

COMUNICACIONES PARA SISTEMAS ENERGÉTICOS DISTRIBUIDOS OPERANDO EN MICRORREDES URBANAS

ESTÁNDAR IEC-61850 Y BLOCKCHAIN

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



Objetivo del proyecto



Estándar IEC-61850



Mercado minorista de energía



Blockchain en Micro Redes



Pruebas de funcionamiento



Líneas futuras

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

OBJETIVO DEL PROGRAMA

Estado del arte y propuesta de una 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



Objetivo



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 LA MEJOR TECNOLOGÍA

Estándar IEC-61850

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



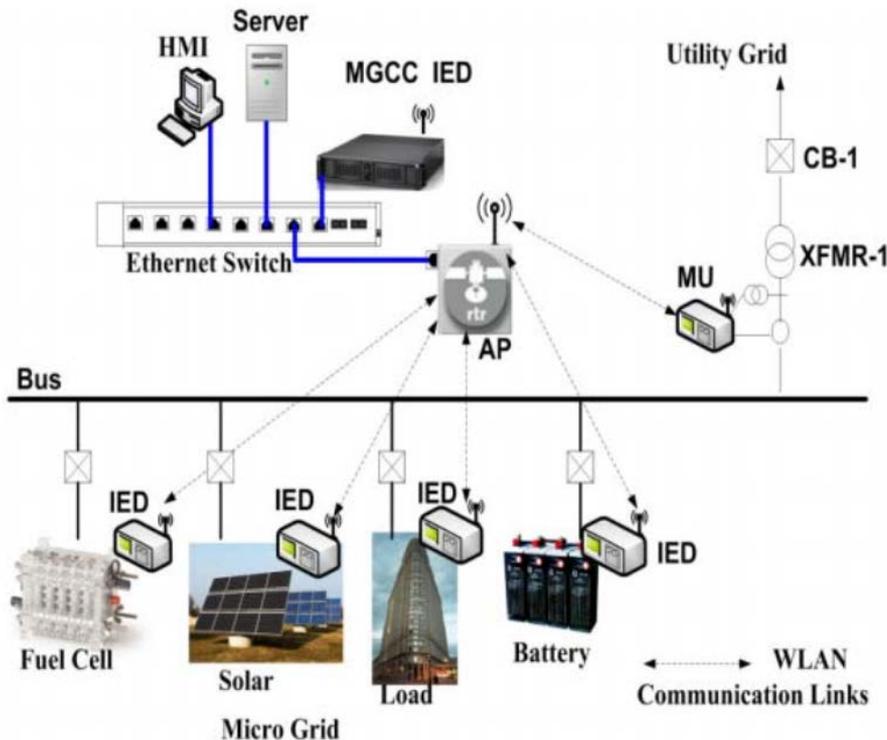
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




**Comunidad
de Madrid**

Estándar IEC 61850

Diseñado para comunicación entre dispositivos de subestaciones eléctricas



IED

- Cada elemento físico se modela como un Dispositivo Electrónico Inteligente.

GOOSE

- Mensajes críticos de bajo nivel en la capa Ethernet.
- Entre dispositivos del mismo nivel.

MMS

- Mensajes transportados mediante protocolo TCP/IP

Sincronización de tiempo

- Mediante el protocolo UDP/IP

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro

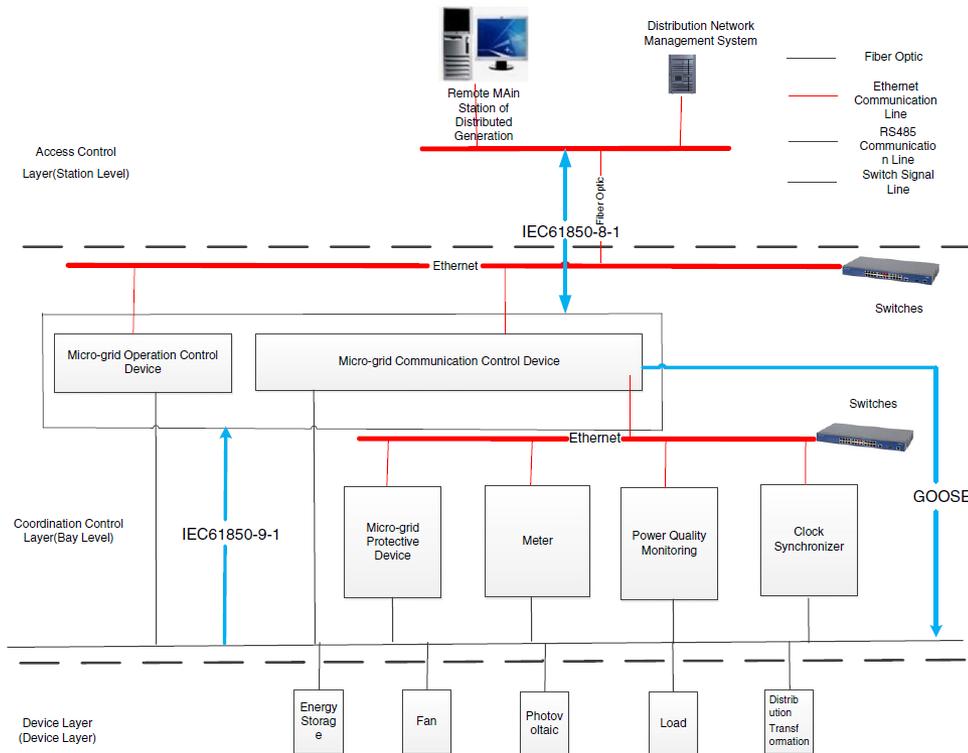


UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Comunidad
de Madrid

IEC 61850 en Microrredes



GOOSE

- Mensajes entre dispositivos del mismo nivel
- Comunicación en tiempo real
- Facilita la automatización de la Microrred

Estandarización

- Facilita la integración de los dispositivos

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

Tiempos de latencia máximos

Aplicaciones de la Microred	Tipo de mensaje IEC 61850	Requerimientos de retardo (ms)
Comandos de control; Cambio de estado	GOOSE (Tipo 1)	10
Funciones de protección	Sampled Values (Tipo 4)	10
Monitoreo de condiciones	Low Speed Messages (Tipo 3)	100-5000
Almacenamiento de datos: Ajustes	File Transfers (Tipo 5)	100-5000

Estándar idóneo para su aplicación al modelado de la infraestructura de comunicaciones e intercambios de información de una Microred eléctrica.

Actualmente su aplicación a las Microrredes se encuentra en investigación.



MERCADO MINORISTA DE ENERGÍA

Razones y ventajas de la creación de un mercado interno en la Microrred

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**

Mercado minorista de energía

Electricidad fluye al punto de consumo más cercano

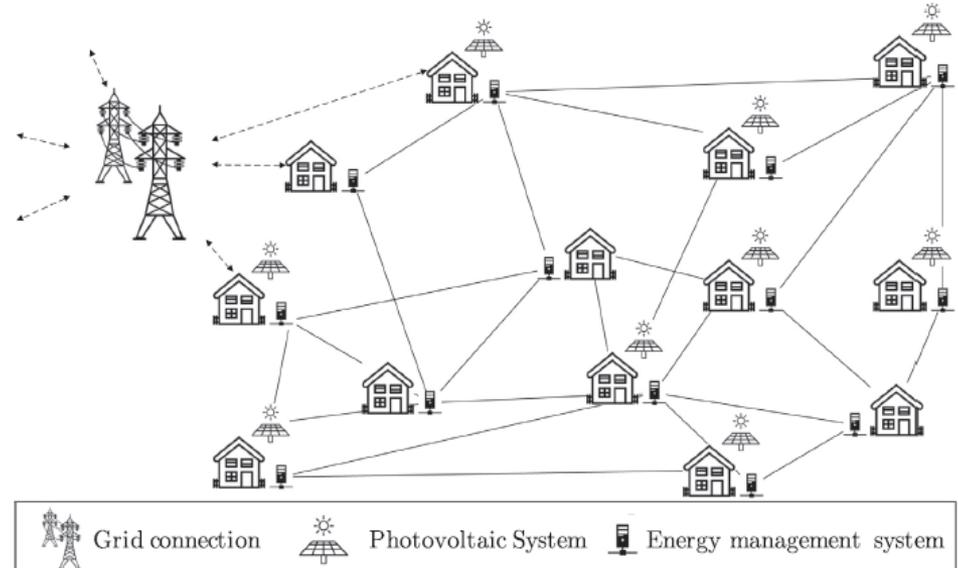
La comercializadora solo cobra energía que entra o sale de la microrred

Consumidor y generador consiguen mejores precios.

Mayor control sobre la energía que se consume.

Retorno de la inversión en la instalación de generación o almacenamiento más rápido.

Posibilidad de autoabastecimiento → Aumento de resiliencia.



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



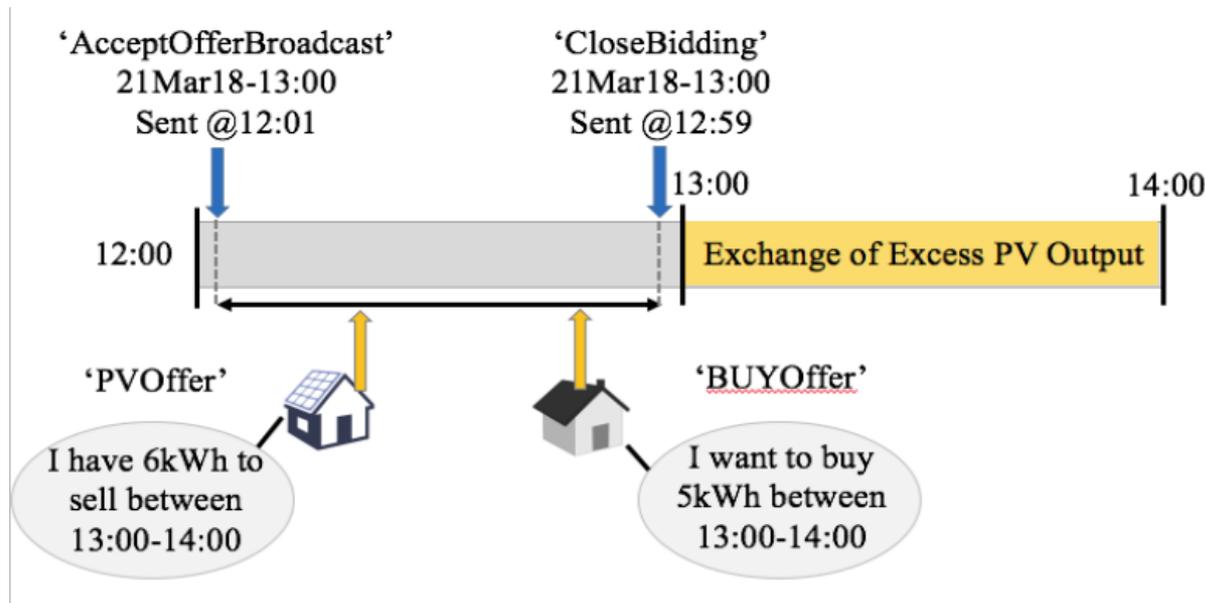
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



**Comunidad
de Madrid**

Plataforma de intercambios de energía

1. Usuarios totalmente identificados.
2. Privacidad.
3. Condiciones preestablecidas.
4. Datos inmutables.
5. Sin intermediarios.
6. Verificable por las partes interesadas.
7. Garantía de origen de la energía.
8. Datos siempre disponibles.
9. Pagos instantáneos.



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro

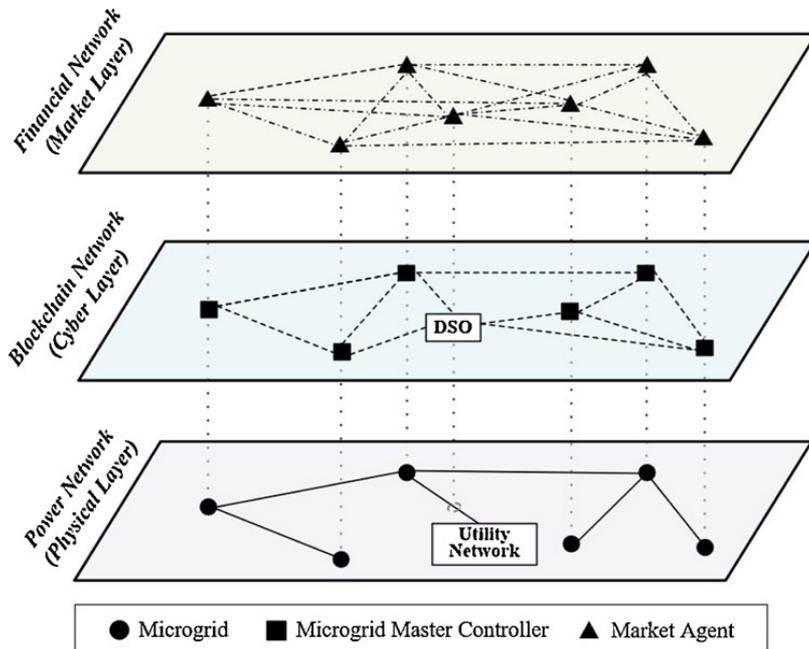


UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




**Comunidad
de Madrid**

Estructura en tres capas



Capa física

- Incluye toda la infraestructura de transmisión de energía.
- Generadores
- Cargas
- Baterías
- Contadores
- Red de distribución

Capa cibernética

- Infraestructura de información y comunicación.
- Almacena y transmite los parámetros eléctricos.
- Toma de decisiones.
- Almacena y transmite los datos financieros.

Capa de mercado

- Mercado minorista

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

Blockchain en Microrredes eléctricas

Plataforma de intercambios de energía basada en Blockchain

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



Blockchain

Características



Descentralizado



Criptográficamente seguro e invariable



Operación basada en un consenso



Base de datos digital y distribuida



Transparente y verificable



Reduce las terceras partes



Contratos inteligentes

Aplicaciones potenciales



MEDICIÓN,
FACTURACIÓN Y
SEGURIDAD



CRIPATOMONEDAS
Y TOKENS



COMERCIO
DESCENTRALIZADO



CERTIFICACIÓN DE
ENERGÍA VERDE



INTERNET DE LAS
COSAS (IOT)



VEHÍCULO
ELÉCTRICO

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**

Cadenas de bloques



Datos personales

- Identificación del usuario
- Dinero y reputación



Subasta de energía

- Ofertas de los usuarios.
- Contrato inteligente que casa las ofertas.



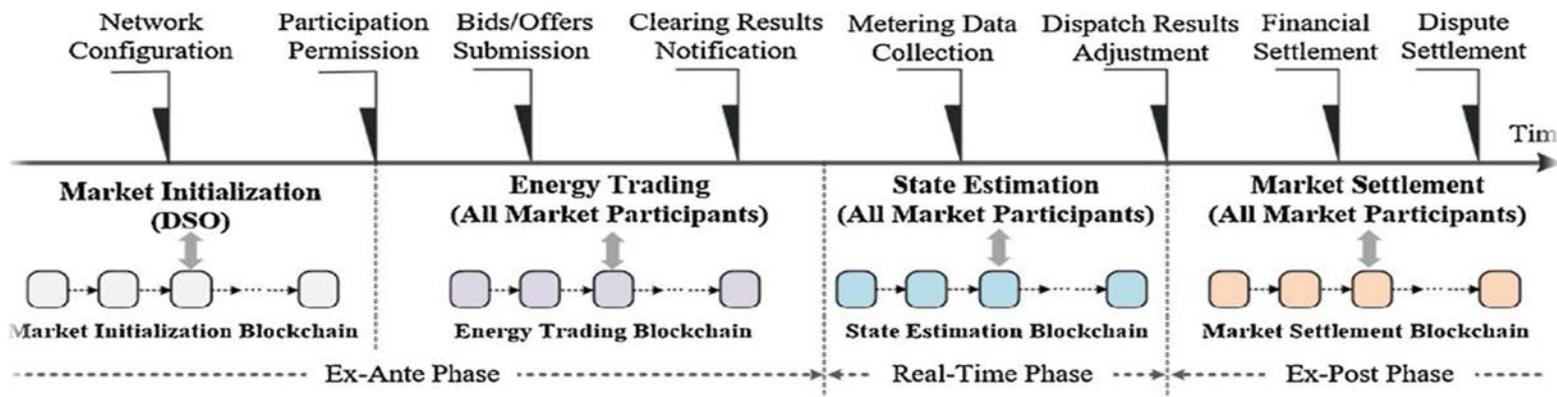
Parámetros eléctricos

Registro de todos los datos de contadores inteligentes



Liquidación de mercado

- Contrato inteligente que efectúa los pagos y penalizaciones
- Contrato inteligente que crea transacciones de ajuste con la comercializadora



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



Diferentes plataformas de desarrollo



Pública o privada

Usuarios autorizados o cualquier usuario



Algoritmos de consenso

Compromiso entre velocidad y seguridad



Contratos inteligentes

Posibilidad de ejecutar código dentro de la cadena



Lenguaje de programación

Desde muy bajo nivel al más alto

Ethereum

Hyperledger

Contratos inteligentes

Fácil de programar

Más proyectos en desarrollo

Contratos inteligentes

Varios algoritmos de consenso

Varios lenguajes

Permisiónada

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



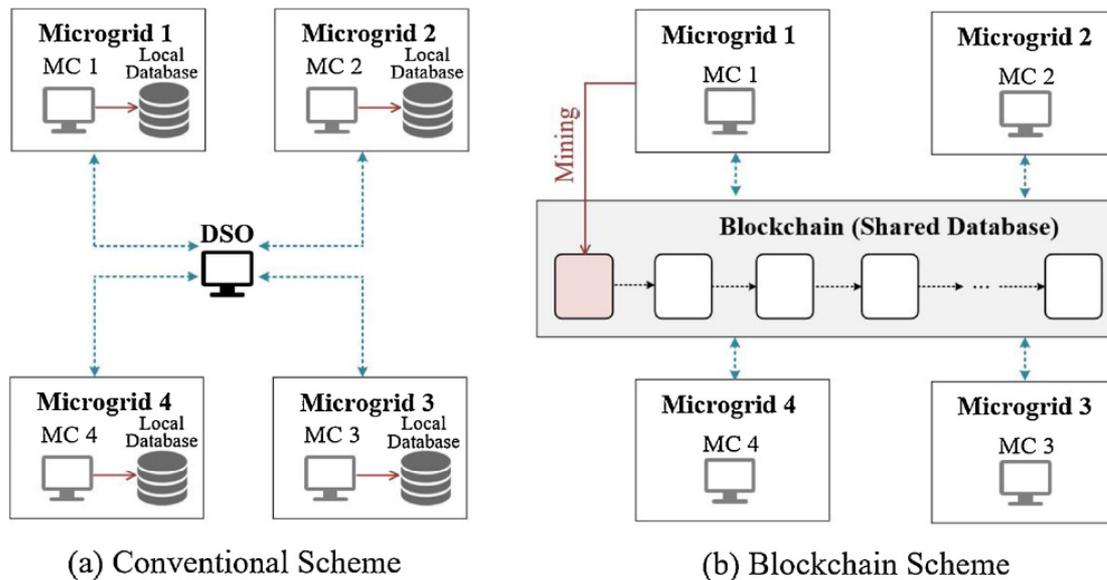
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Comunidad de Madrid

Esquema escalable

- Varias Microrredes pueden crear un mercado entre ellas.
- La Blockchain sería más segura al contar con más nodos validadores.
- Los datos continúan manteniendo su privacidad.
- Aumenta un nivel más la resiliencia frente a fallos y ataques.



Programas de interacción

Cliente del gestor del sistema

- Temporiza las rondas de mercado.
- Da las órdenes a las cadenas de bloques para:
 - Seleccionar usuarios aptos.
 - Casar las ofertas.
 - Realizar los pagos.
- Descarga los precios de la web ESIOS

Cliente de los usuarios prosumidores

- Introduce las ofertas en la cadena de bloques.
- Introduce los datos del contador inteligente.

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**

PRUEBAS

Prueba de funcionamiento de la plataforma de intercambios

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



Primeras pruebas



Inserción ofertas

Número aleatorio.
Cada 5 minutos.



Fijación precio

Algoritmo simple en función de la
demanda y precios mayoristas.



Generación y consumo reales

Número aleatorio.



Pagos y penalizaciones

Pagos instantáneos con criptomonedas.
Sin penalizaciones.



Dos equipos

Gestor del sistema.
Copia de bbdd y 50 prosumidores.

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

- Rapidez:
 - Se pueden realizar rondas de mercado cada minuto.
- Ancho de banda:
 - Equipo del gestor del sistema → gran ancho de banda (100 MBps).
 - Equipo con copia de la base de datos → gran ancho de banda (75 MBps).
 - Equipo prosumidor → (2 MBps)
- Procesador:
 - Retrasos de 15 segundos equipo del gestor del sistema (Intel i5 5ª generación)
 - Prosumidores sin retraso (Intel i7 8ª generación)
 - Un único prosumidor consumiría 50 veces menos recursos de computación.
- Almacenamiento:
 - 40 GB/año.

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**

Conclusiones



Funcionamiento correcto

- Aplicable en Microrredes reales.
- Escalable a gran nivel

Inversión

- Sin inversión en comunicación.
- Prosumidores → Raspberry Pi o similar
- Gestor → Varios equipos altas prestaciones

Legislación

- Necesaria regulación.
- Gestor del sistema.

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**

LÍNEAS FUTURAS

Trabajo por delante para conseguir los objetivos del proyecto

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



Líneas futuras



- Aplicación del estándar IEC-61850 en Microrredes.
- Análisis de latencia y ancho de banda en condiciones reales.
- Diseño y mejora de un sistema de gestión de energía.
- Integrar el EMS con la plataforma Blockchain diseñada.
- Estudiar integración de la tecnología Blockchain en contadores inteligentes.

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**

¡MUCHAS GRACIAS!

¿Alguna pregunta?

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**