

Objetivo 1: Diseño, simulación y evaluación de la capa de comunicaciones para sistemas energéticos distribuidos operando en microrredes.

Universidad de Alcalá

28 de octubre de 2021

Web: geiser.depeca.uah.es/promint

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




Comunidad
de Madrid

Índice

- Introducción
- Tipología de intercambios de información en microrredes
- Identificación de tecnologías para comunicaciones
- Estandarización de comunicaciones
- Planta experimental
- Integración de blockchain
- Ciberseguridad
- Publicaciones

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




**Comunidad
de Madrid**

Introducción

Objetivo 1: Diseño, simulación y evaluación de la capa de comunicaciones para sistemas energéticos distribuidos operando en microrredes.

- Evaluar alternativas disponibles, haciendo factible la correcta operación de los elementos que componen las Microrredes
- Proponer una arquitectura de comunicaciones adecuada para la operación distribuida
- Validación de la arquitectura de comunicaciones

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

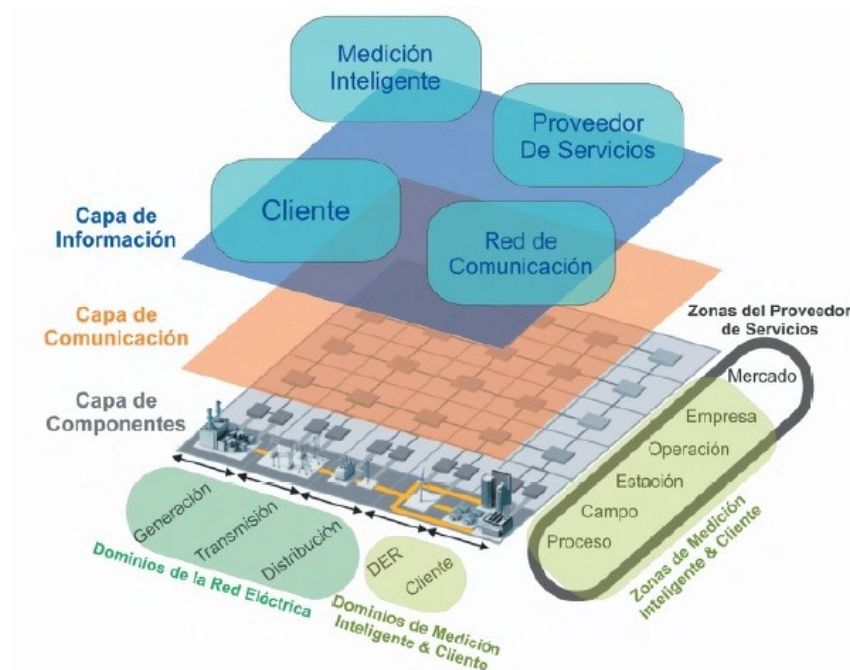
UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Tipología de intercambios de información en Microrredes



Las comunicaciones son uno de los ejes fundamentales para asegurar el despliegue de las Microrredes, habilitando el flujo de información necesario para operar los elementos de red y la gran cantidad de información que estos generan.

Figura 3. Relación dominios del modelo conceptual FG-Smart y la capa de componentes de SGAM

Fuente: (CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group, 2014; Lee y Su, 2013; Budka, et al., 2014; Nieße, et al., 2014)

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



**Comunidad
de Madrid**

Tipología de intercambios de información en Microrredes

Requerimientos de aplicaciones

Aplicación	Tamaño típico de datos (bytes)	Latencia	Fiabilidad (%)
Lectura de contadores	100 - 2400	15 s – 4 h	> 98
Precio	100	< 1 min	> 98
Respuesta a la demanda	100	< 1 min	> 99,5
Operación del elemento de corte	25	< 1 min	> 98
Automatización de la distribución	100 - 1000	< 5 s	> 99,5
Restauración de cortes	25	< 20 s	> 98
Gestión del almacenamiento	25	< 5 s	> 98
Actualizaciones	25 k – 2 M	< 2 min – 7 días	> 98
Mensajería a clientes	50 – 200	< 15 s	> 99

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




**Comunidad
de Madrid**

Tipología de intercambios de información en Microrredes

Mensaje	Requerimientos de latencia
Control de protecciones	4 ms
Monitorización	1 s
Control de DERs	16 ms – 100 ms
Información de operación y mantenimiento	1 s
Mensajes que requieren acciones inmediatas por los dispositivos que los reciben	3 ms – 100 ms

S. Marzal, R. Salas, R. González-Medina, G. Garcería, and E. Figueres, “Current challenges and future trends in the field of communication architectures for microgrids,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82, pp. 3610 – 3622, 2018

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELigentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro

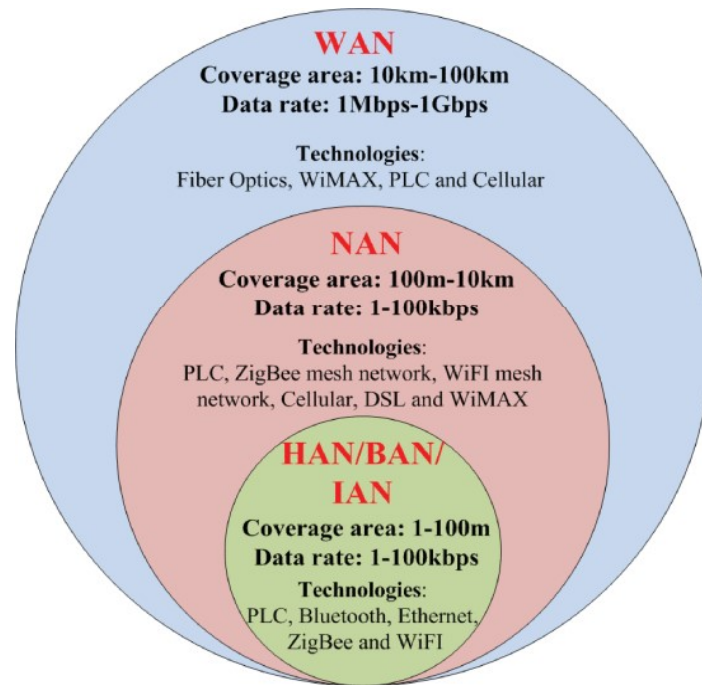


UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




**Comunidad
de Madrid**

Identificación de tecnologías para comunicaciones



● Cableadas

- Ethernet y Fibra Óptica
 - Alto coste en caso de no existir infraestructura.
 - Baja latencia e inmunidad al ruido. Gran ancho de banda.

● Inalámbricas

- Wi-Fi
 - Bajo coste y gran ancho de banda.
 - Alcance bajo.
- LoRa
 - Bajo consumo
 - No es inmune a interferencias.
- Móvil (LTE, 4G, 5G, ...)
 - Ancho de banda y alcance.
 - Problemas de disponibilidad y seguridad
- WiMAX
 - Alto coste de despliegue

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



**Comunidad
de Madrid**

Resultados pruebas reales

Cumple con los requisitos de todas las aplicaciones:

- Distancias menores a 100 m: **Ethernet**
 - Latencia media: 0,8 ms
 - Latencia máxima: < 1 ms
 - Fiabilidad: 100 %
- Inconvenientes
 - Coste de instalación
 - Despliegue
- Distancias mayores a 100 m: **Fibra óptica**
 - Inconvenientes
 - Coste de instalación
 - Despliegue



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




**Comunidad
de Madrid**

Resultados pruebas reales

Alternativas válidas para aplicaciones menos exigentes:

- **Rango bajo: Bluetooth y Wi-Fi 6**

- Inconvenientes:

- Rango: Bluetooth 40 m, WiFi 70 m
- Latencia. Bluetooth: 90 ms – 1 s, Wi-Fi: 2 – 130 ms

- **Rango medio: LoRa**

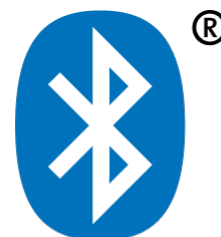
- Inconvenientes:

- Alcance < 500 metros
- Latencia elevada > 100 ms
- Latencia para máximo alcance: 1,8 s
- Baja fiabilidad.

- **Gran rango: Móvil (4G)**

- Inconvenientes

- Latencia: 30 – 100 ms
- Coste por servicio
- Dependencia de empresa de telecomunicaciones



Bluetooth 5.0



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




**Comunidad
de Madrid**

Resultado pruebas reales

Alternativa para todos los rangos y todas las aplicaciones: Móvil (5G)

- **Características:**

- Latencia: 1 – 4 ms
- Velocidad: > 50 Mbps
- Fiabilidad: 99,9999 %
- Bajo consumo de energía

- **Inconvenientes:**

- Coste actual de los dispositivos
- Coste por servicio



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Estandarización de comunicaciones

Objetivos que se pretenden alcanzar:

1. Interoperabilidad. Integrar equipos de diferentes fabricantes.
2. Bajos costes en cableado y diseño.
3. Agilidad en los procesos de puesta en marcha y mantenimiento.

IEC 61850

Se basa en tres principios:

1. Modelo de información único. Estructura de datos y jerarquías unificados para emplear en los dispositivos.
2. Protocolo de comunicaciones común. Enviar la información necesaria cumpliendo los requisitos de tiempo y disponibilidad.
3. Formato de fichero de configuración. Modelo de fichero de configuración estandarizado

Se ha ido ampliando para cubrir todos los aspectos del sector eléctrico como los recursos distribuidos o la energía hidráulica.

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro

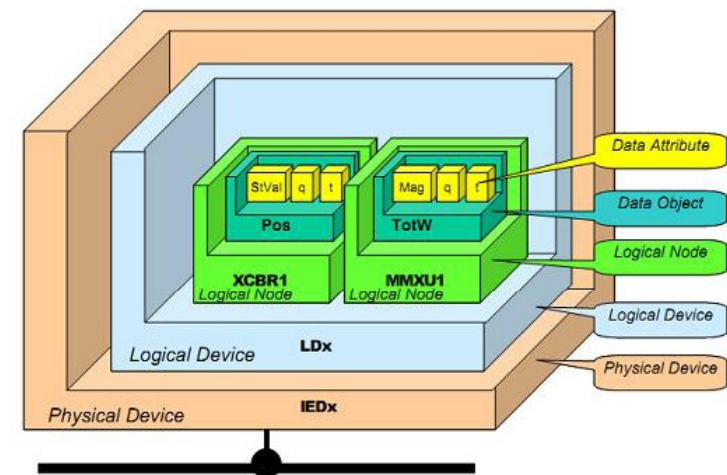


UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Estandarización de comunicaciones

- **Dispositivo físico**
- **Dispositivo lógico.** Organiza información de cada dispositivo físico p. ej. control, protección, información, etc. Los nombres son libres.
- **Nodo lógico.** Funciones o componentes de automatización del sistema. Se identifican con 4 letras. Se encuentran definidos en la parte 7-4 del estándar.
- **Objeto.** Organiza información de cada Nodo lógico. Están definidos.
- **Atributo.** Valores que puede tomar cada Objeto. Están definidos.



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro

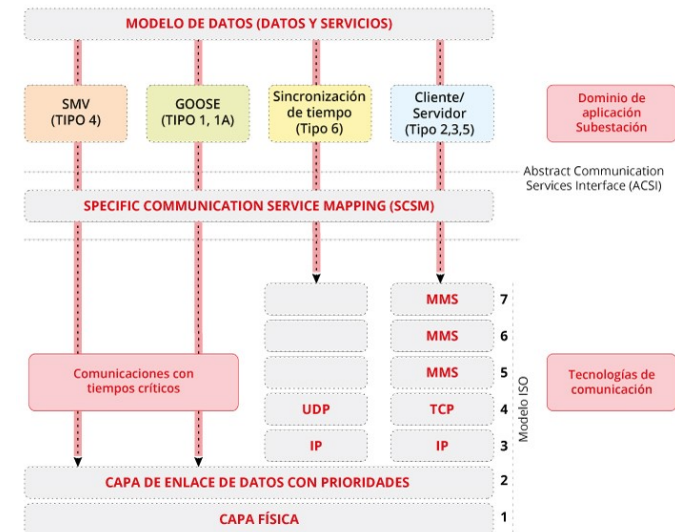



**Comunidad
de Madrid**

Estandarización de comunicaciones

Distintos protocolos según la información a transmitir

- **Sampled Measured Values.** Comunicación rápida de valores de medición, protección y control. Directamente sobre Ethernet (Capa 2 OSI). Mensajes estructura de publicador/suscriptor, el publicador envía los datos a todos los equipos de la red y cada equipo se suscribe a los datos para acceder a los mismos.
- **GOOSE.** Transmisión en tiempo real de eventos críticos. Estructura publicador/suscriptor. Latencia máxima de 3 ms.
- **SNTP.** Sincronización de tiempo de los dispositivos. Para la transmisión de los mensajes SNTP se utiliza el protocolo UDP (Capa 4 OSI).
- **MMS.** Intercambio de datos de la aplicación, parámetros de configuración de los dispositivos o datos de monitorización. Envía sus mensajes a través de conexiones TCP (Capa 4 OSI) y es utilizado para las comunicaciones cliente/servidor.



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro

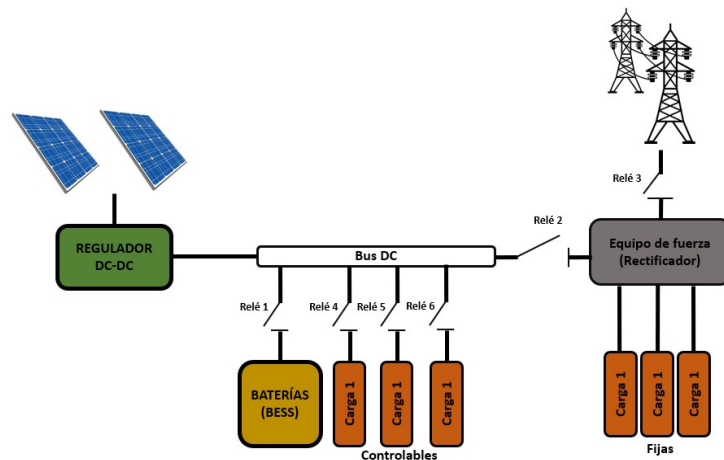


Comunidad
de Madrid

Planta experimental



- Instalación de fotovoltaica
- Simula un nodo de una microrred
- Capacidad de almacenamiento de energía en batería
- Cargas controlables
- Posibilidad de conexión y desconexión de la red principal



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro

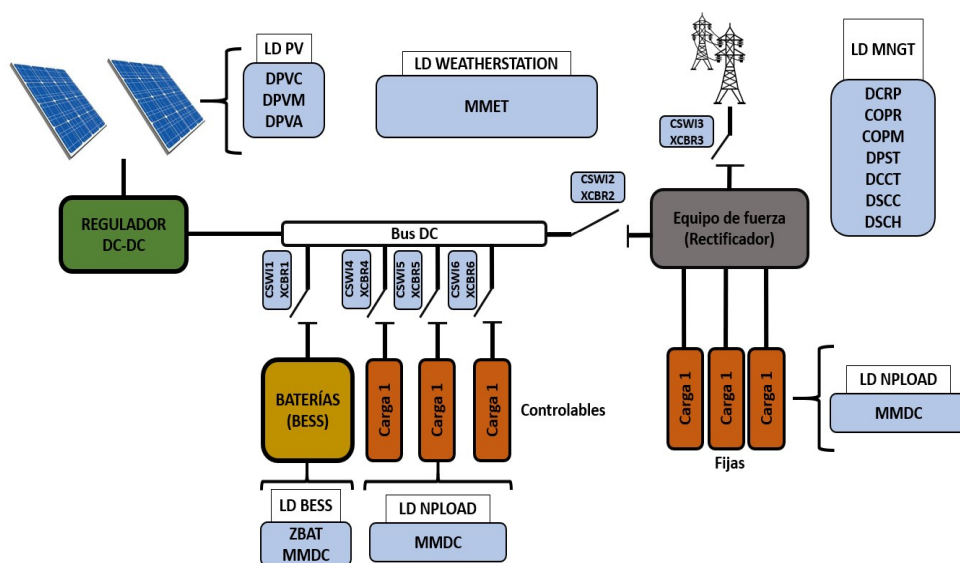


UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




**Comunidad
de Madrid**

Planta experimental



- En este ámbito, es difícil encontrar dispositivos comerciales con el estándar IEC 61850
- Cada elemento tiene sus propios protocolos.
- Raspberry Pi como conversor de protocolos.
- Hemos creado un modelo de la planta con elementos del estándar

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro

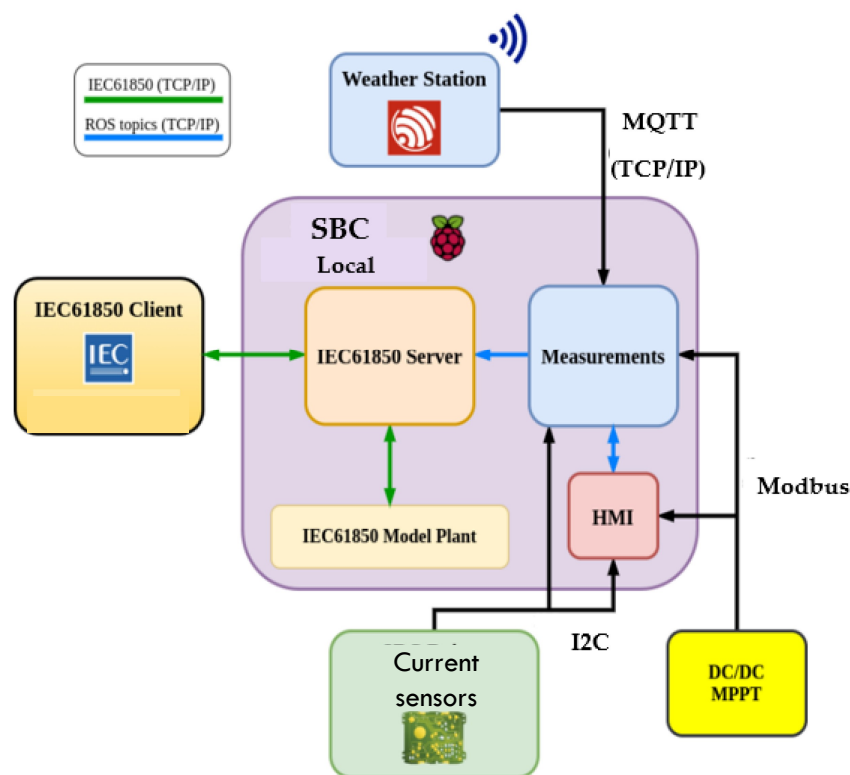


UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Comunidad
de Madrid

Planta experimental



- Modelo de la planta en la Raspberry Pi
- El cliente IEC 61850 únicamente debe comunicarse con el servidor IEC 61850.
- MQTT para comunicarse con la estación meteorológica.
- Modbus con regulador DC-DC
- I2C con los sensores de corriente

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



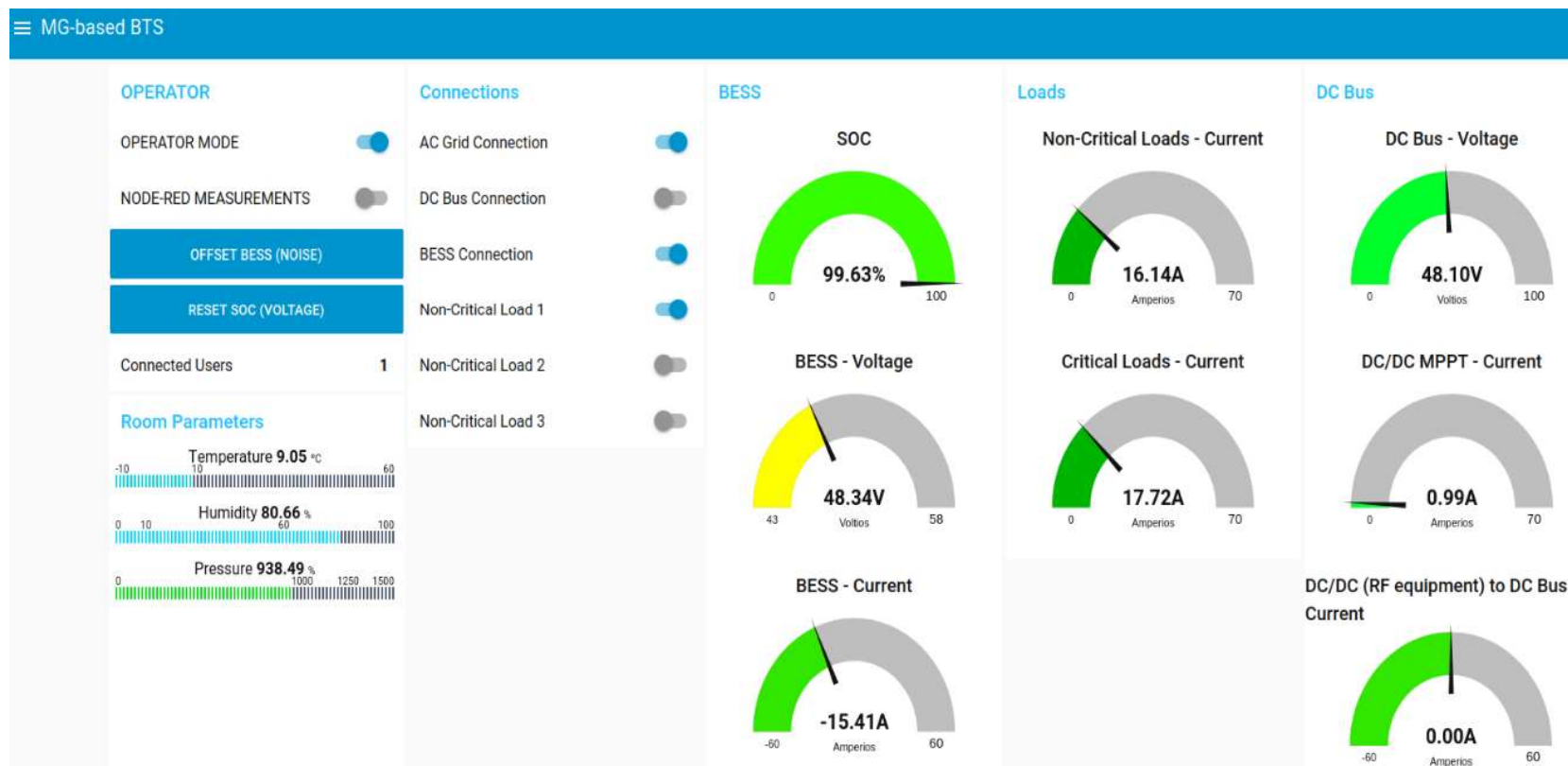
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Comunidad
de Madrid

Planta experimental

Interfaz gráfica en Node Red. Información en la nube de ThingSpeak



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro

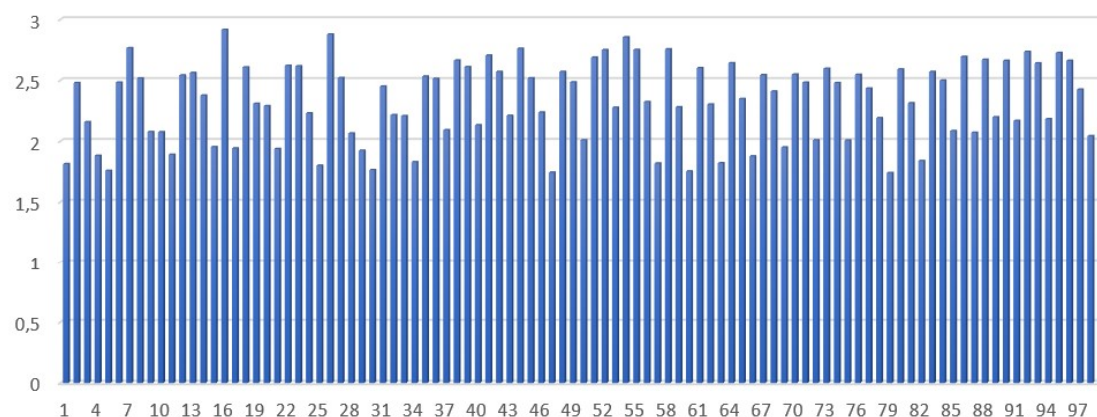


UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Planta experimental

Estudio de latencias y tiempos de transmisión.



Media: 2,324 ms
Mínimo: 1,739 ms
Máximo: 2,915 ms

- Prueba con 100 mensajes G00SE consecutivos por cable Ethernet /F0
- Todos por debajo de los 3 ms
- Resto de las tecnologías analizadas no sería factibles para este tipo de mensajes (queda por probar 5G)

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



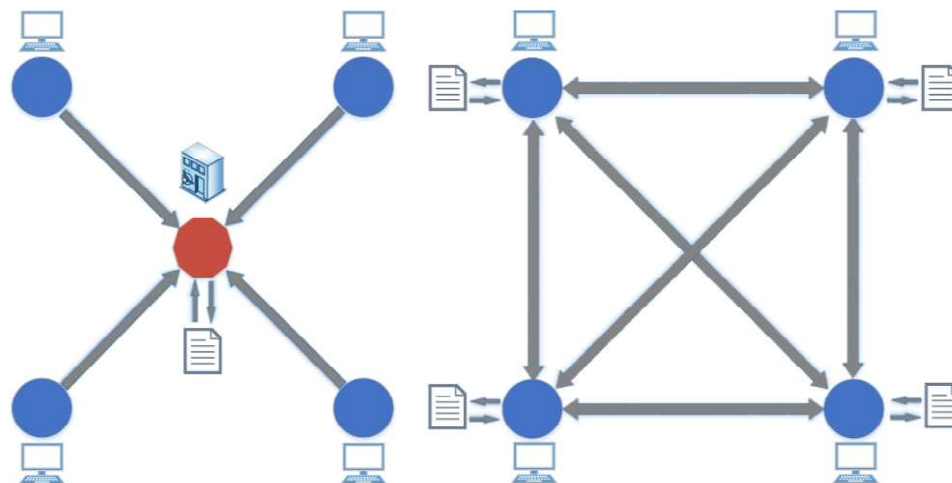
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Integración de Blockchain

- Comunicaciones P2P (Hito 1.2)

- Se ha identificado la tecnología Blockchain como herramienta clave para crear redes de comunicación P2P en Microrredes.
- Al distribuir las comunicaciones y el control aumenta drásticamente la escalabilidad.
- Compatible con el estándar IEC 61850.
- Banco de pruebas formado por varias Raspberry Pi 4 Model B



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



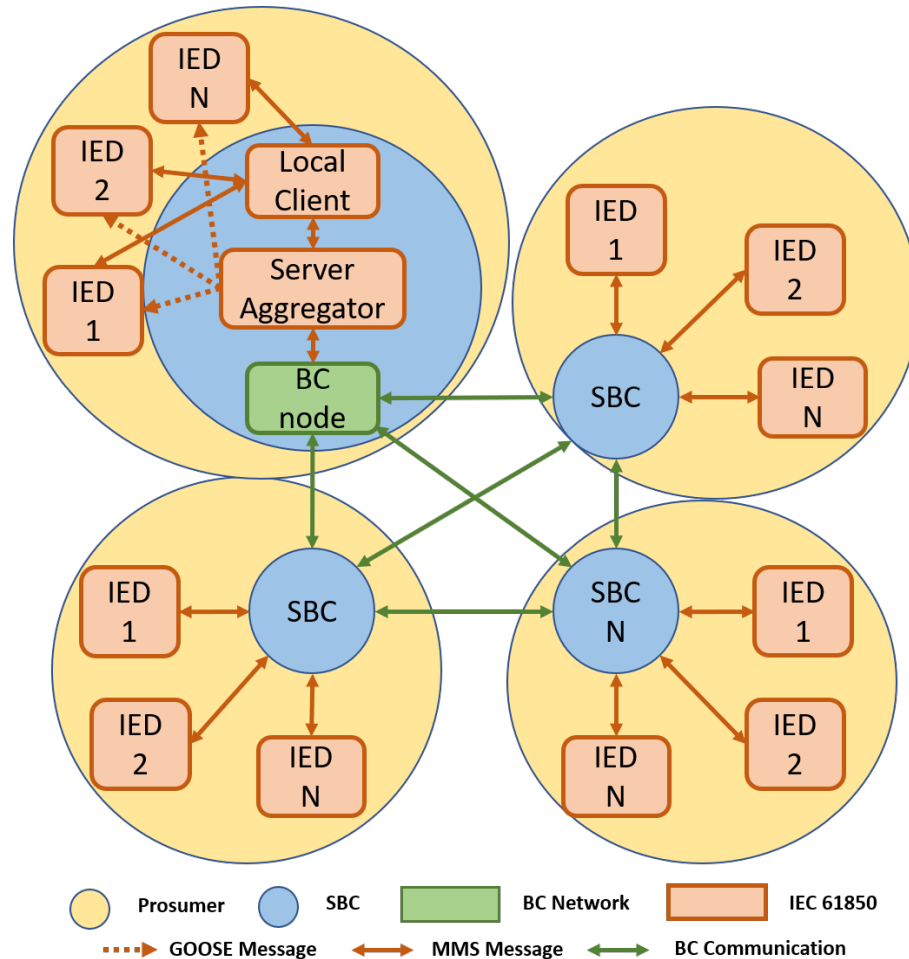
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




**Comunidad
de Madrid**

Integración de Blockchain

Propuesta de arquitectura de comunicaciones



- Cada prosumidor tiene sus IEDs compatibles con el estándar IEC 61850
- Se añade un ordenador de placa simple a su instalación
- Incorpora un nodo Blockchain que se comunica con el resto de nodos de la red

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro

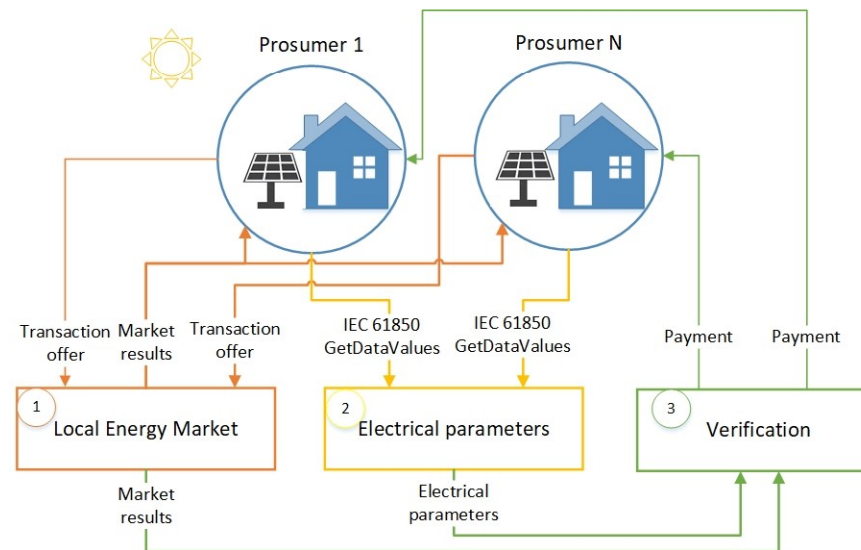


Comunidad
de Madrid

Integración de Blockchain

- Extensión a un Mercado local de energía

- Se ha diseñado un mercado local para Microrredes mediante contratos inteligentes
- Permite la compra-venta de energía entre usuarios de una Microrred
- Aumenta el rendimiento de la inversión en generadores de pequeño tamaño y baterías
- Asegura la inmutabilidad de los parámetros eléctricos, dificultando el fraude



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



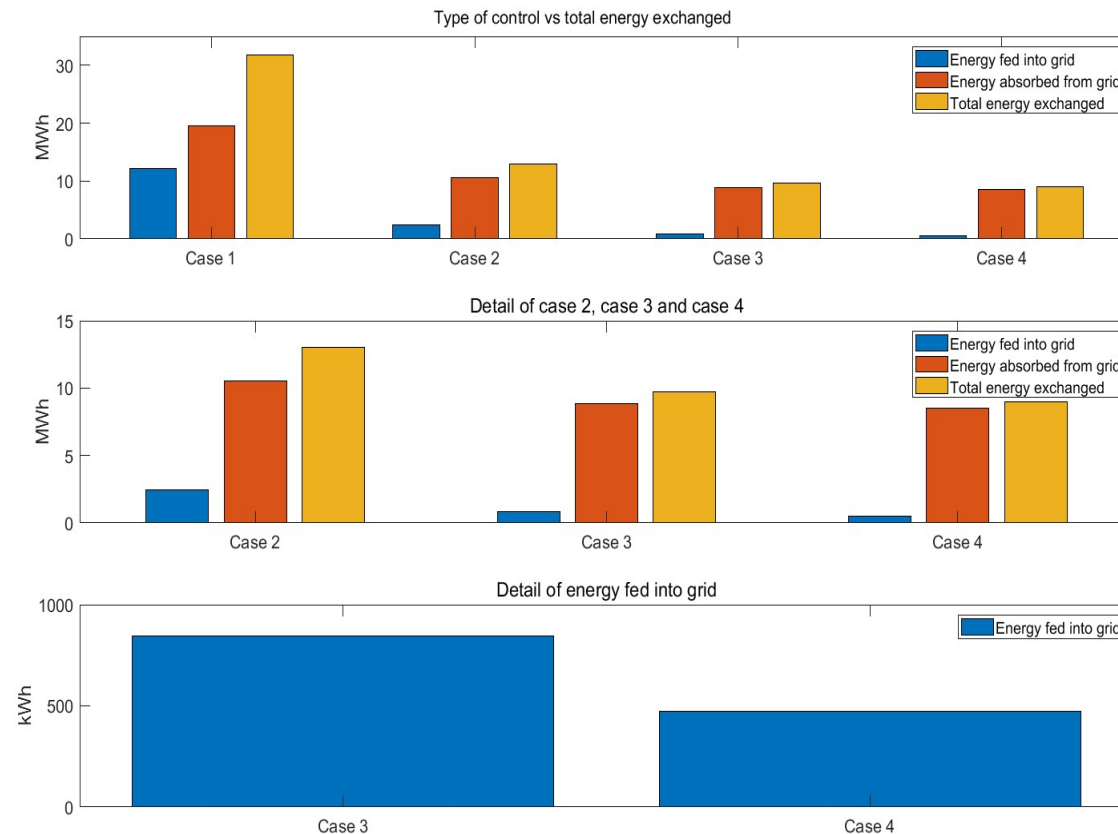
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



**Comunidad
de Madrid**

Integración de Blockchain

Resultados



- Reducción de los intercambios de energía con la red principal
- Reducción de pérdidas energéticas
- Niveles de voltaje y frecuencia dentro de márgenes en todo momento

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



**Comunidad
de Madrid**

Ciberseguridad: estudio sistemático

- Es una de las tareas del hito 1.2 y 1.3
- Estudio de las principales amenazas de ciberseguridad que pueden afectar a las Smart grids y microrredes eléctricas.
 - Análisis de ciberseguridad de una microrred prototipo.
 - Identificación de activos con C4 Model.
 - Evaluación de amenazas con STRIDE.
- Cuantificación de riesgos con MAGERIT.
- Implementación de mecanismos de protección con el fin de mitigar las amenazas detectadas en el paso anterior.

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Ciberseguridad: amenazas e impacto

Parte de las Smart Grids	Amenaza	Impacto	Posibles Mitigaciones
Infraestructura de medición Avanzada (AMI)	Dispositivo no autorizado obtiene acceso a la red doméstica (HAN) y roba información privada del cliente final.	<ul style="list-style-type: none"> • Violación de la privacidad del cliente final. • Pérdida de confianza en la AMI. • Costes legales para la empresa 	<ul style="list-style-type: none"> • Implantar algoritmos criptográficos para la privacidad. • Autenticación mediante múltiples factor. • Minimizar la cantidad de información privada.
Recursos Energéticos Distribuidos (DER)	Los datos meteorológicos comprometidos del sistema de gestión del DER (DERM) modifican los pronósticos de salida de DER.	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto financiero para el usuario. • Costes legales para la empresa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Usar acceso mediante roles (RBAC) en el sistema DERMS de la empresa. • Autenticar los mensajes en el protocolo de comunicación utilizado. • Verificar la integridad de los comandos de control del DERMS.

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

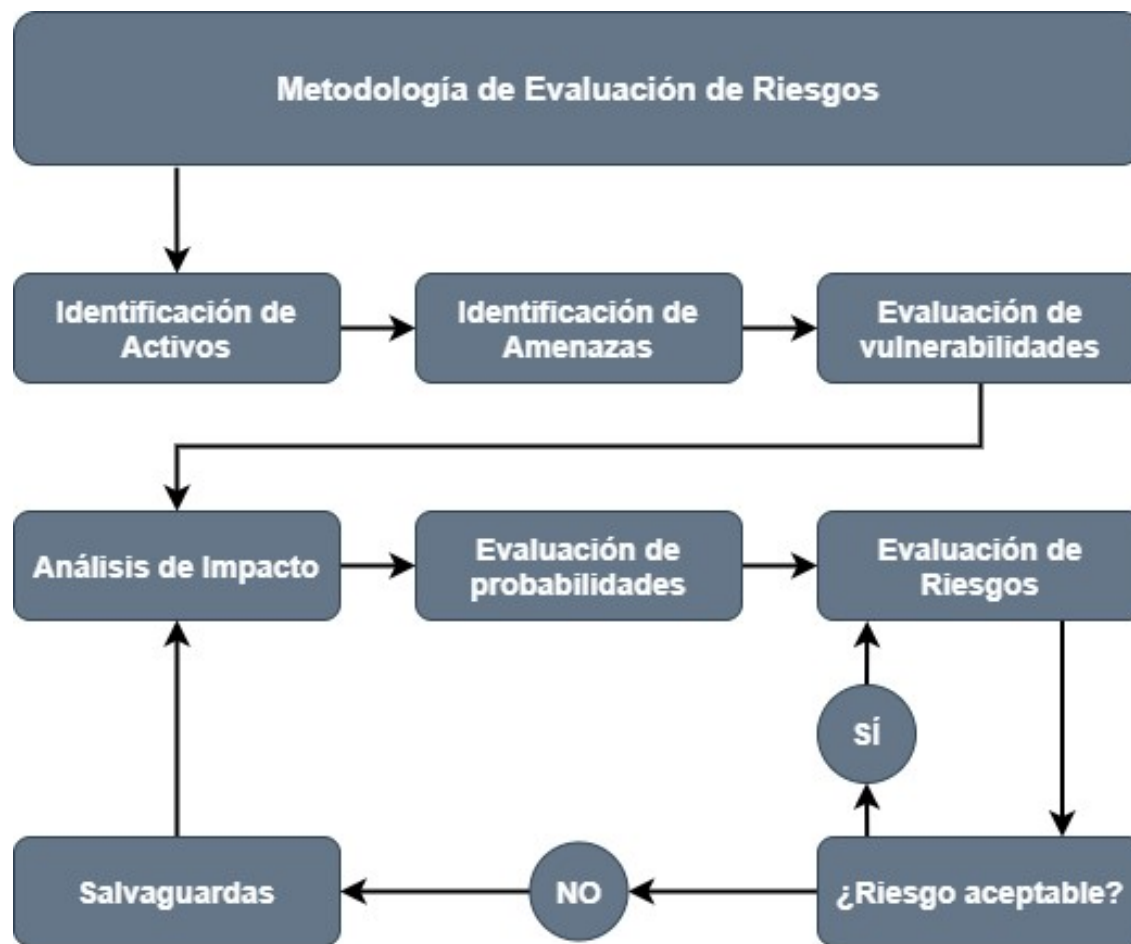
UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Ciberseguridad: evaluación de riesgos



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Ciberseguridad: Modelado con C4 Model +STRIDE

- **C4 Model:**

- Es una técnica de notación gráfica ajustada para modelar la arquitectura de sistemas de software y comunicaciones.

- **STRIDE:**

- Spoofing -> Suplantación de Identidad de un usuario del sistema (Integridad, Confidencialidad y Disponibilidad)
- Tampering -> Modificación malintencionada de los datos del sistema (Integridad y Confidencialidad).
- Repudiation -> Negación de la ejecución de una acción (Integridad).
- Information Disclosure -> Acceso a información del sistema a usuarios que no deberían tenerlo (Confidencialidad).
- Denial of Service -> Denegación del servicio del sistema (Disponibilidad).

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

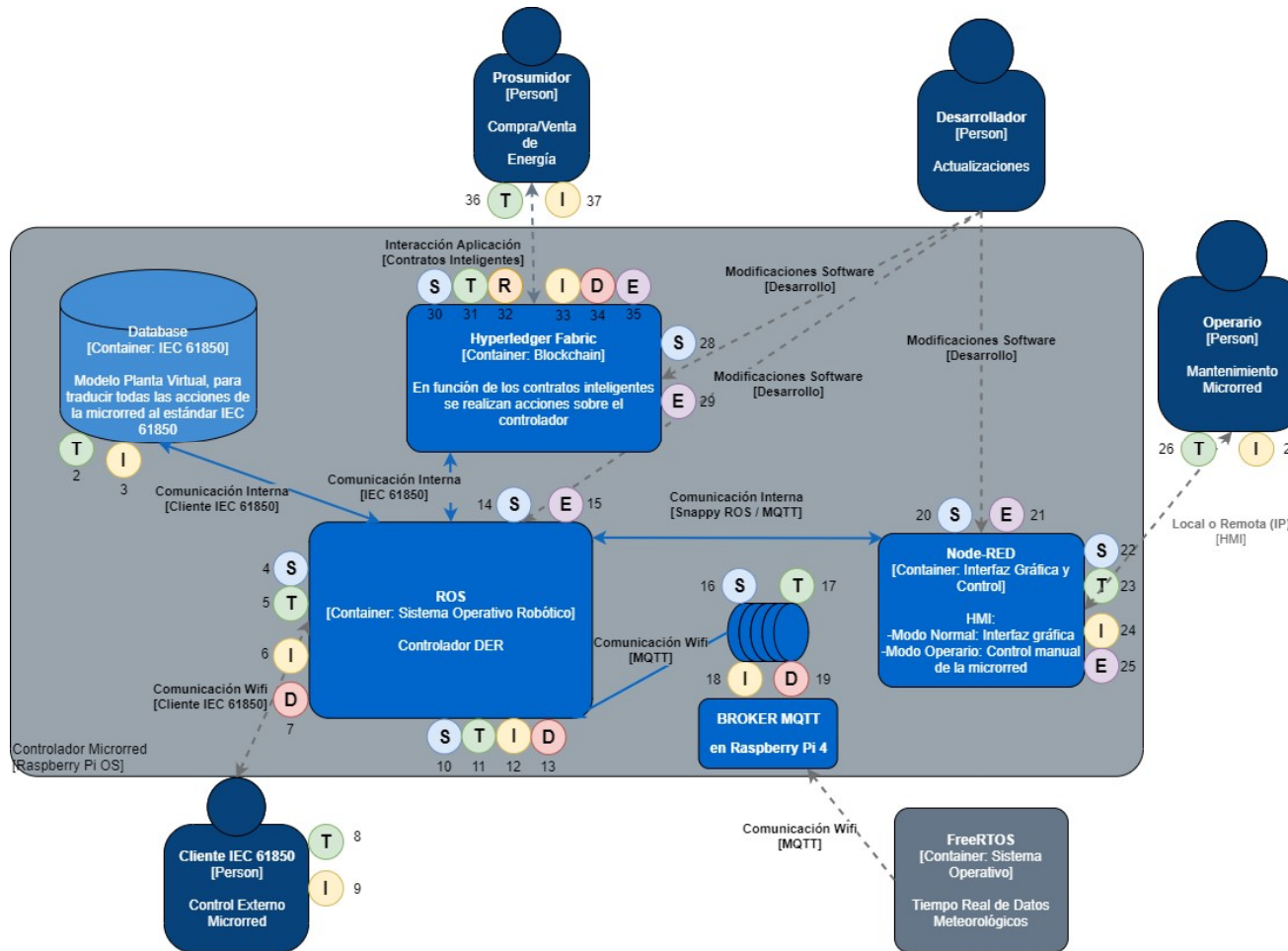
UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Ciberseguridad: Modelado con C4 Model +STRIDE



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Comunidad
de Madrid

Ciberseguridad: MAGERIT para cuantificación de riesgos.

- ❑ Impacto Total = [Impacto (Confidencialidad) + Impacto (Integridad) + Impacto (Disponibilidad)] / 3.
- ❑ Posibilidad: Se establece en función de la experiencia del especialista.
- ❑ Riesgo = Impacto x Posibilidad.

<i>riesgo</i>		<i>Impacto</i>				
		1	2	3	4	5
<i>Posibilidad</i>	5	M (5)	A (10)	A (15)	MA (20)	MA (25)
	4	B (4)	M (8)	A (12)	A (16)	MA (20)
	3	B (3)	M (6)	M (9)	A (12)	A (15)
	2	B (2)	B (4)	M (6)	M (8)	A (10)
	1	B (1)	B (2)	B (3)	B (4)	M (5)

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

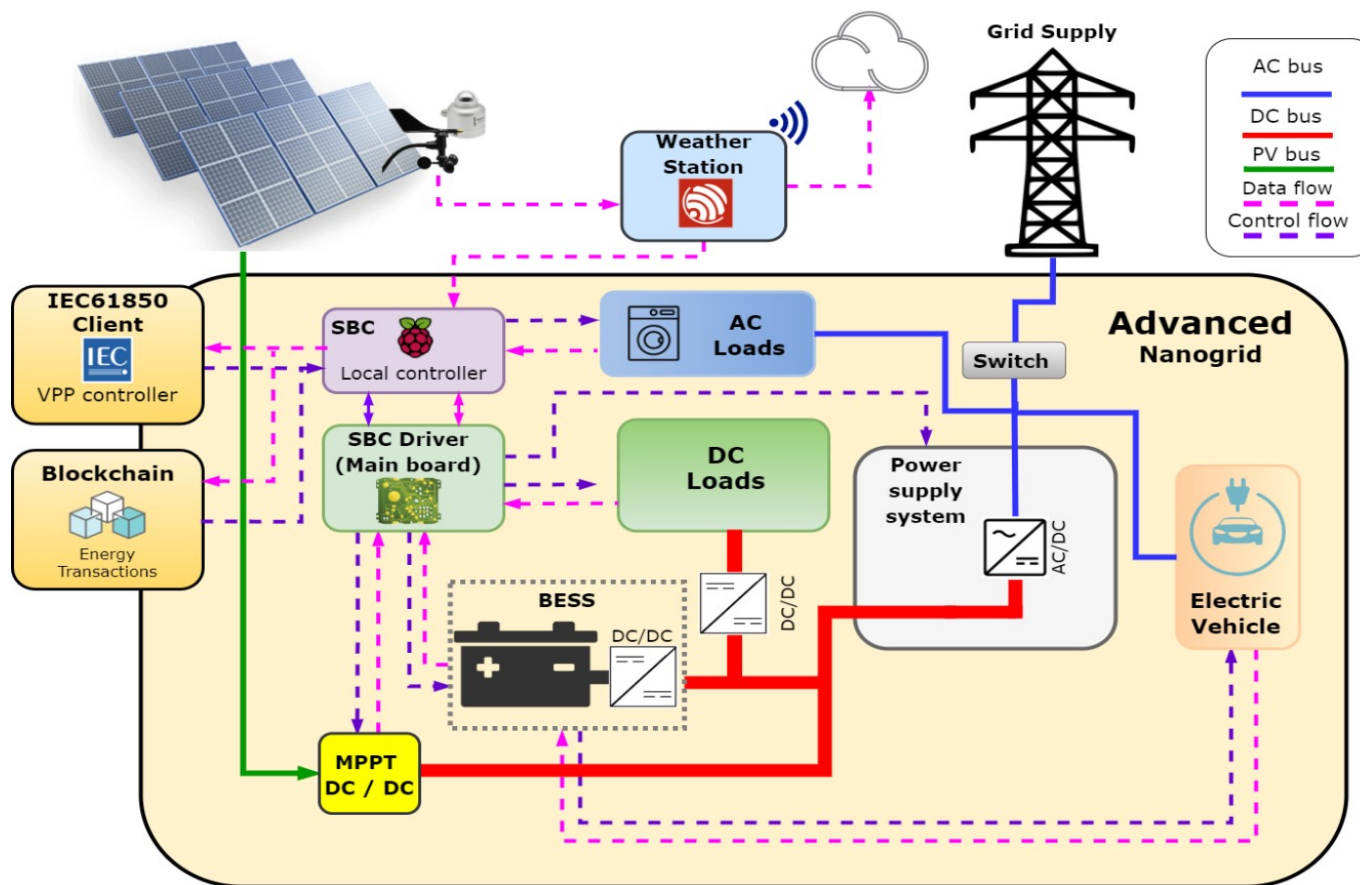
UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Ciberseguridad: entorno de pruebas



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro

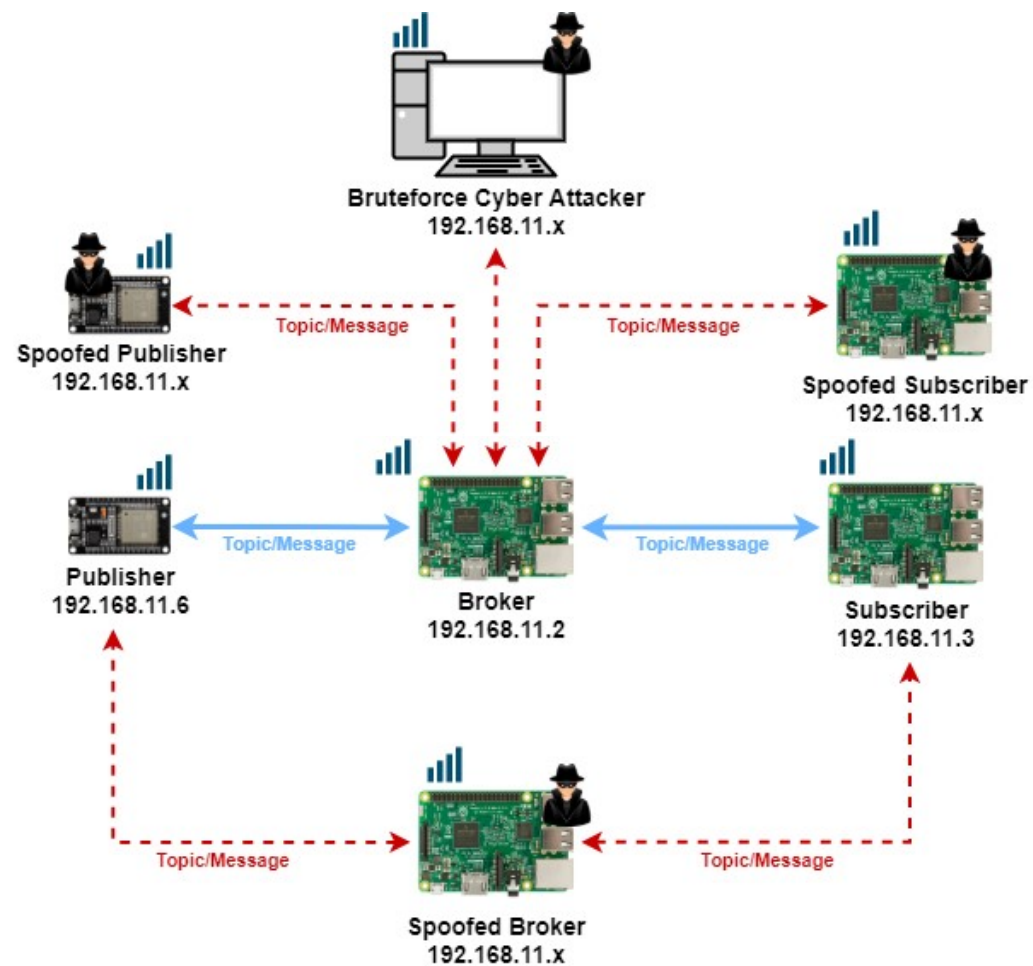


UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Comunidad
de Madrid

Ciberseguridad: entorno de pruebas



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




**Comunidad
de Madrid**

Ciberseguridad: Mitigación

- SURICATA IDS

- Detector de intrusiones de código abierto basado en firmas/reglas.
- Limitado en algunas situaciones -> Detector de intrusiones basado en anomalías.
- Soporte para: MQTT (Marzo 2021), Modbus, DNP3.
- No soporte para: IEC61850.
- Permite especificar reglas para situaciones específicas:



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




**Comunidad
de Madrid**

Publicaciones

- En revisión:
 - *"Identifying assets, assessing cybersecurity threats and designing mitigation strategies in microgrids"*. IEEE T. on Smartgrids
 - *"Blockchain-based two-layer energy markets to reconfigure networked microgrids with dynamic boundaries"*. Applied Energy
- IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)
"Integration of Blockchain with IEC 61850 for Internal Management of Microgrids". DOI: <https://doi.org/10.1109/ISIE45063.2020.9152542>
- IEEE Access special section **"KEY ENABLING TECHNOLOGIES FOR PROSUMER ENERGY MANAGEMENT"**:
"Addressing Challenges in Prosumer-Based Microgrids With Blockchain and an IEC 61850-Based Communication Scheme"
DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3036340>
- Sensors special section **"Intelligent Sensors"**:
Turning Base Transceiver Stations into Scalable and Controllable DC Microgrids Based on a Smart Sensing Strategy
DOI: <https://doi.org/10.3390/s21041202>

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Tesis y TFM's

- TFM's:

- Aplicación del estándar IEC 61850 para comunicaciones en microrredes eléctricas. Sergio Pérez Bachiller. Septiembre 2021. MUII. Premio Extraordinario.
- Ciberseguridad en Smart Grids: Estudio y Aplicación Real sobre una Microrred Inteligente. Pablo Hueros. Julio 2021. MUII.

- Tesis en desarrollo:

- Diseño y optimización de microrredes inteligentes en el ámbito urbano para mejorar la integración y el aprovechamiento de los recursos energéticos distribuidos. Miguel Gayo. Final de 2022.
- Control inteligente y digitalización de instalaciones fotovoltaicas. Miguel Tradacete. Final 2023.

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



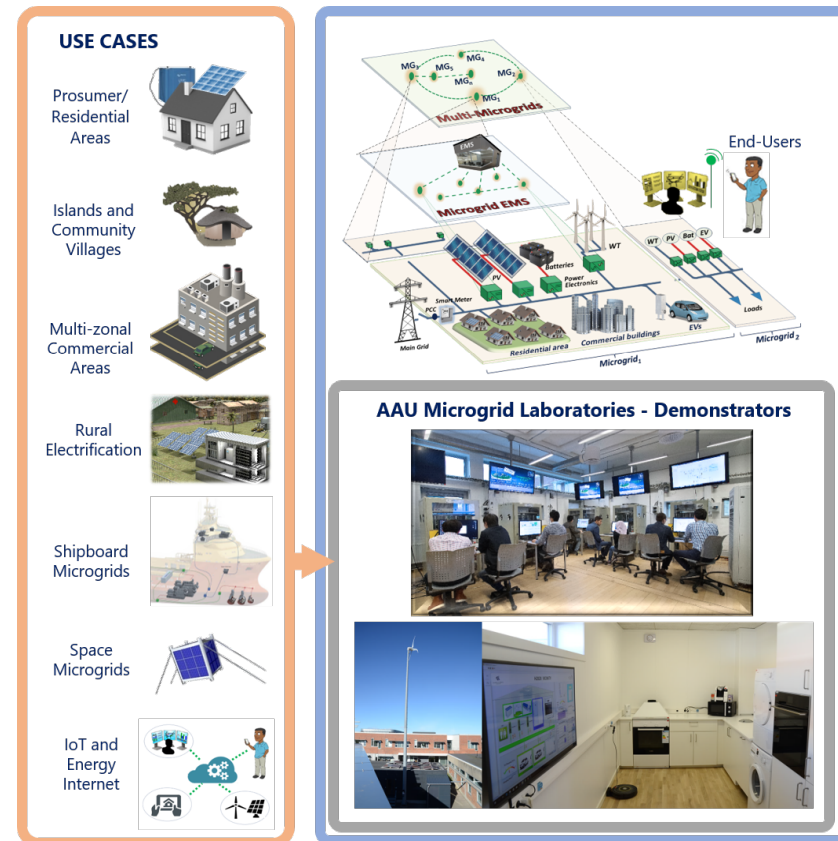
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




**Comunidad
de Madrid**

Estancias previstas.

- Miguel Gayo Abeleira. Universidad de Aalborg. Dic 2021 a Febrero 2022.
 - Hito 1.3 Validación de la Arquitectura de Comunicaciones P2P.
 - Centro de Investigación de microrredes (CROM) dirigido por Josep Guerrero.



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



**Comunidad
de Madrid**

PREGUNTAS

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




**Comunidad
de Madrid**