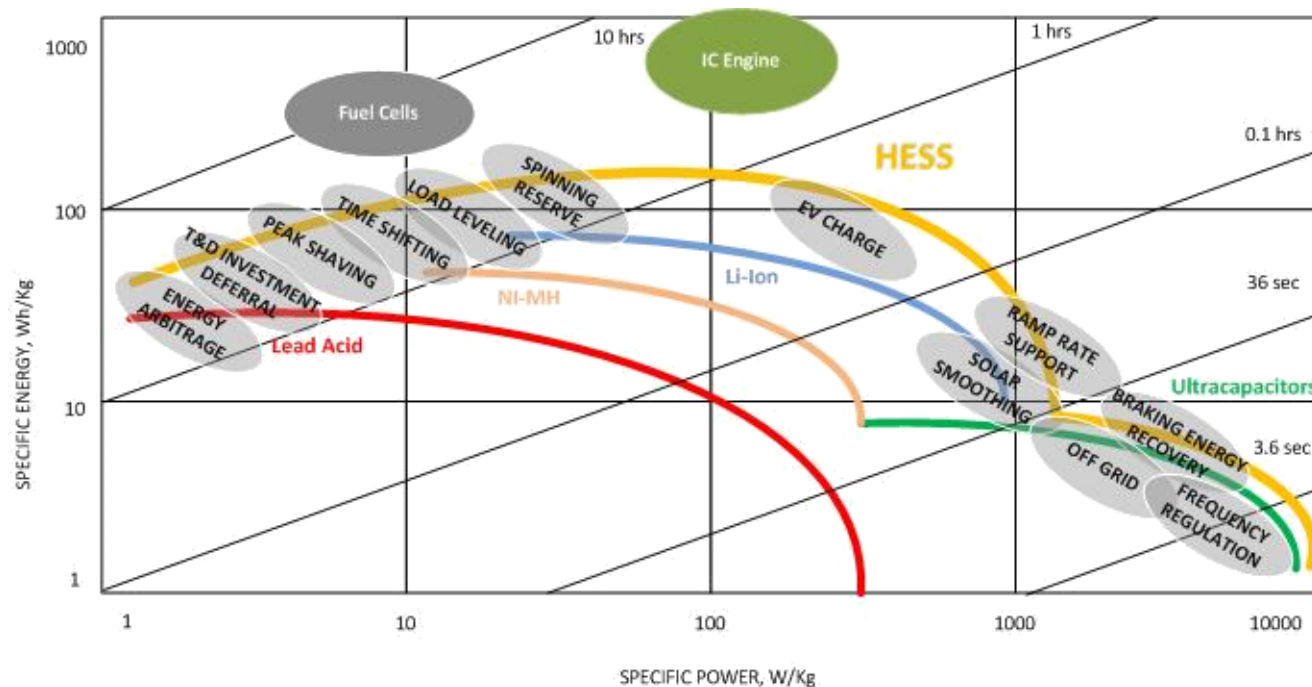
... y se dispone de una gran variedad de tecnologías de almacenamiento



El uso de una sola tecnología para aplicaciones reales con varios comportamientos tiene como consecuencias;

- Cortos tiempos de vida debido a la alta degradación
- Incapacidad para proporcionar múltiples servicios al mismo tiempo
- Sobredimensionamiento para proporcionar múltiples servicios y cumplir con el tiempo de vida requerido.

No existe una tecnología única que proporcione de forma óptima todos los posibles servicios.

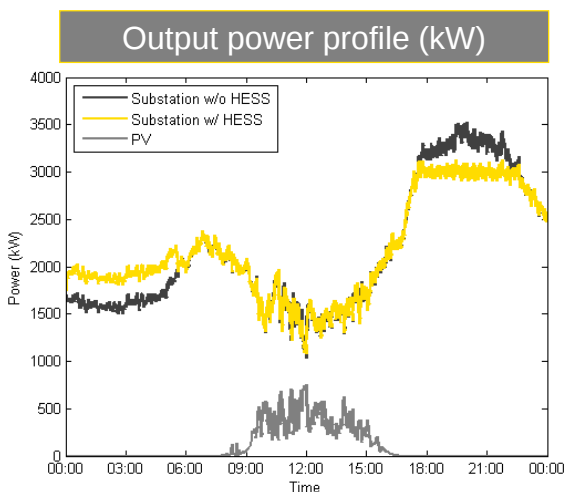


Mediante el uso de un sistema híbrido se puede conseguir:

- Reducción de Capex (15%-25%)
- Reducción de Opex (25-35%)
- Proporcionar múltiples servicios de forma simultánea



La combinación de distintas tecnologías de almacenamiento proporciona soluciones optimizadas y rentables



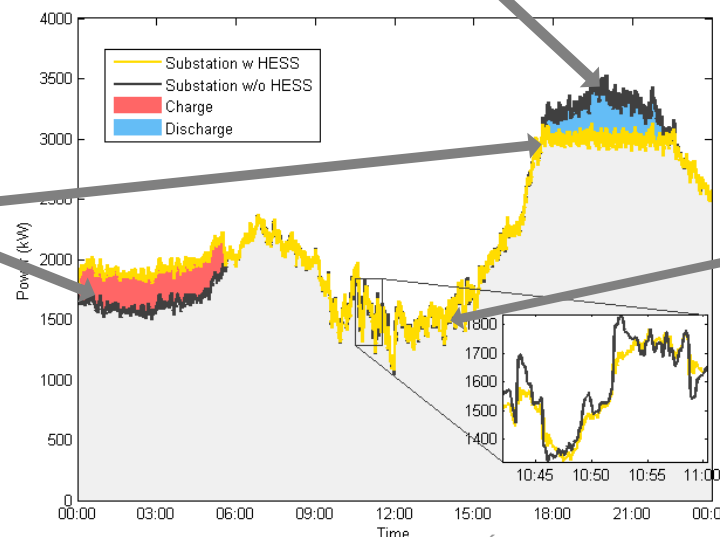
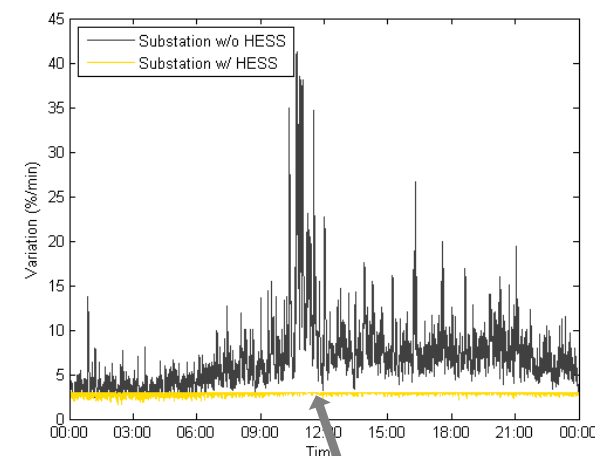
Price arbitrage & Load following

HESS se carga cuando la energía es más barata o la carga es baja, y se descarga cuando la energía es más cara o el consumo es alto

Peak shaving

HESS permite Peak Shaving después de alcanzar un límite predefinido de potencia de salida para aliviar el estrés en la subestación y permitir un aplazamiento en la actualización de la red

Output power variation (%/min)



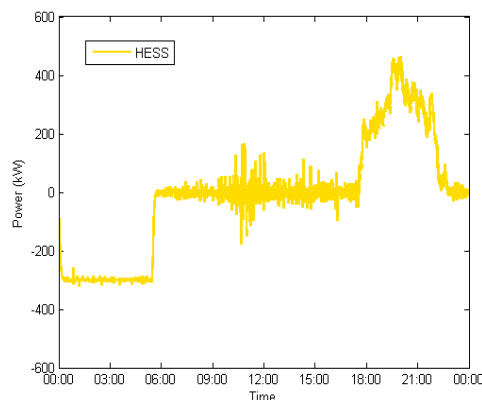
Solar smoothing

HESS reduce la rampa de potencia a una décima parte con respecto a un sistema sin almacenamiento

HESS proporciona múltiples servicios:

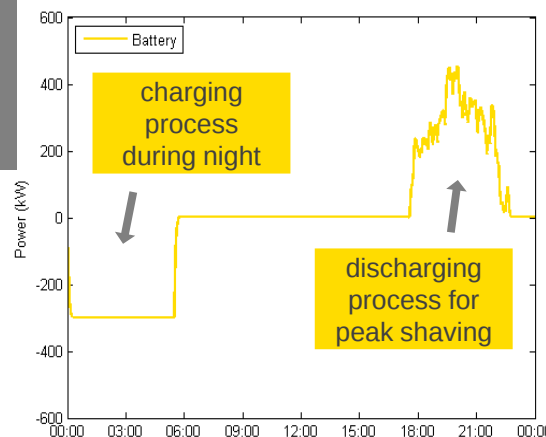
- **Alta densidad de energía:** price arbitrage, load following y peak shaving
- **Alta densidad de potencia:** renewable smoothing

HESS' power output (kW)

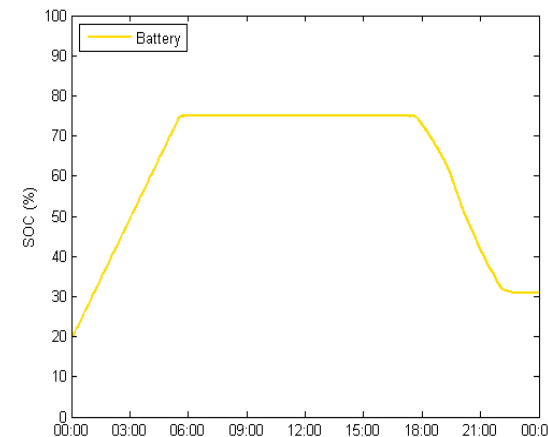


- **Baterías** a cargo de la respuesta de alta densidad de energía
- **UCAPs** compensan la variación de producción solar y suavizan el perfil de potencia de las batería parar mejorar su tiempo de vida

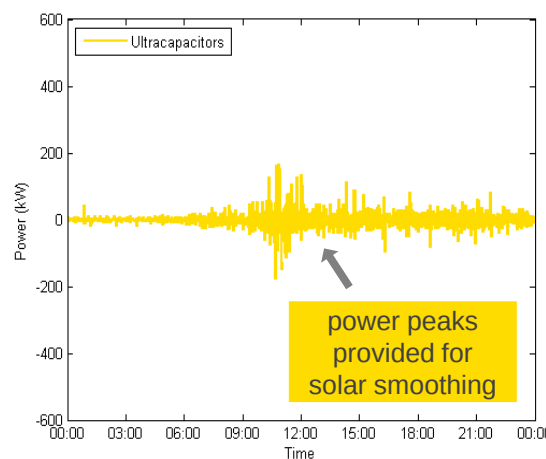
Batteries' power output (kW)



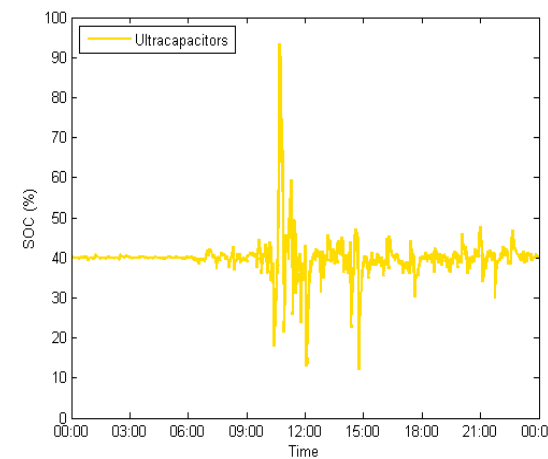
Batteries' state of charge (%)



UCAPs' power output (kW)



UCAPs' state of charge (%)



Solución HESS

Algoritmia y Modelado



cen SOLUTIONS
Smart Energy Solutions



itc
INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE CANARIAS

endesa

ALGORITMOS DE CONTROL Y GESTIÓN DE ENERGÍA INTEGRADOS EN DIFERENTES CAPAS DE LA RED QUE PERMITEN A LOS OPERADORES DE LA RED MAXIMIZAR LA OPERACIÓN DE LOS ACTIVOS DE ALMACENAMIENTO

HERRAMIENTA DE
DIMENSIONAMIENTO ÓPTIMO Y
GENERADOR DE MODELOS DE
NEGOCIO

INMS
Win Inertia Inside

EMS
by Win Inertia

UCMS
by Win Inertia

- Batteries behavior models
- Batteries degradation models
- Electrical dynamic models
- Thermal dynamic models
- Grid services impact models
- Batteries SoH, SoF
- BMS hardware



- UCs behavior models
- UCs degradation models
- Electrical dynamic models
- Thermal dynamic models
- Grid services impact models
- UCs SoH, SoF
- UCMS hardware



- HESS behavior models
- HESS degradation models
- Electrical dynamic models
- Thermal dynamic models
- Grid services impact models
- HESS SoH, SoF
- EMS hardware



renewable energy
integration



grid services for
transmission



grid services for
distribution



microgrids

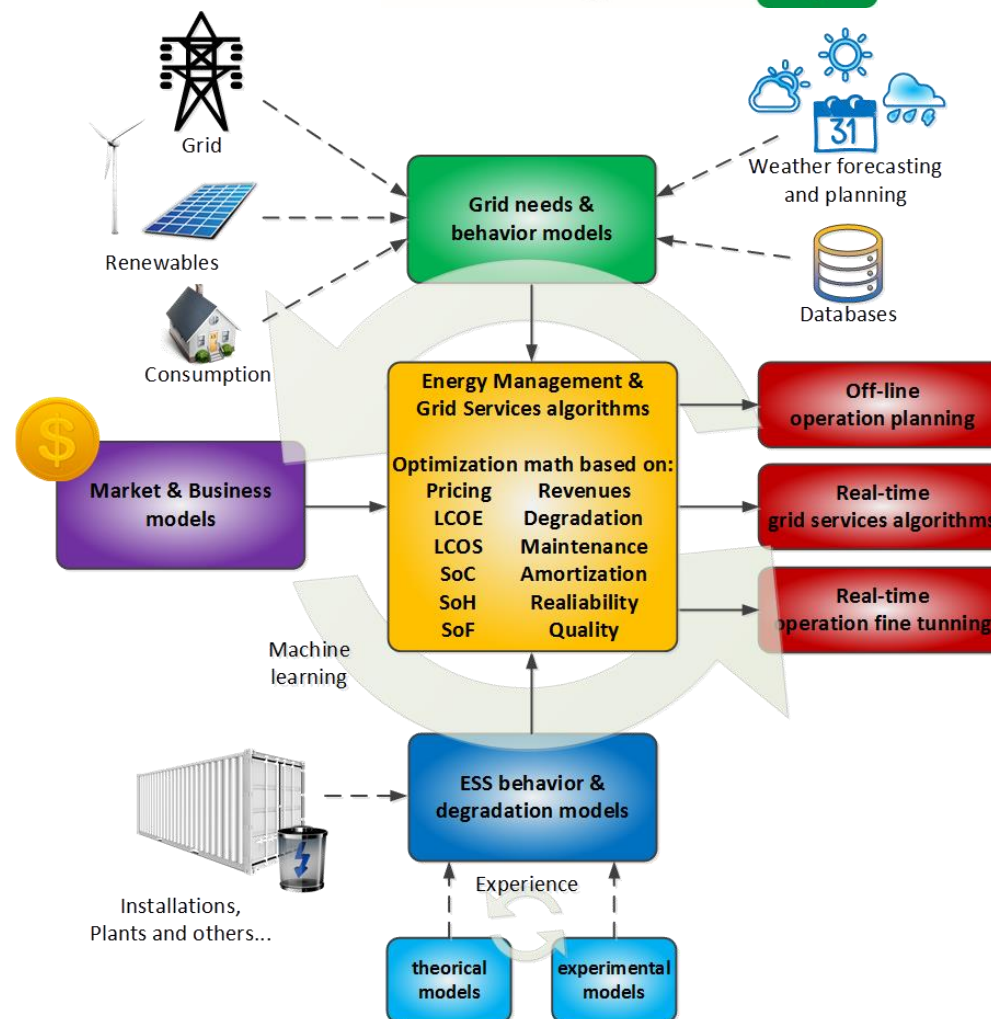


utility/grid operator level

- Multiple grid services supplied continuously over time
- Grid requirements forecasting model
- Real time operation
- Grid communication integration
- Hardware in Loop (HiL) model

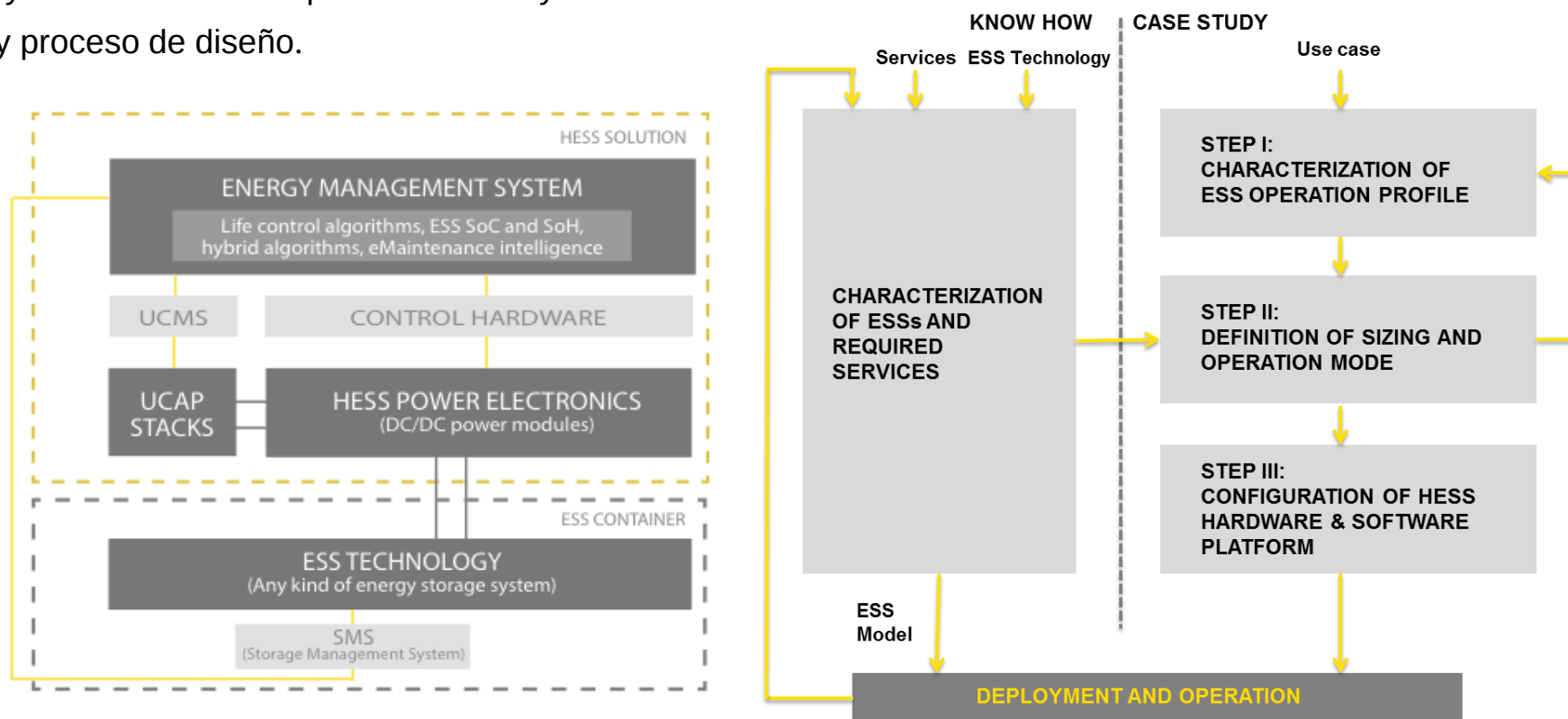
- Real-time optimized business model
- Frequency regulation
- Synthetic Inertia
- Ramp rate & Smoothing algorithms
- Demand response
- Distributed energy management
- Multiple services supplied over time
- Virtual storage plants
- Virtual power plants
- Spinning reserve emulation
- Forecasting demand model
- Forecasting generation model
- INMS hardware

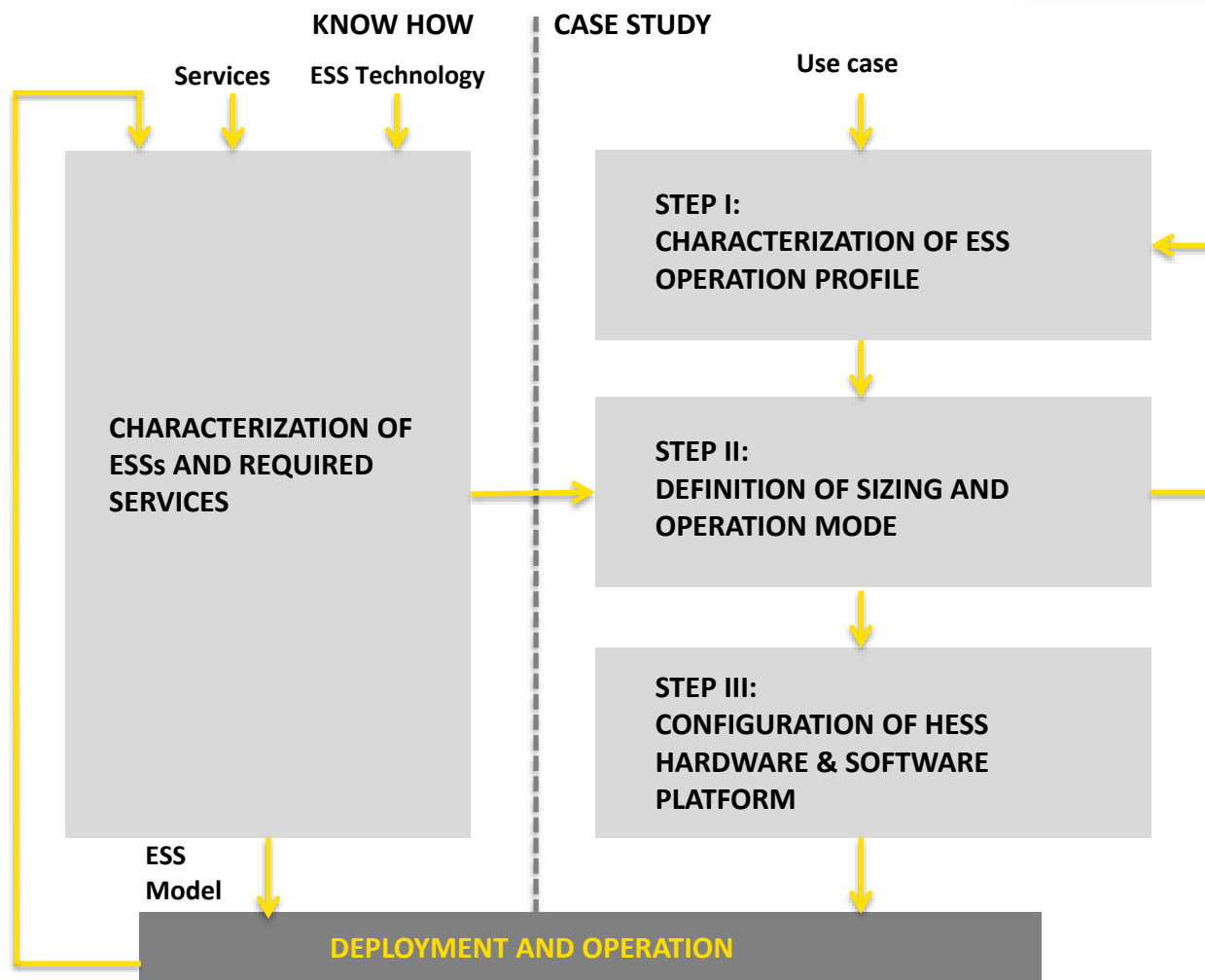
ALGORITMOS PARA SERVICIOS DE RED Y GESTIÓN DE ENERGÍA QUE PERMITEN OFRECER UNA SOLUCIÓN HÍBRIDA RENTABLE CON UNA OPERACIÓN MEJORADA Y MÚLTIPLES MECANISMOS DE INGRESOS

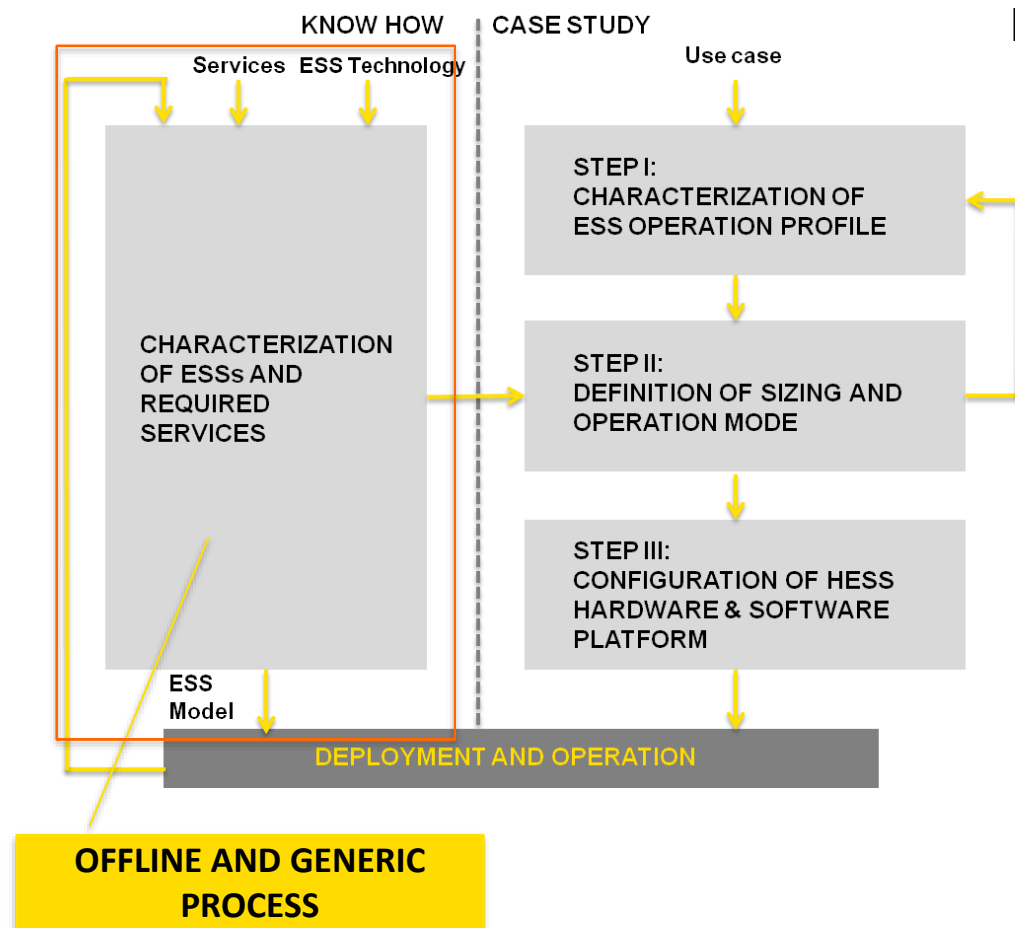


Solución basada en:

- Flexibilidad y modularidad de la plataforma HW y SW del HESS
- Know-how y proceso de diseño.







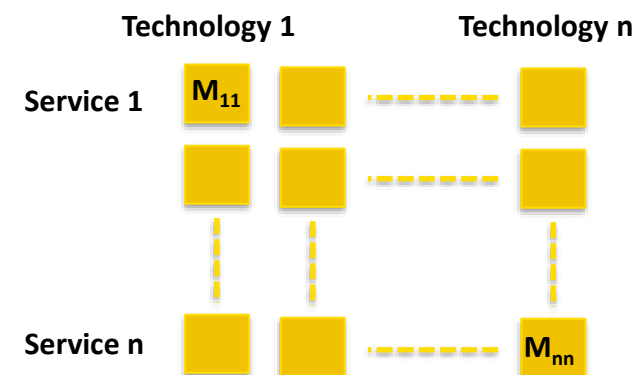
ESS Model = f (ESS technology, Required service)

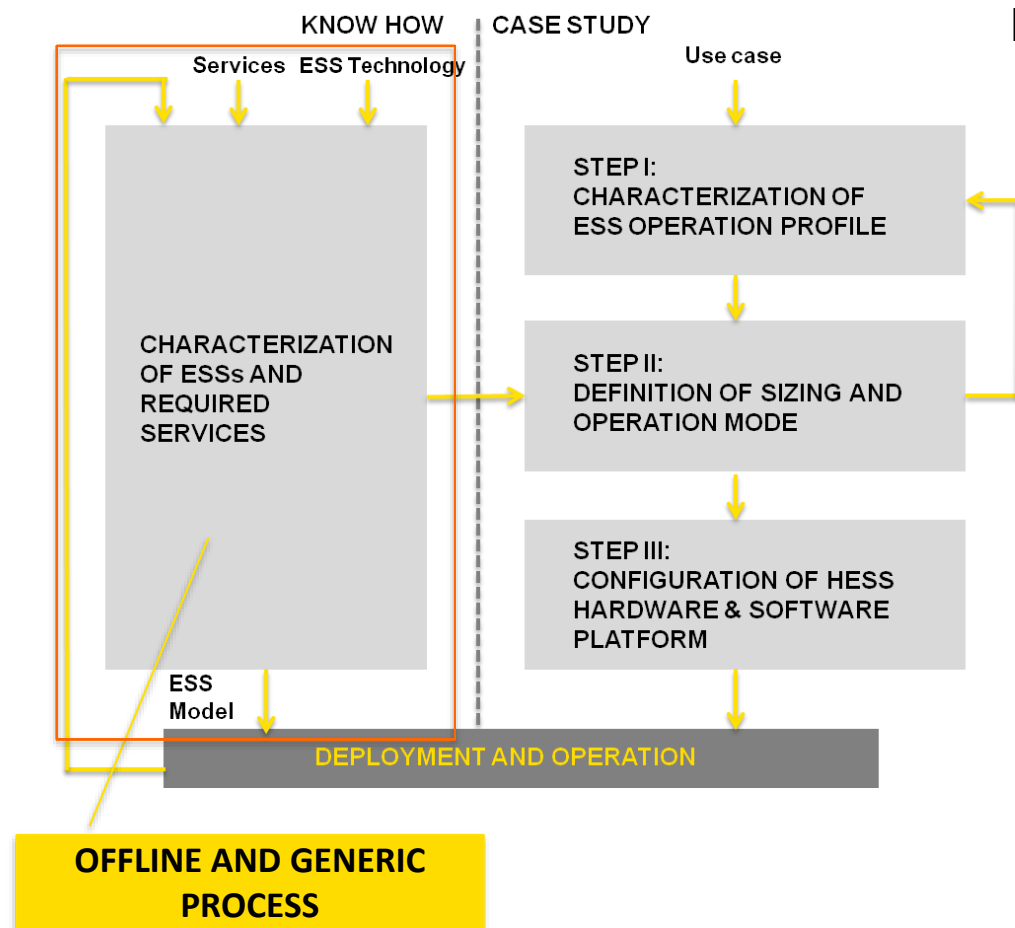
Inputs

- Tecnologías de almacenamiento (Tnn) desde una alta densidad de energía a una alta densidad de potencia
- Servicios requeridos (Snn) para una aplicación específica

Outputs

- Modelos de ESS (Mnn) incluyendo perfiles de operación y degradación





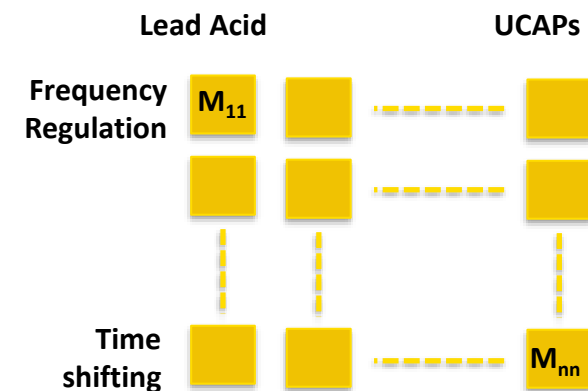
ESS Model = f (ESS technology, Required service)

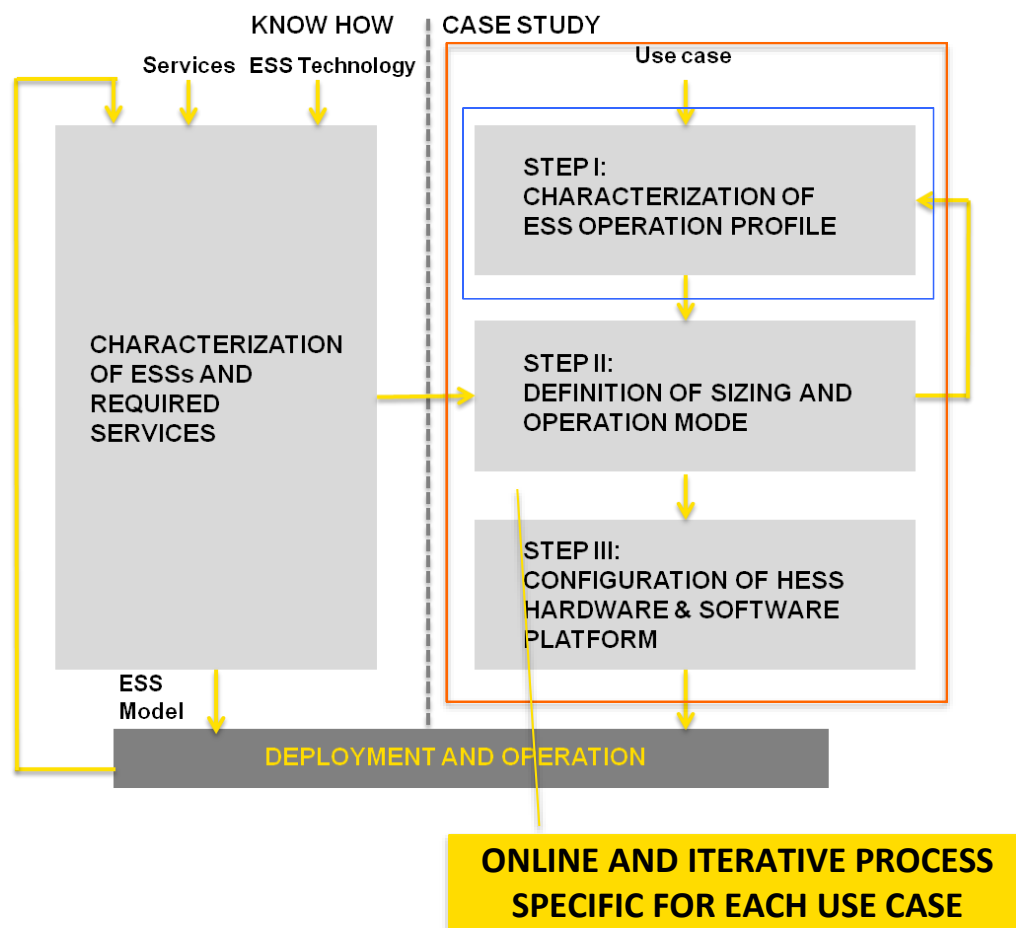
Inputs

- Tecnologías de almacenamiento (Tnn) desde una alta densidad de energía a una alta densidad de potencia
- Servicios requeridos (Snn) para una aplicación específica

Outputs

- Modelos de ESS (Mnn) incluyendo perfiles de operación y degradación



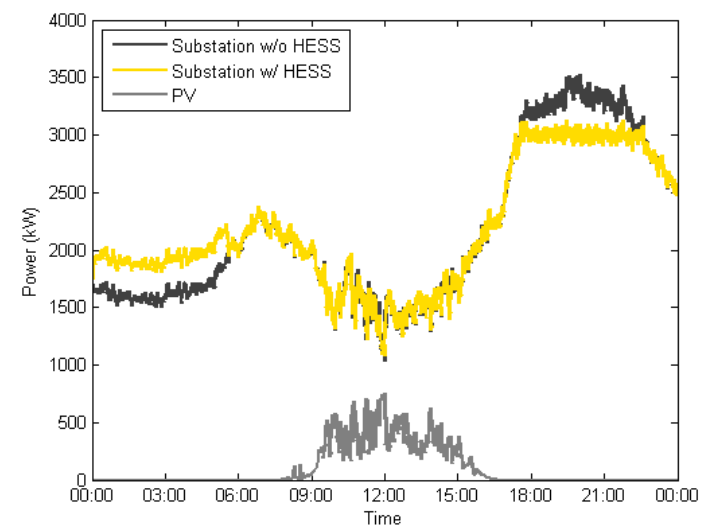


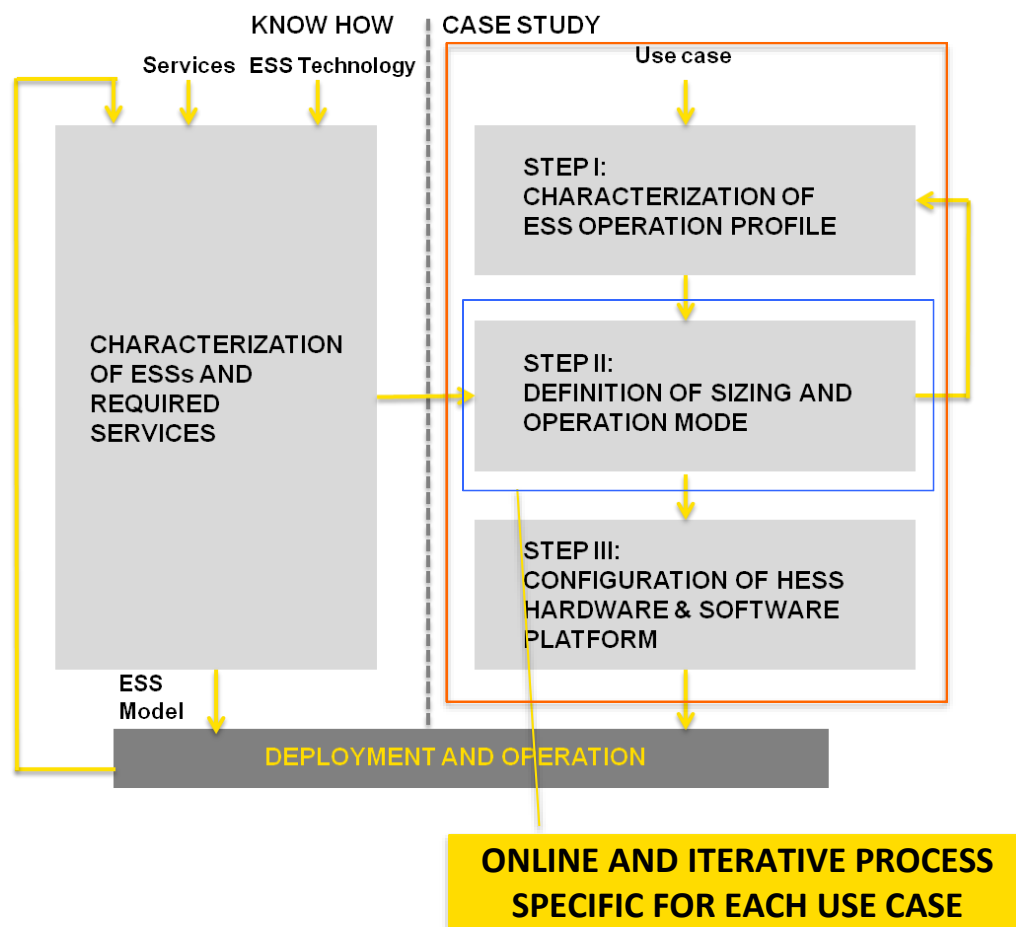
Inputs

- Perfiles de operación de generación
- Perfiles de operación de cargas

Outputs

- Análisis estadísticos de eventos operacionales
- Caracterización de eventos operacionales





Inputs

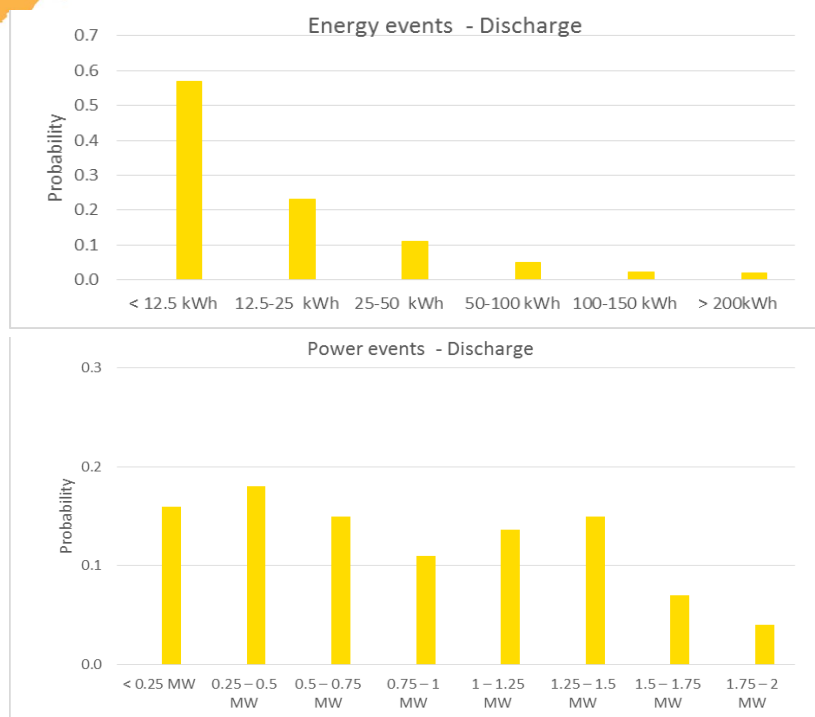
- Modelos de tecnologías (Mnn)
- Análisis estadísticos de eventos operacionales
- Caracterización de eventos operacionales

Factores clave

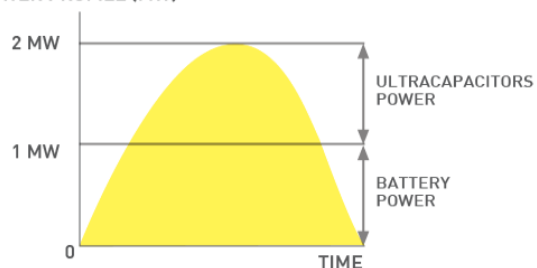
- Coste y retornos de inversión (Capex)
- Costes de operación y mantenimiento (Opex)
- Mecanismos de ingresos

Outputs

- Dimensionamiento óptimo del HESS
- Estrategia óptima de operación
- KPIs financieras (TIR, IIR, Payback)



POWER PROFILE (MW)



Inputs

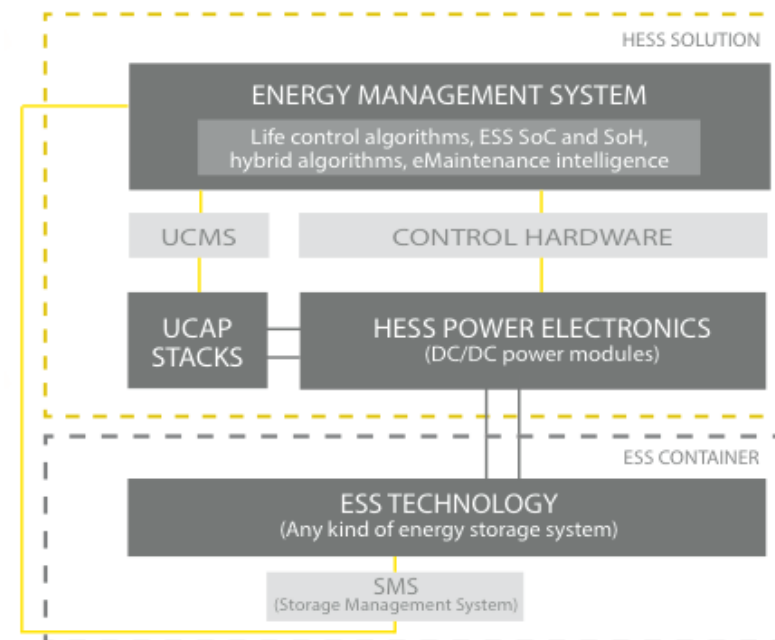
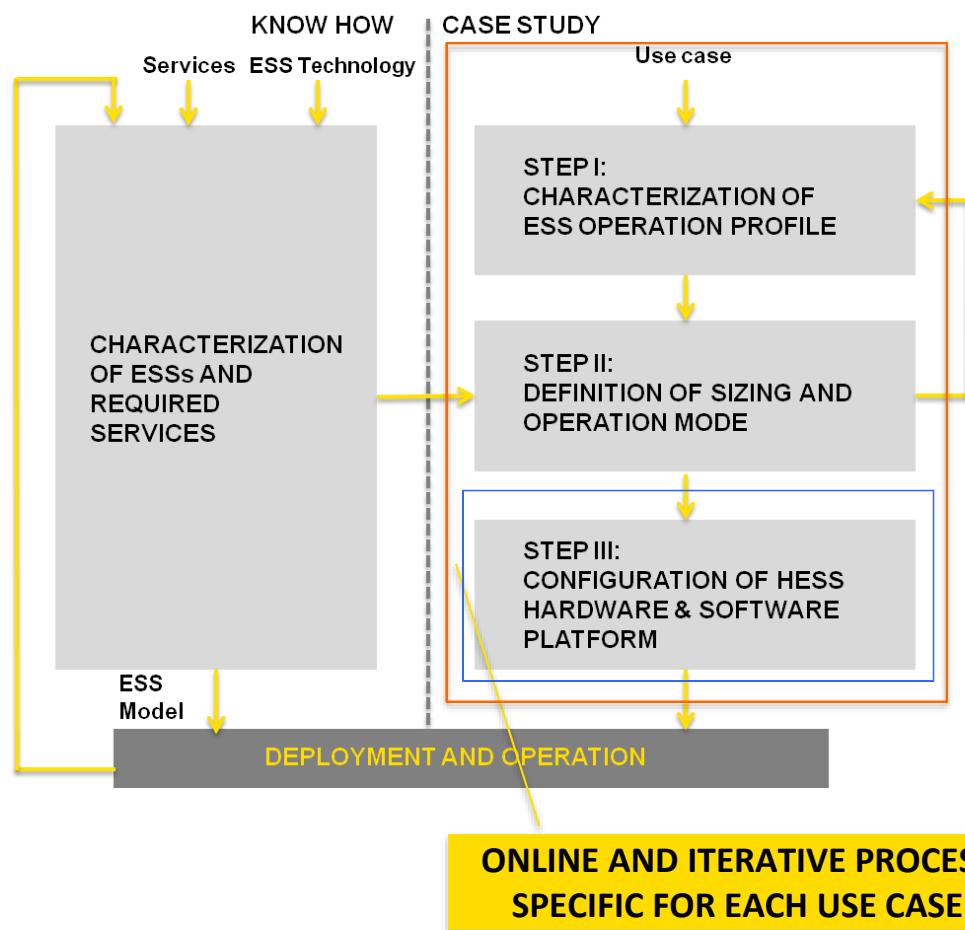
- Modelos de tecnologías (Mnn)
- Análisis estadísticos de eventos operacionales
- Caracterización de eventos operacionales

Factores clave

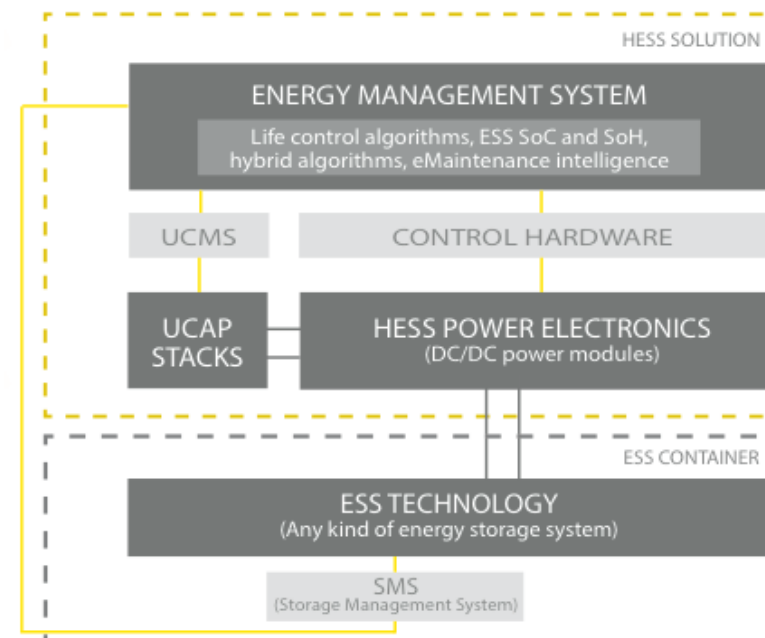
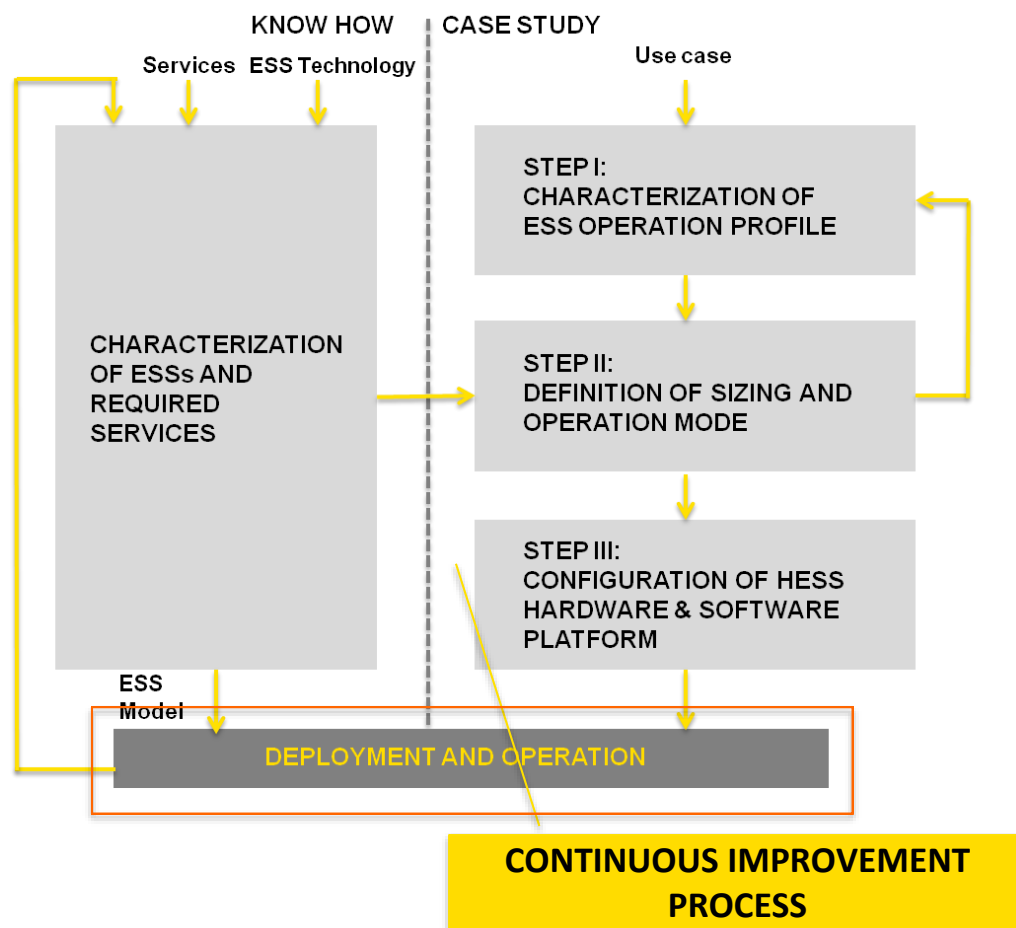
- Coste y retornos de inversión (Capex)
- Costes de operación y mantenimiento (Opex)
- Mecanismos de ingresos

Outputs

- Dimensionamiento óptimo del HESS
- Estrategia óptima de operación
- KPIs financieras (TIR, IIR, Payback)



Basado en el dimensionamiento realizado y gracias al diseño flexible y escalable de la tecnología, la plataforma HESS se configura, tanto en HW como en SW, para conformar una solución que cumpla los requerimientos en términos de potencia y energía así como para cumplir con las especificaciones de tiempo de respuesta y modos de operación.



Conforme que el HESS es operado, los modelos se adaptan progresivamente en un proceso de mejora continua.

El “feedback” proporcionado por la operación mejora el modelado de tecnologías de almacenamiento y servicios.

Presentación del desarrollo hardware

Sistema HESS contenerizado

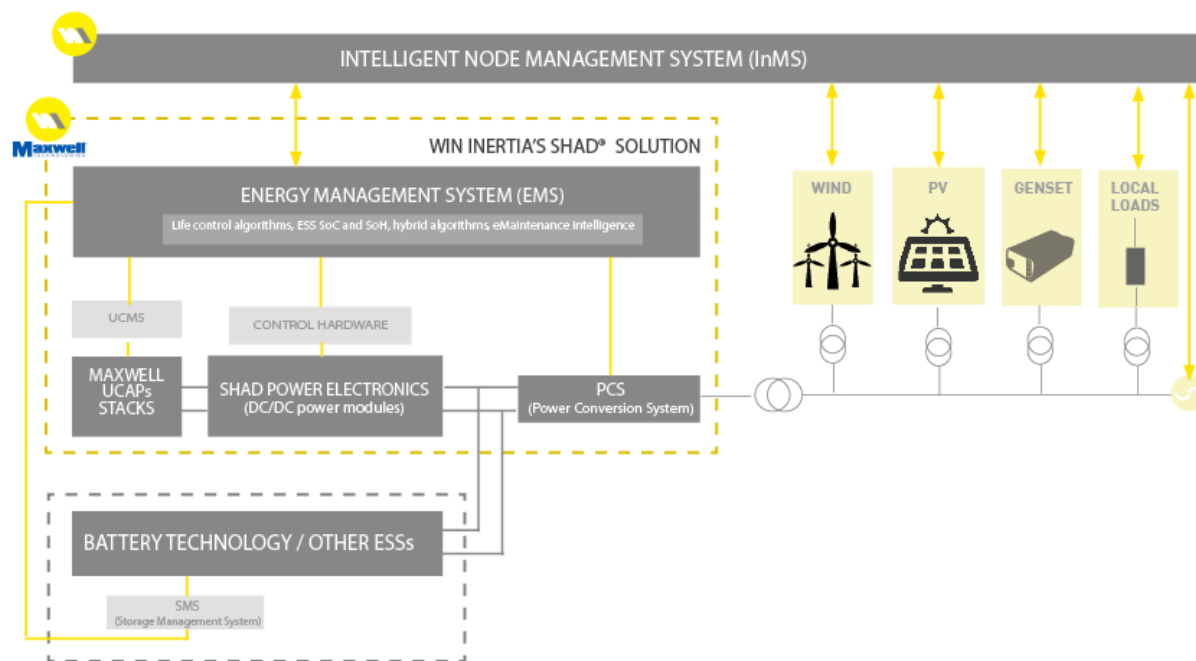


cen SOLUTIONS
Smart Energy Solutions



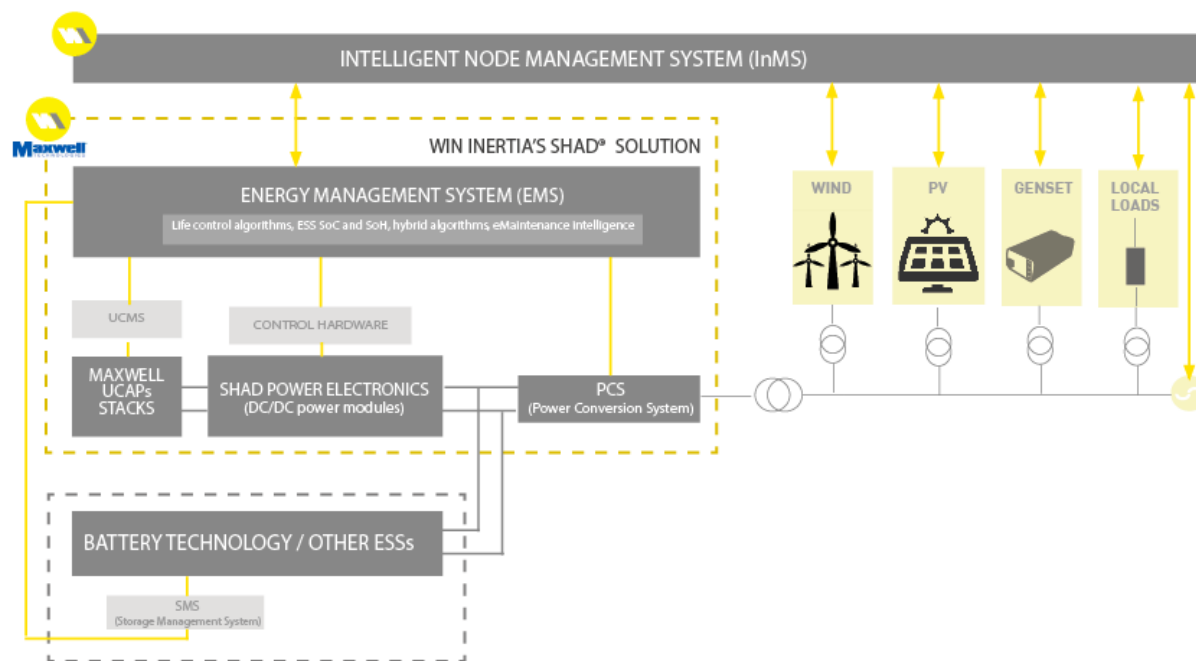
itc
INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE CANARIAS

endesa



Valores máximos

FS4G® (convertidor AC/DC)	200kW
SHAD® (convertidor DC/DC)	200kW
Transformador de conexión 1:1 (400V)	200kW
Potencia de almacenamiento en supercondensadores	200kW
Energía de almacenamiento en supercondensadores	1,65kWh
Potencia de almacenamiento en baterías	45kW
Energía de almacenamiento en baterías	90kWh

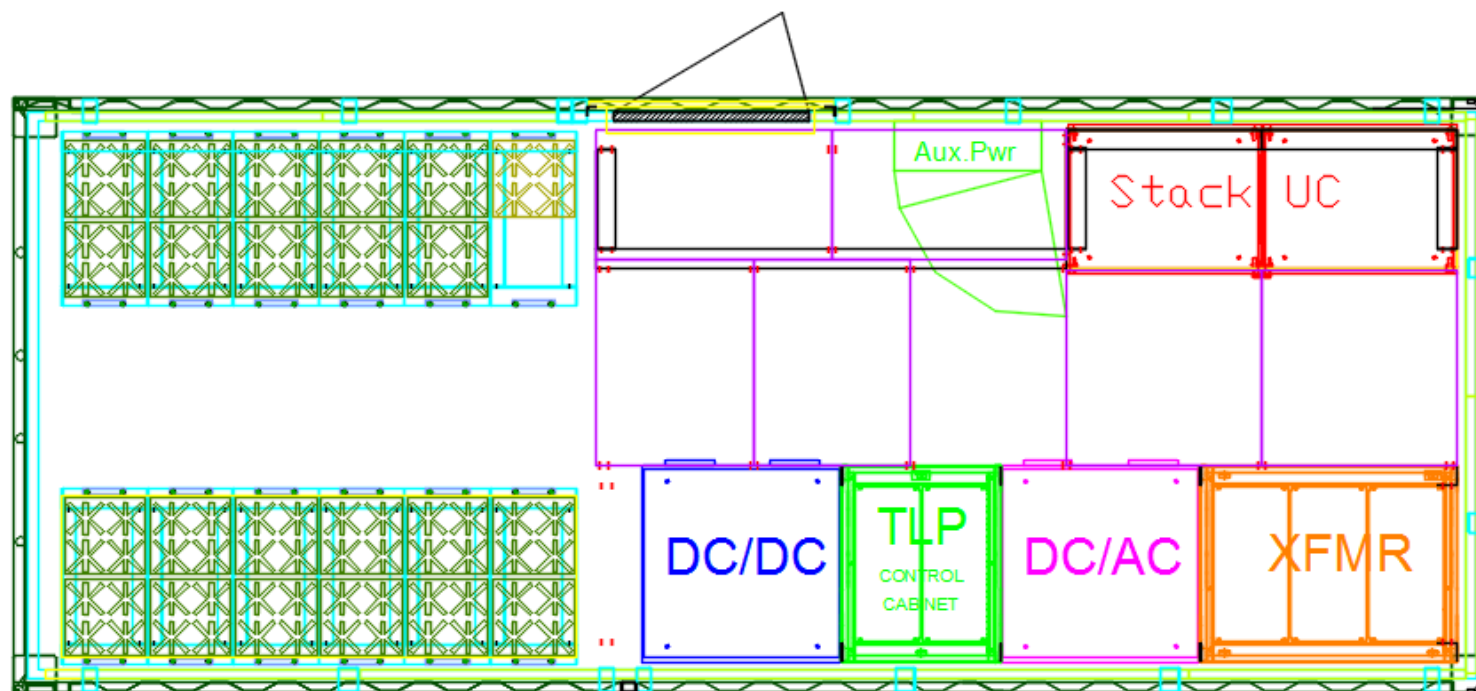


Valores máximos

FS4G® (convertidor AC/DC)	100kW
SHAD® (convertidor DC/DC)	100kW
Transformador de conexión 1:1 (400V)	100kW
Potencia de almacenamiento en supercondensadores	100kW
Energía de almacenamiento en supercondensadores	1,59kWh
Potencia de almacenamiento en baterías	18kW
Energía de almacenamiento en baterías	33kWh

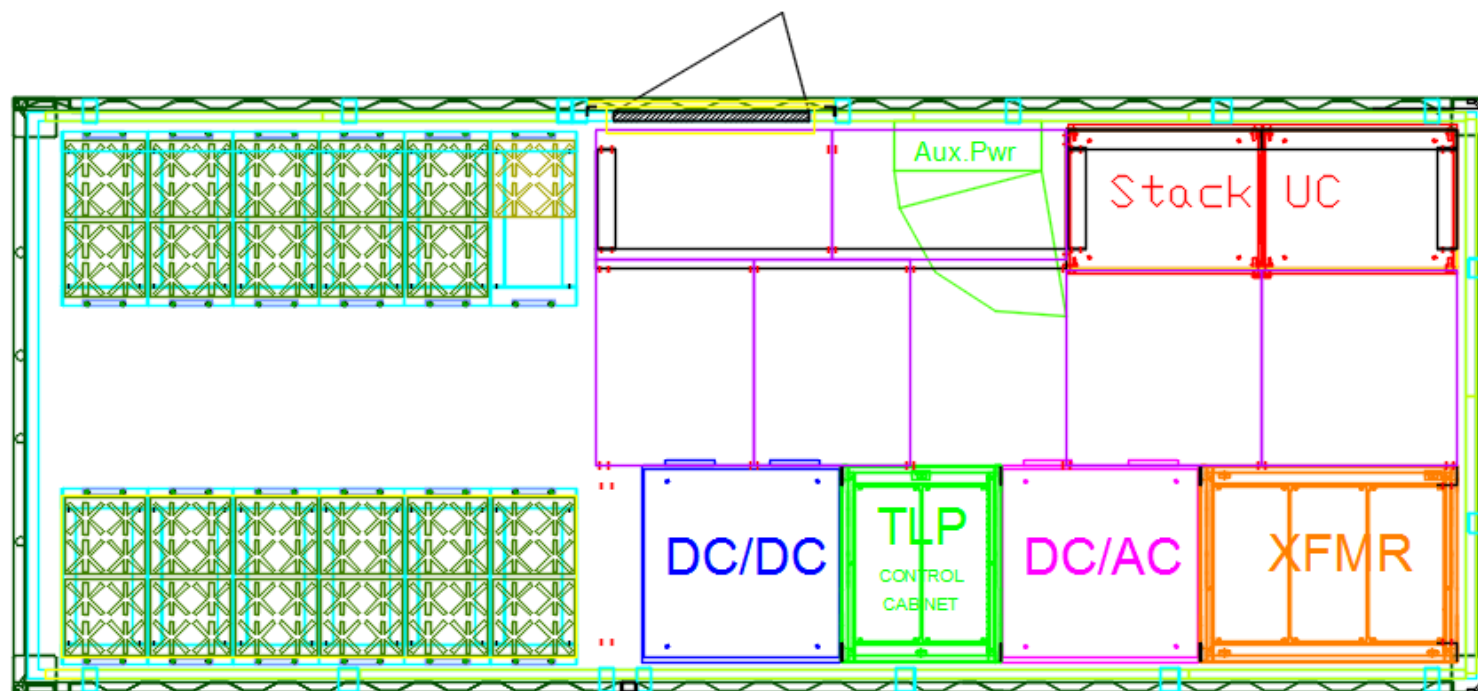
Diseño HESS – contenedor estándar ISO20 HC

- Estructura suportación
- Diseño térmico
- Adecuación contenedor
- Diseño eléctrico
- Estudio de seguridad



Equipos incluidos

- Transformador de conexión
- AC/DC (FS4G®)
- DC/DC (SHAD®)
- Sistema UC-Stack
- Sistema de baterías
- Sistema de control (InMS®)



Fabricación interna

- Armarios a medida
- Control
- Transformador
- Mecanizado contenedor
- Apertura ventilación
- Apertura de puerta
- Estructura para baterías
- Adecuación para UCaps



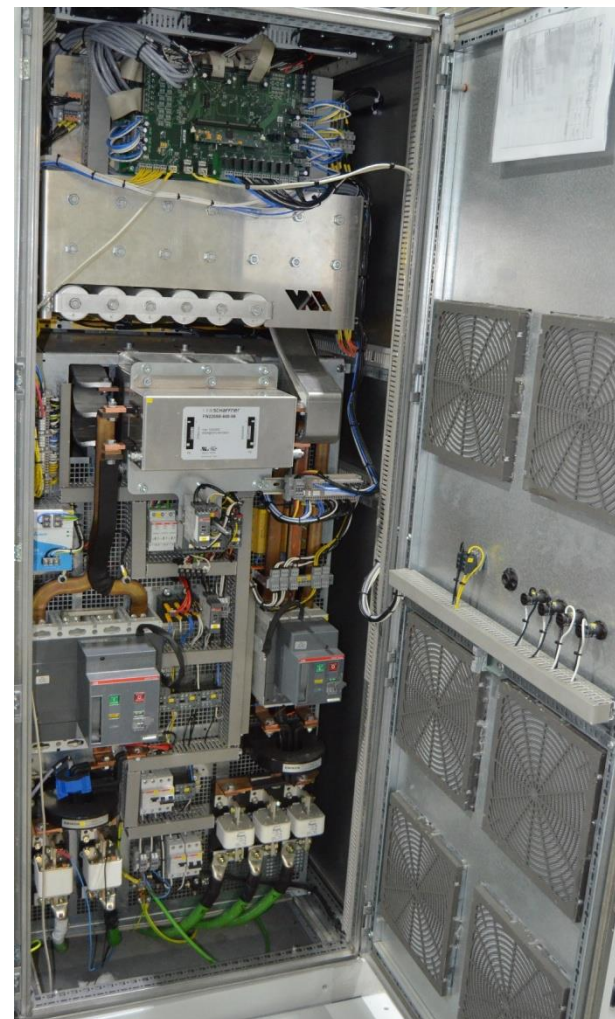
Fabricación interna

- Armarios a medida
- Control
- Transformador
- Mecanizado contenedor
- Apertura ventilación
- Apertura de puerta
- Estructura para baterías
- Adecuación para UCaps



Convertidor AC/DC (FS4G®)

- Potencia disponible: 272kVA
- Potencia limitada: 100kVA
- Voltaje AC: 400Vac
- Voltaje DC: 600-900Vdc
- Comunicación: ModBus Ethernet



Convertidor DC/DC (SHAD®)

- Potencia disponible: 277kW
- Potencia limitada: 100kW
- Voltaje DC (low side): 0-600 Vdc
- Voltaje DC (high side): 600-900Vdc
- Comunicación: ModBus Ethernet



Sistema de UCaps

- 3 x ramas en paralelo
- 10 x módulos por rama
- Potencia disponible: 200kW
- Energía disponible: 1,59kWh
- Rango de tensión: 250-500Vdc
- Capacidad: 49,5F
- Sistema UCMS® de control
- Comunicación: CAN Bus



Sistema de baterías

- 15 x módulos en serie
- Potencia disponible: 18kW
- Energía disponible: 33kWh
- Rango de tensión: 720-900Vdc



Sistema de control InMS®

- 16 canales analógicos de medida
- 8 entradas digitales
- 8 salidas de relé
- Comunicación: ModBus Ethernet



Conclusiones

cen SOLUTIONS
Smart Energy Solutions



- Necesidad de integrar de forma inteligente la tecnología de almacenamiento para que poder sacar el máximo provecho a los activos obteniendo soluciones rentables
- Hibridación permite:
 - Optimizar capex
 - Optimizar opex
 - Proporcionar múltiples servicios.
- Tecnología flexible y modular, configurable para distintos escenarios y aplicaciones.
- El modelado de los dispositivos permite que el operador del sistema conozca en cada momento la capacidad del sistema para prestar un servicio.
- La modularidad se presenta tanto a nivel software como hardware.
 - Modelado y sistema de control adaptable a distintos ratios de potencia y energía.
 - Los sistemas de almacenamiento permiten añadir o quitar stacks de forma sencilla.
 - Electrónica de potencia modular.
 - El diseño del container permite distintas configuraciones y escalabilidad a varios containers para adaptarse al almacenamiento de cada aplicación.



Gracias por su atención