

PROMINT-CM PROGRAMA MICRORREDES INTELIGENTES COMUNIDAD DE MADRID S2018/EMT-4366

29 de septiembre 2022

Web: geiser.depeca.uah.es/promint



Índice

- Descripción general del programa PROMINT
- Avances del proyecto:
 - Objetivo 1
 - Objetivo 2
 - Objetivo 3
 - Objetivo 4
 - Objetivo 5
 - Objetivo 6
- Laboratorios

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**

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROGRAMA PROMINT

Web: geiser.depeca.uah.es/promint

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**

Participantes

GRUPOS BENEFICIARIOS



Grupo GEISER – Ingeniería
Electrónica Aplicada a Sistemas
de Energías Renovables
Coordinador e IP: Dr. D. Francisco
Javier Rodríguez

gheode

Grupo GHEODE – Heurísticos
Modernos de Optimización y
Diseño de Redes de
Comunicaciones
IP: Dra. Dña. Silvia Jiménez
Fernández

uc3m

Grupo GCP – Control de Sistemas
de Potencia
IP: Dr. D. Santiago Arnaltes Gómez



Grupo GEA-ITT – Electrónica y
Automática
IP: Dr. D. Aurelio García Cerrada

instituto
imdea
energía

Grupo IMDEA-USE – Unidad de
Sistemas Eléctricos
IP: Dr. D. Milan Prodanovic

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



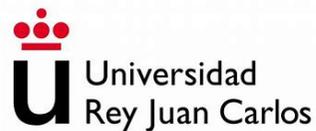
**Comunidad
de Madrid**

Participantes

LABORATORIOS



SEIL-IMDEA – Smart Energy
Integration Lab. IMDEA Energía
Responsable: Dra. Marta Arroyo



LABTEL – Laboratorio de Diseño
de Circuitos Digitales y Tecnología
Electrónica
Responsable. Dr. Joaquín Vaquero
López

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



Participantes

EMPRESAS ASOCIADAS



ADIF



Indra



B5TEC



Naturgy



Iberdrola



Orbis



IDResolutos



Renfe

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

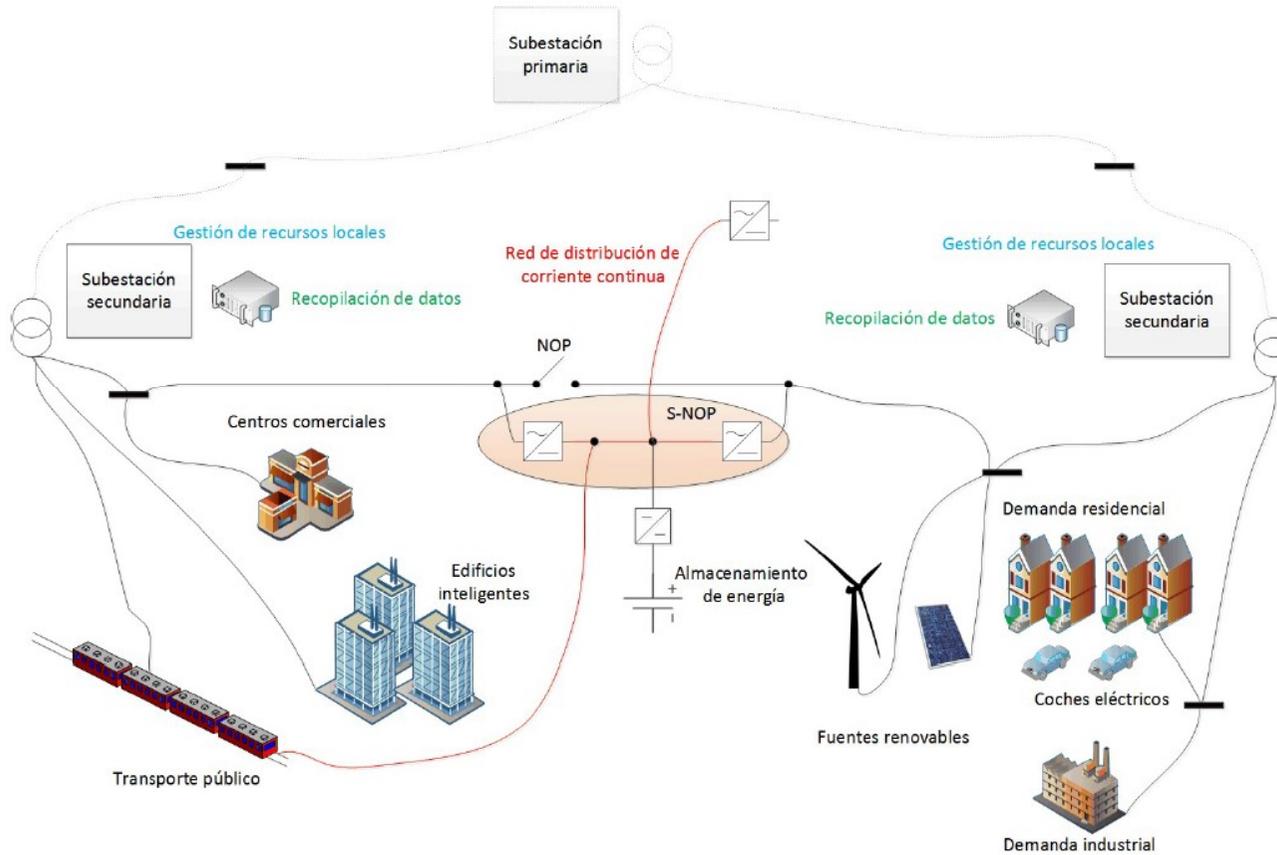
UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Introducción



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



Objetivos científico-técnicos

- **Objetivo 1:** Diseño, simulación y evaluación de la capa de comunicaciones para sistemas energéticos distribuidos operando en microrredes
- **Objetivo 2:** Modelado, control y gestión de energía en redes inteligentes híbridas CC/CA
- **Objetivo 3:** Recuperación energética en redes de transporte ferroviario y su integración en microrredes urbanas
- **Objetivo 4:** Diseño e implementación de un sistema de gestión de energía para sistemas híbridos de generación renovable y almacenamiento en baterías
- **Objetivo 5:** Aprendizaje máquina aplicado a microrredes, vehículo eléctrico y gestión energética
- **Objetivo 6:** Difusión y explotación de resultados

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 1

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

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 1: Diseño, simulación y evaluación de la capa de comunicaciones para sistemas energéticos distribuidos operando en microrredes 10/76

- Identificación de los requerimientos de latencia y ancho de banda para cada mensaje de la Microrred

Aplicaciones de la MG

Microgrid Messages	Bandwidth	Latency
Demand Response	14–100 Kbps	500 ms–several minutes
Distributed Energy Resources and Storage	9.6–56 Kbps	20 ms – 15 s
Distributed Management	9.6–100 Kbps	100 ms – 2 s

Microgrid Messages	Delay Requirements
Protection information	4 ms
Monitoring information	1 s
Control information	16 ms – 100 ms
Operations and maintenance information	1 s
Messages requiring immediate actions at receiving IEDs	1A: 3 ms or 10 ms; 1B: 20 ms or 100 ms
Continuous data streams from IEDs	3 ms or 10 ms
Synchronization messages	(Accuracy)

Requerimientos de latencia de las funciones de la MG

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

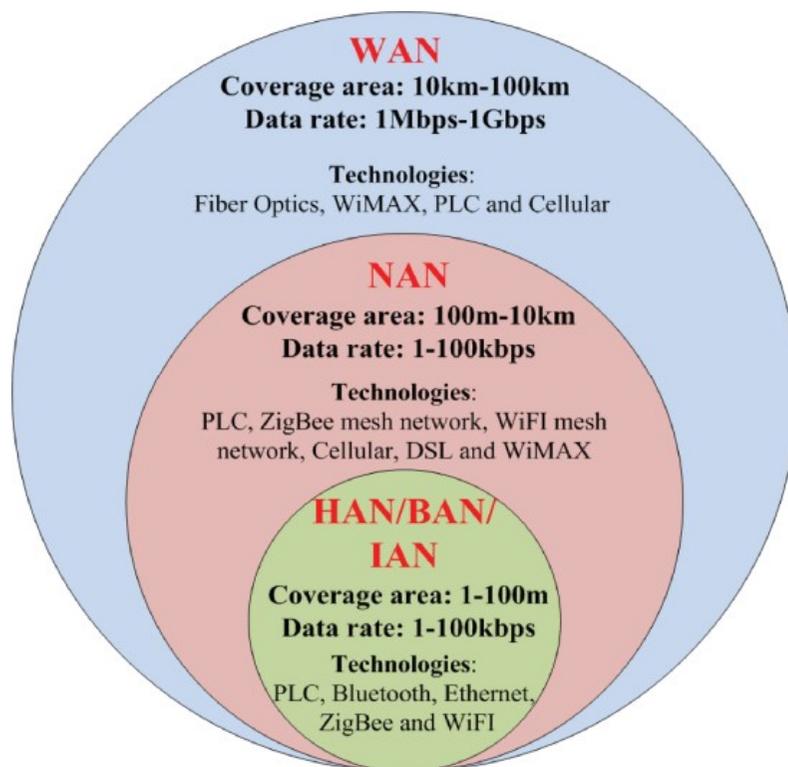
UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Objetivo 1: Evaluación de las diferentes alternativas



● Cableadas

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

● Inalámbricas

- WiFi
 - Bajo coste y gran ancho de banda.
 - Alcance bajo.
- LoRa
 - Bajo consumo
 - No es inmune a interferencias.
- Móvil (LTE, 4G, 5G, ...)
 - Gran ancho de banda y alcance.
 - Pago mensual
- WiMAX
 - Alto coste

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



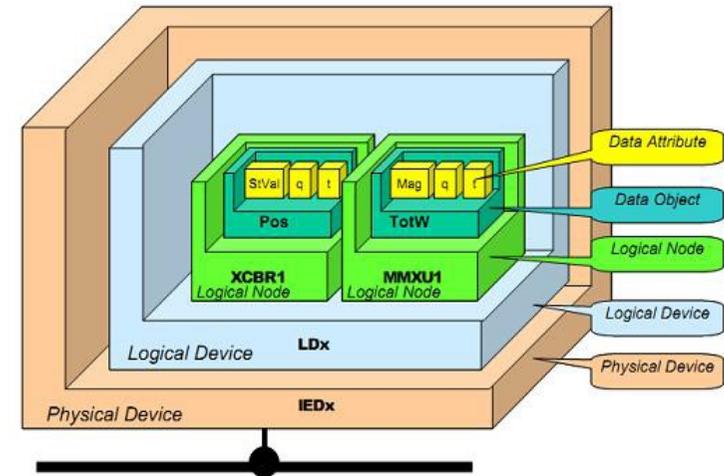
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




Comunidad
de Madrid

Objetivo 1: Protocolo de comunicaciones

- IEC 61850
 - Diseñada en un principio para subestaciones.
 - Extensión 7-420 para DERs.
 - Es el estándar más prometedor en Microrredes, todas las investigaciones en este campo lo emplean.
 - Se construye sobre TCP/IP.
 - Mensajes GOOSE/SV para acciones críticas.
 - Permite mensajes entre iguales.
 - Numerosas investigaciones lo emplean para realizar control distribuido en Microrredes (compatible con P2P)



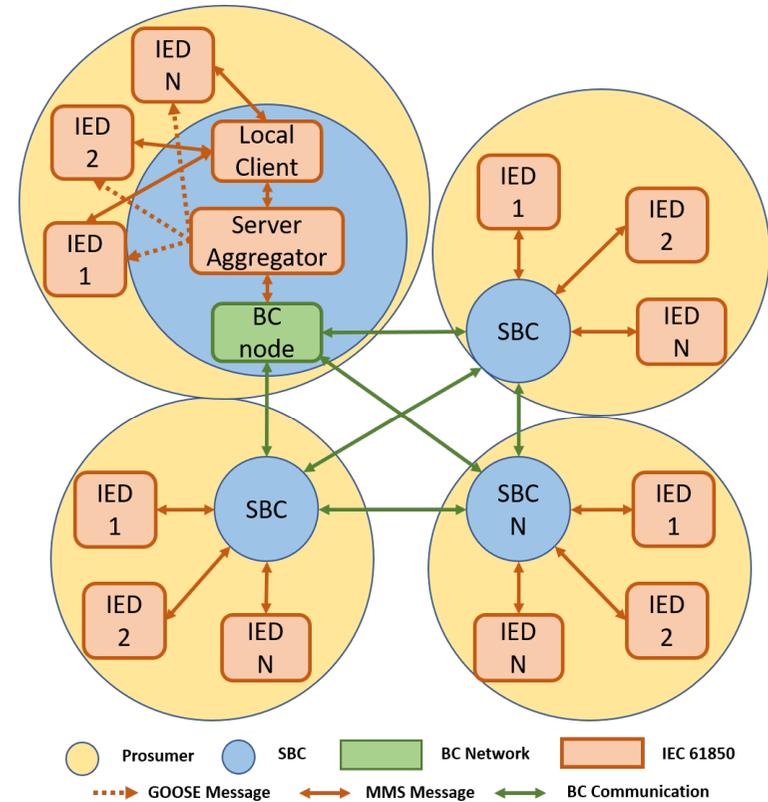
IEC 61850 STACK PROTOCOL			
L4: Application Layer	MMS	SNMP	GOOSE/SV
L3: Transport Layer	TCP	UDP	
L2: Network Layer	IP		
L1: Link Layer	Ethernet		



Objetivo 1: Aplicación Protocolo P2P

- **Tecnología Blockchain**

- Se ha probado la comunicación distribuida mediante la implementación de la tecnología Blockchain.
- Al distribuir las comunicaciones y el control aumenta drásticamente la escalabilidad.
- Compatible con el estándar IEC 61850.
- Se ha conseguido implementar en un dispositivo de bajo coste, concretamente la Raspberry Pi 4, para convertirlo en una inversión viable para un pequeño consumidor.



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro

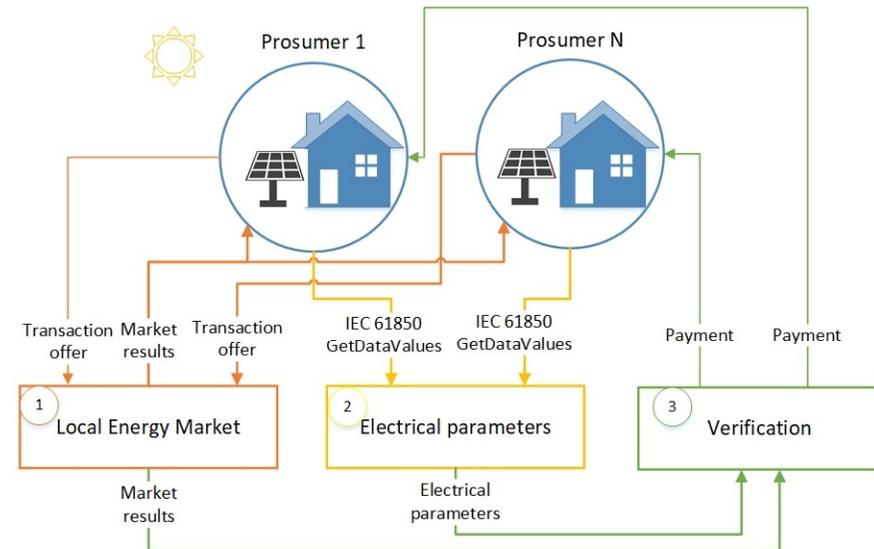


UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Objetivo 1: Integración de Blockchain

- 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



M. Gayo et al. , Addressing Challenges in Prosumer-Based Microgrids With Blockchain and an IEC 61850-Based Communication Scheme, IEEE Access, vol. 8, p. 201806–201822, 2020.

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



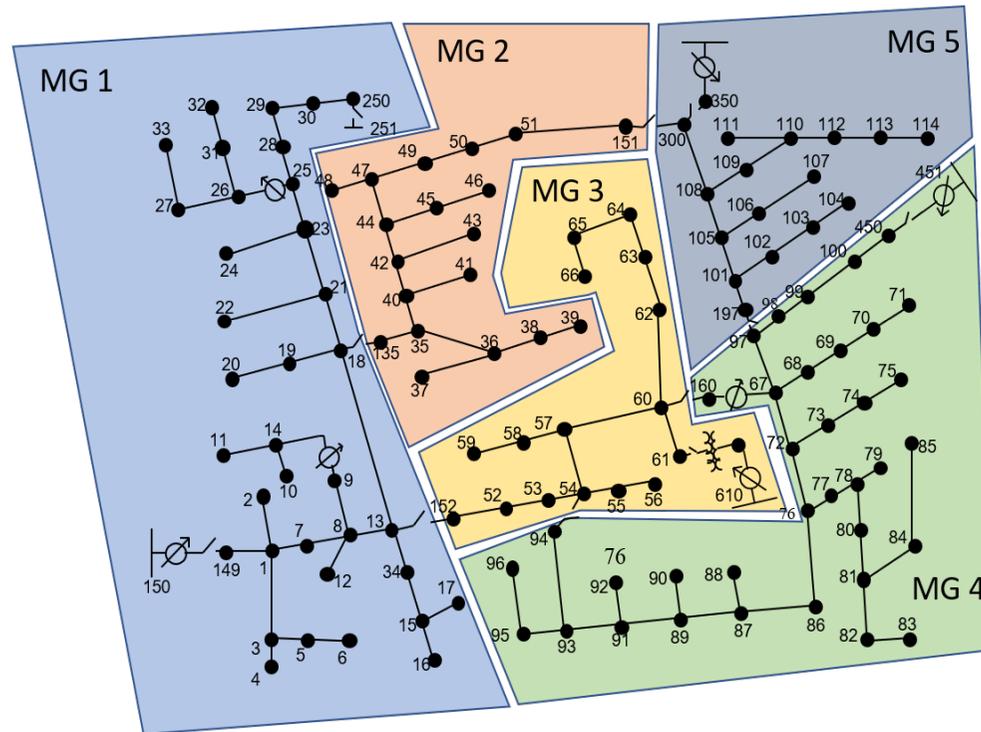
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



**Comunidad
de Madrid**

Objetivo 1: Integración de Blockchain

Control sobre la arquitectura de la red de distribución.



- Permite controlar qué zonas se interconectan entre sí
- Sobre el circuito estandarizado de pruebas IEEE-123
- Cada color representa una zona de la ciudad con un consumo de energía específico

M. Gayo et al. , Aperiodic two-layer energy management system for community microgrids based on blockchain strategy, Applied Energy, vol. 324, 2022

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



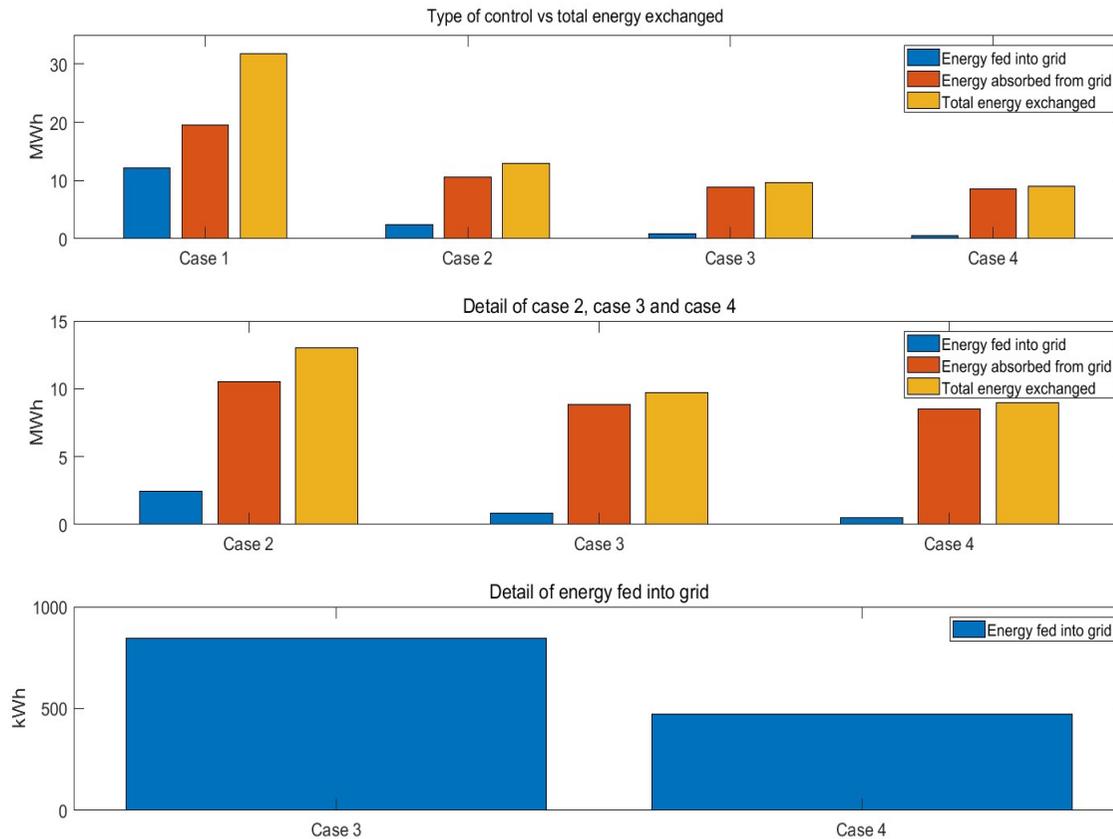
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



**Comunidad
de Madrid**

Objetivo 1: 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

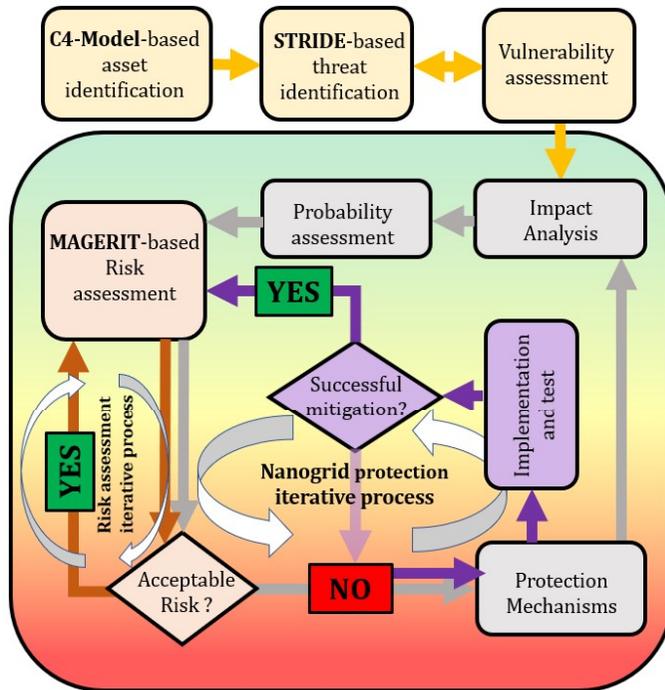
UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Objetivo 1: Ciberseguridad



- Integración de varios modelos para cuantificar el nivel de seguridad de una microrred.
- Caso de uso real en una instalación piloto del grupo GEISER.

Hueros et al. , Addressing the cybersecurity vulnerabilities of advanced nanogrids: a practical framework, Internet of Things (Elsevier) Accepted septiembre 2022

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 2

Modelado, control y gestión de energía en redes inteligentes híbridas CC/CA

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 2: Modelado y control de microrredes inteligentes híbridas

- Modelado de microrredes: (a) Herramienta para la simulación y análisis de microrredes, (b) análisis modal, (c) búsqueda de dinámicas relevantes, (d) reducción de modelos y (e) modelado y análisis de redes desequilibradas
- Control basado en agentes en microrredes inteligentes: consenso en la frecuencia y en el reparto de potencias.

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 2: Análisis Modal Aplicado a Microrredes

Elementos en el modelado de microrredes:

- Generación “electrónica”
- Generación/control distribuida/o
- Estabilidad, coordinación, interferencias
- Reducción de modelos
- Desequilibrios

ANÁLISIS MODAL (fundamentos)

Park, $\mathbf{X}_{dq} = \mathbf{P}(\theta)\mathbf{X}_{abc}$

$$\frac{d\mathbf{X}_{dq}}{dt} = f(\mathbf{X}_{dq}, \mathbf{U}_{dq})$$

$$\left. \frac{d\mathbf{X}_{dq}}{dt} \right|_{\mathbf{X}_{dq,0}, \mathbf{U}_{dq,0}} = 0$$

$$\frac{d\mathbf{X}_{dq}}{dt} = \mathbf{A}\mathbf{X}_{dq} + \mathbf{B}\mathbf{U}_{dq}$$

$$\mathbf{Y}_{dq} = g(\mathbf{X}_{dq}, \mathbf{U}_{dq})$$

$$\mathbf{Y}_{dq,0} = g(\mathbf{X}_{dq,0}, \mathbf{U}_{dq,0})$$

$$\mathbf{Y}_{dq} = \mathbf{C}\mathbf{X}_{dq} + \mathbf{D}\mathbf{U}_{dq}$$

Sistema eléctrico (dq)
No lineal

Punto Equilibrio

Sistema eléctrico (dq)
Lineal

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 2: Análisis Modal Aplicado a Microrredes

	Matriz de participaciones	Sensibilidad de un modo frente a cambios en q
Modos del sistema	p_{ij} : Participación modo (j) en variable (i)	
$\mathbf{A}^c \Rightarrow \text{eig}(\mathbf{A}^c) \rightarrow \lambda_i$	$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nn} \end{bmatrix}$	$\frac{\partial \lambda_i}{\partial q} = \mathbf{w}_i^T \frac{\partial \mathbf{A}^c}{\partial q} \mathbf{v}_i$
		$\lambda_i \begin{cases} \mathbf{v}_i : \text{Vector propio por la derecha} \\ \mathbf{w}_i : \text{Vector propio por la izquierda} \end{cases}$

- Los modos del sistema permiten discutir la estabilidad de pequeña perturbación y entender las dinámicas presentes.
- Las participaciones nos ayudan a descubrir interacciones y acoplamientos.
- Las sensibilidades nos ayudan a diseñar reguladores (a menudo suplementarios) para corregir modos peligrosos.

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro

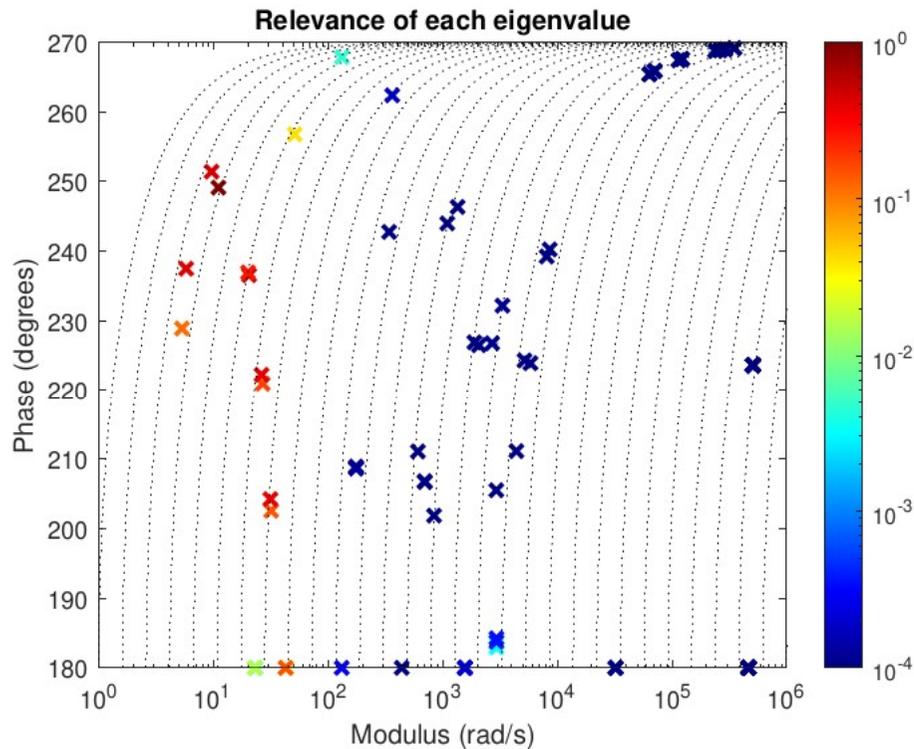


UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



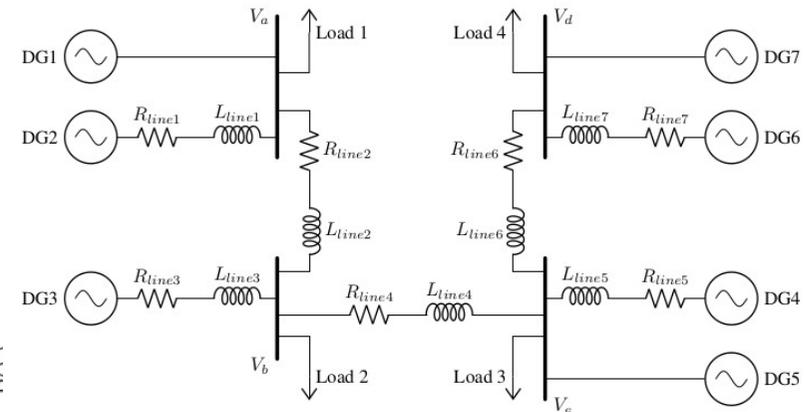

**Comunidad
de Madrid**

Objetivo 2: Análisis Modal Aplicado a Microrredes: explorando los modos del sistema

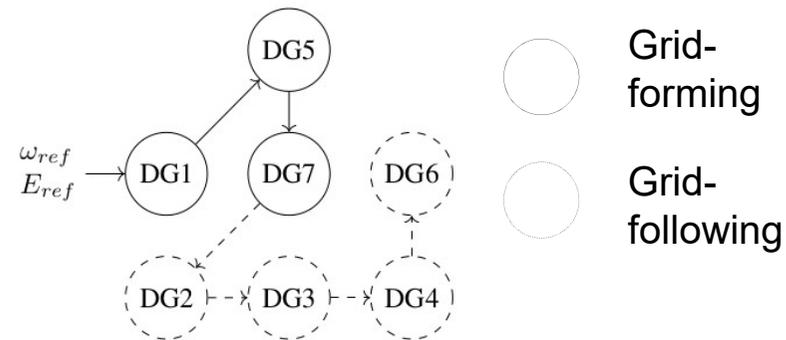


Lentos Modos Rápidos

..... Misma cte de tiempo



Sistema



Grafo para la red considerada en ejemplo

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

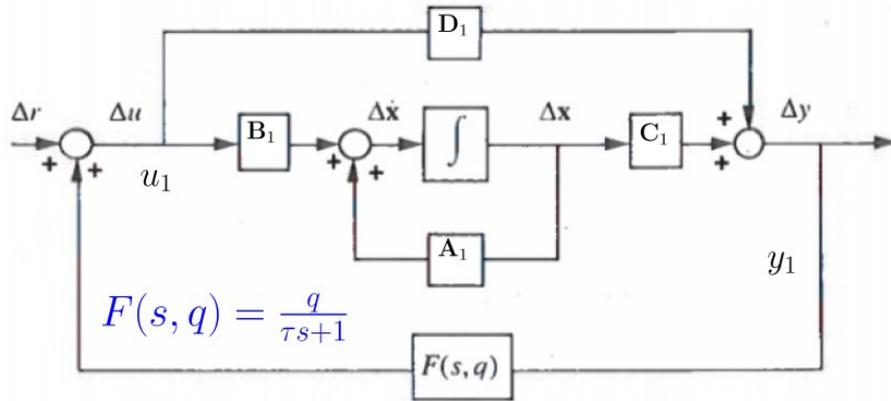
UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Iniciativa de Empleo Juvenil
Iniciativa de Empleo Juvenil
Iniciativa de Empleo Juvenil



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Objetivo 2: Análisis Modal Aplicado a Microrredes: Ejemplo del uso de las sensibilidades de los modos



$$\left. \begin{aligned} \frac{d\mathbf{X}^c}{dt} &= \mathbf{A}^c \mathbf{X}^c + \mathbf{B}^c \Delta \mathbf{r} \\ \mathbf{y}_1 &= \mathbf{C}^c \mathbf{X}^c + \mathbf{D}^c \Delta \mathbf{r} \end{aligned} \right\} \rightarrow \frac{\partial \lambda_i}{\partial q} = \mathbf{w}_i^T \frac{\partial \mathbf{A}^c}{\partial q} \mathbf{v}_i$$

$$\begin{aligned} \frac{d\mathbf{X}_1}{dt} &= \mathbf{A}_1 \mathbf{X}_1 + \mathbf{B}_1 u_1 \\ \mathbf{y}_1 &= \mathbf{C}_1 \mathbf{X}_1 + \mathbf{D}_1 u_1 \end{aligned} \quad \text{Sistema}$$

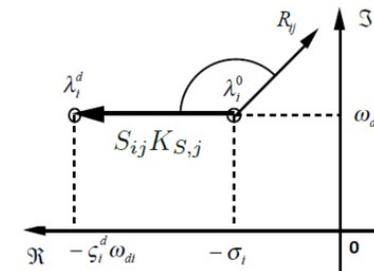
$$\begin{aligned} \frac{d\mathbf{X}_2}{dt} &= \mathbf{A}_2 \mathbf{X}_2 + \mathbf{B}_2 y_1 \\ \mathbf{y}_2 &= \mathbf{C}_2 \mathbf{X}_2 + \mathbf{D}_2 y_1 \end{aligned}$$

con $u_1 = \Delta r + y_2$

Regulador

Sensibilidad de un modo

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \lambda_i}{\partial q} &= \mathbf{w}_{i,1}^T \mathbf{B}_1 \left. \frac{\partial F(s)}{\partial q} \right|_{s=\lambda_i} \mathbf{C}_1 \mathbf{v}_{i,1} = \\ &= \mathbf{w}_i^T \mathbf{B}^c \left. \frac{\partial F(s)}{\partial q} \right|_{s=\lambda_i} \mathbf{C}^c \mathbf{v}_i \\ &(\mathbf{D}_1 = 0) \end{aligned} \right\}$$



Objetivo 2: Análisis Modal Aplicado a Microrredes: Reducción de modelos

Reducción de modelos:

$$\frac{d\mathbf{X}}{dt} = \mathbf{A}\mathbf{X} \text{ con } \mathbf{X} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_r \\ \mathbf{x}_{lr} \end{bmatrix} \text{ y } \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_r \\ \mathbf{x}_{lr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{11}^{r \times r} & \mathbf{A}_{12}^{r \times m} \\ \mathbf{A}_{21}^{m \times r} & \mathbf{A}_{22}^{m \times m} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{x}_r \\ \mathbf{x}_{lr} \end{bmatrix}$$

Algunas alternativas ad-hoc

(1*) $\frac{d\mathbf{x}_{lr}}{dt} = 0$ Las dinámicas rápidas, ecuaciones algebraicas

(2*) $\frac{d^2\mathbf{x}_{lr}}{dt^2} = 0$

El modelo reducido tiene los “modos relevantes” del sistema original λ_r

(3) $\frac{d\mathbf{x}_r}{dt} = (\mathbf{A}_{11} + \mathbf{M})\mathbf{x}_r, \lambda_r \in \{\text{eig}(\mathbf{A}_{11} + \mathbf{M})\}$

(*) Y. Ojo, J. Watson and I. Lestas. "A review of reduced-order models for microgrids: simplifications vs accuracy" arXiv:2003.04923v1 [math.OC] 10 Mar 2020. pp 1-13.

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 2: Análisis Modal Aplicado a Microrredes: Nuestra propuesta para guiar la reducción de modelos

- Se estudian los estados con más energía en la salida: “Hankel Singular Values” destacan esos estados en un sistema equilibrado (“balanced”).
- Se relacionan esos estados con los modos del sistema que tienen más participación en ellos.
- Se estudia en que estados del sistema original, tienen más participación esos modos.
- Se puede calcular un número para cuantificar la “relevancia de cada uno de los estados del sistema original”
- Así es más fácil determinar el conjunto de estados y los modos relevantes que determinan el orden del sistema.
- El sistema de orden reducido debe reproducir las dinámicas de interés.

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 2: Análisis Modal Aplicado a Microrredes: Sistemas desequilibrados

ANÁLISIS MODAL (de fundamentos)

Park, $\mathbf{X}_{dq} = \mathbf{P}(\theta)\mathbf{X}_{abc}$

$$\begin{aligned} \frac{d\mathbf{X}_{dq}}{dt} &= f(\mathbf{X}_{dq}, \mathbf{U}_{dq}) \\ \mathbf{Y}_{dq} &= g(\mathbf{X}_{dq}, \mathbf{U}_{dq}) \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\mathbf{X}_{dq}}{dt} &= 0 \\ \mathbf{Y}_{dq,0} &= g(\mathbf{X}_{dq,0}, \mathbf{U}_{dq,0}) \end{aligned} \right|_{\mathbf{X}_{dq,0}, \mathbf{U}_{dq,0}}$$

$$\begin{aligned} \frac{d\mathbf{X}_{dq}}{dt} &= \mathbf{A}\mathbf{X}_{dq} + \mathbf{B}\mathbf{U}_{dq} \\ \mathbf{Y}_{dq} &= \mathbf{C}\mathbf{X}_{dq} + \mathbf{D}\mathbf{U}_{dq} \end{aligned}$$

Sistema eléctrico (dq)
No lineal

Punto Equilibrio

Sistema eléctrico (dq)
Lineal

SISTEMAS DESEQUILIBRADOS (un elemento): ¡Park no es suficiente!

$$\begin{bmatrix} \mathbf{x}_{dqo}^+ \\ \mathbf{x}_{dqo}^- \end{bmatrix} = \hat{\mathbf{T}}(t) \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{x}_{abc}(t) \\ \mathbf{x}_{abc}(t - \tau) \end{bmatrix}; \quad \mathbf{x}_{dqo}^+ \in \mathbf{R}_{3 \times 1} \text{ and } \mathbf{x}_{dqo}^- \in \mathbf{R}_{3 \times 1}$$

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_{dqo}^+ \\ \mathbf{x}_{dqo}^- \end{bmatrix} = 0 \text{ Régimen Permanente,}$$

REDUCCIÓN DE MODELOS

\mathbf{X} cte incluso en sistemas desequilibrados

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro

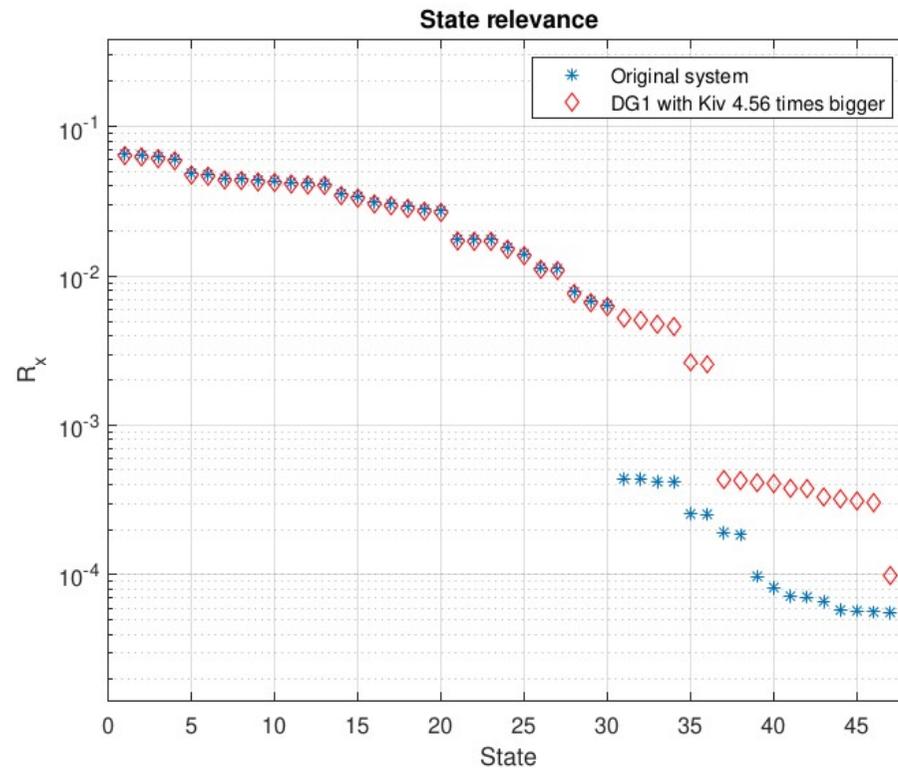


UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Comunidad
de Madrid

Objetivo 2: Análisis Modal Aplicado a Microrredes: Reducción de modelos y relevancia de los estados



- Representamos la “relevancia” de los estados de una microrred para dos reguladores distintos en uno de los VSC
- Un salto brusco en ese valor, sugiere qué variables de estado pueden omitirse.
- No todas las líneas podrían desprejarse en el estudio de la dinámica del sistema.
- No todos los controles nivel0 de los convertidores pueden desprejarse en el estudio de la dinámica del sistema.

- En el caso más desfavorable, los controles de nivel 0 y el filtro de salida del convertidor VSC1, deben modelarse en detalle

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 2: Análisis Modal Aplicado a Microrredes: Sistemas desequilibrados

Resumen:

- Los modos del sistema nos hablan de las dinámicas presentes
- Las participaciones nos explican qué influye dónde
- Las sensibilidades nos ayudan a diseñar controles
- La relevancia nos permite proponer reducción de modelos de forma sistemática

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



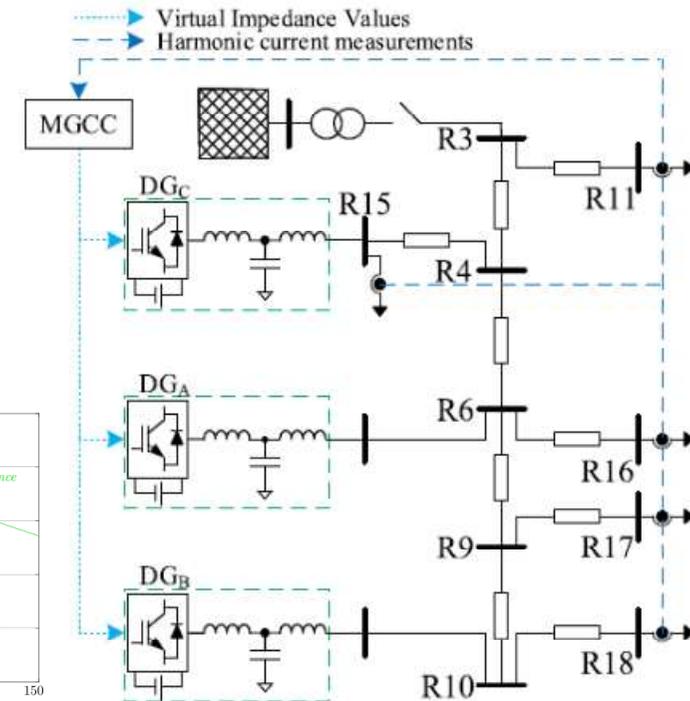
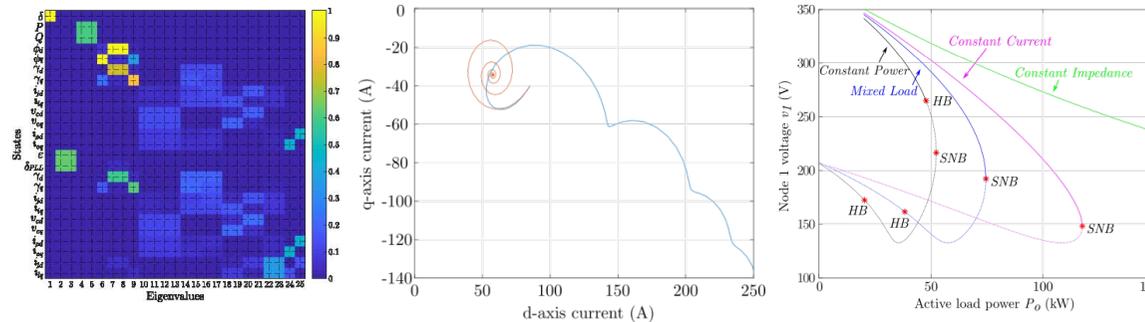
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




**Comunidad
de Madrid**

● Estabilidad de microrredes de CC, CA y híbridas

- Modelado de pequeña señal de inversores (en distintos modos de control), generadores diésel, carga activa, impedancias etc. (con ICAI y NTNU)
- Análisis de estabilidad usando bifurcación
- Estabilidad transitoria en redes dominadas con convertidores de electrónica de potencia



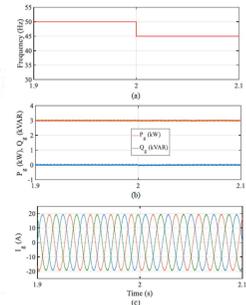
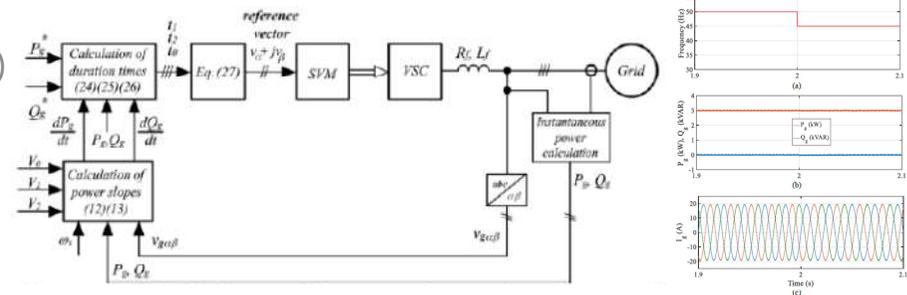
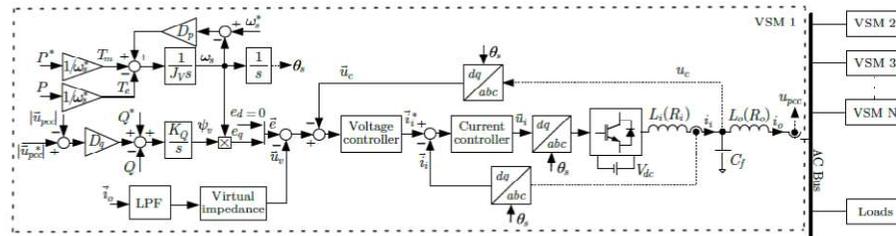
Fredrik Göthner, Raymundo E. Torres-Olguin, Javier Roldán-Pérez, Atle Rygg, and Ole-Morten Midtgård, "Apparent Impedance-Based Adaptive Controller for Improved Stability of a Droop-Controlled Microgrid", *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2021

D. P. Morán-Río, J. Roldán-Pérez, M. Prodanović and A. García-Cerrada, "Influence of the Phase-Locked Loop on the Design of Microgrids Formed by Diesel Generators and Grid-Forming Converters," in *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2022

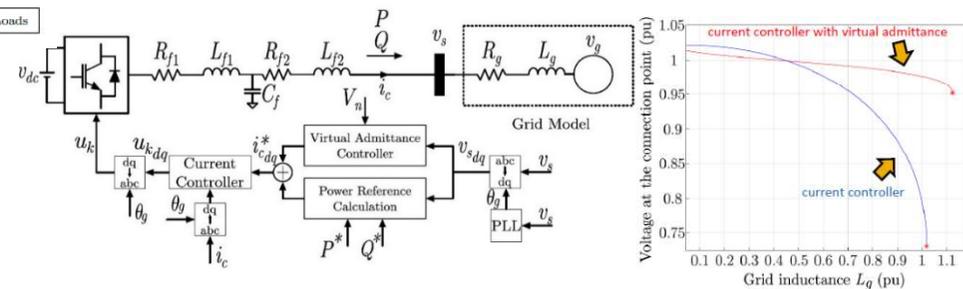
D. Moutevelis, J. Roldán-Pérez, M. Prodanovic and S. Sanchez-Acevedo, "Bifurcation Analysis of Active Electrical Distribution Networks Considering Load Tap Changers and Power Converter Capacity Limits," in *IEEE Transactions on Power Electronics*, 2022

Objetivo 2: Modelado, control y gestión de energía en redes inteligentes híbridas CC/CA

- Integración de renovables y de almacenamiento en redes urbanas
 - Control de convertidores VSM en paralelo (con UAH)
 - Control predictivo para convertidores conectados a la red (con UPM)



- Redes urbanas con la flexibilidad y los servicios auxiliares
 - Apoyo al control de tensión



Adrian Gonzalez-Cajigas, Javier Roldan-Perez, and Emilio J. Bueno, "Modeling and Control of N-Paralleled Virtual Synchronous Machines in Island Mode", IEEE 11th International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG), 2020

Mohammad Ebrahim Zarei, Dionisio Ramirez, Milan Prodanovic, and Giri Venkataramanan, "Multi-Vector Model Predictive Power Control for Grid Connected Converters in Renewable Power Plants", IEEE JESTPE, 2021

Dionysios Moutevelis, Javier Roldán-Pérez and Milan Prodanovic, "Virtual Admittance Control for Providing Voltage Support using Converter Interfaced Generation", IEEE PES ISGT Europe, 2021

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro

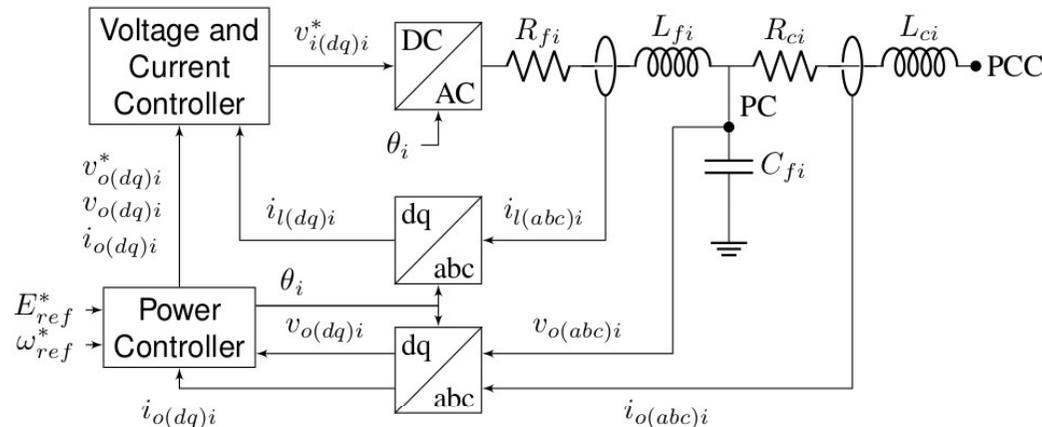


UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro

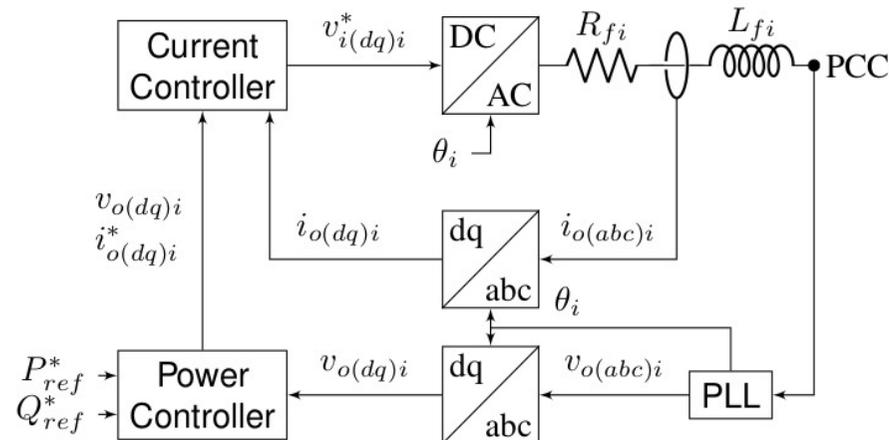


Comunidad de Madrid

Objetivo 2: Control Multi-agente en Microrredes: Elementos generadores



VCVSC: Grid-forming



CCVSC: Grid-following

Figuras de: A. Bidram, A. Davoudi and F.L. Lewis. "A multiobjective distributed control framework for islanded AC microgrids." IEEE Trans. On Industrial Informatics. Vol. 10, no. 3. pp 1785-1798. 2014

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Iniciativa de Empleo Juvenil
Iniciativa de Empleo Juvenil

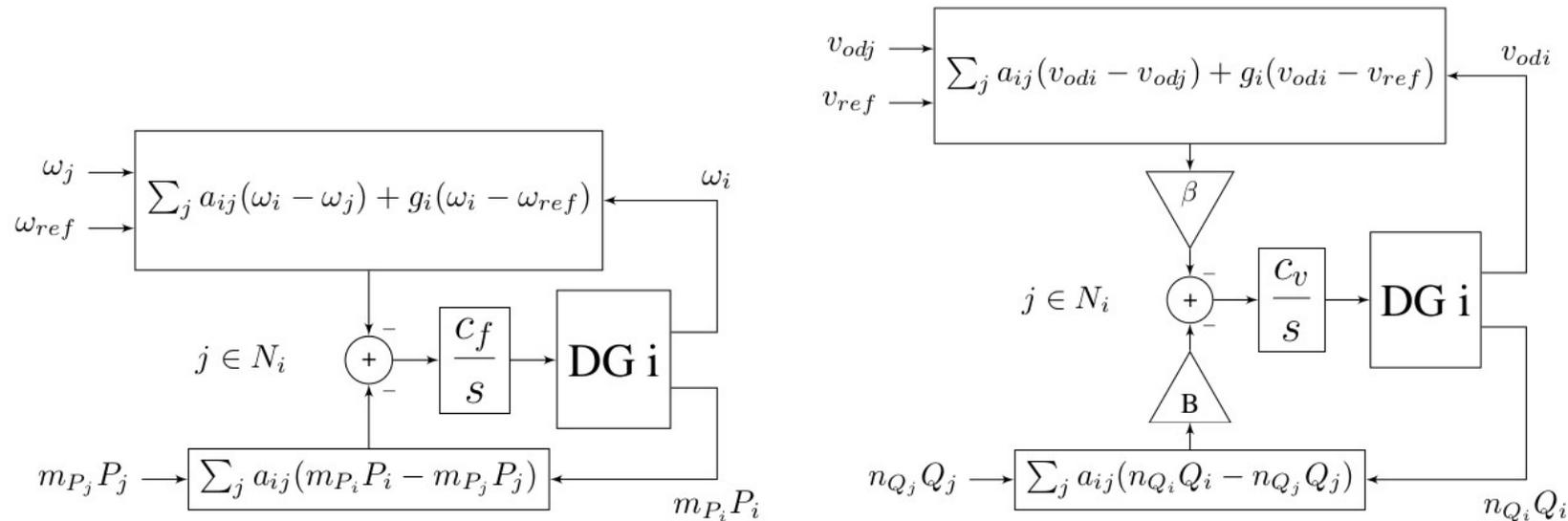


UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Comunidad
de Madrid

Objetivo 2: Control Multi-agente en Microrredes: Consenso en frecuencia y reparto de potencias



- Si todos VCVSC, se alcanza el consenso en frecuencia y en el reparto de potencia activa, sin compromiso.
- Hay que alcanzar un compromiso entre el consenso para seguir la referencia de tensiones o para el reparto de reactiva.

Figuras de: E. A. A. Coelho, D. Wu, J. M. Guerrero, J. C. Vasquez, T. Dragičević, Č. Stefanović, and P. Popovski, "Small-Signal Analysis of the Microgrid Secondary Control Considering a Communication Time Delay," IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 63, no. 10, pp. 6257–6269, 2016 y A. Bidram, F. L. Lewis, and A. Davoudi, "Distributed Control Systems for Small-Scale Power Networks," IEEE Control systems Magazine, vol. 34, no. 6, pp. 56–77, 2014.

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Iniciativa de Empleo Juvenil
Iniciativa de Empleo Juvenil
Iniciativa de Empleo Juvenil

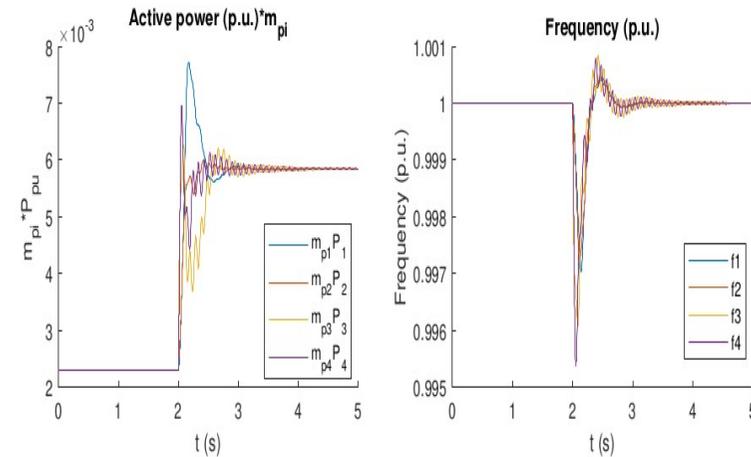
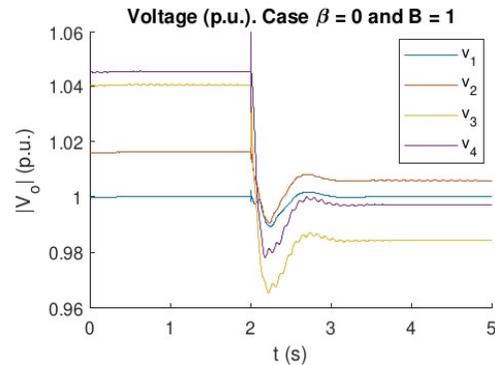
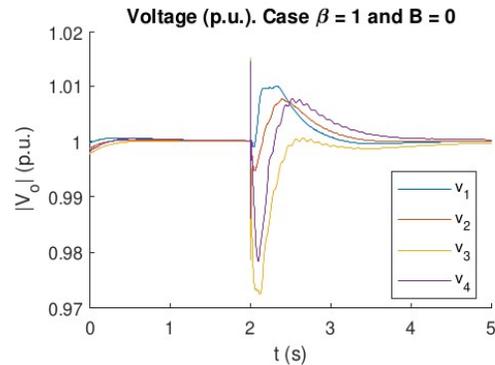
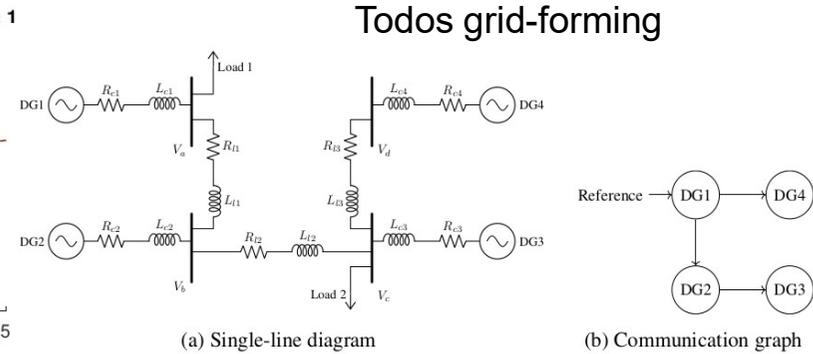
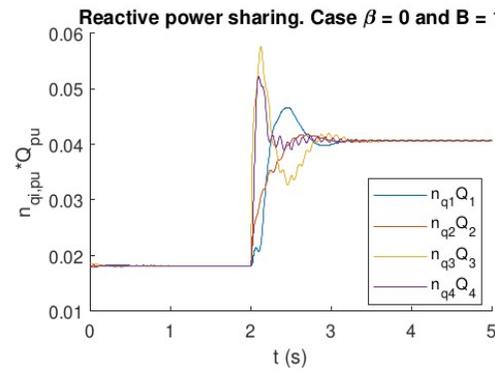
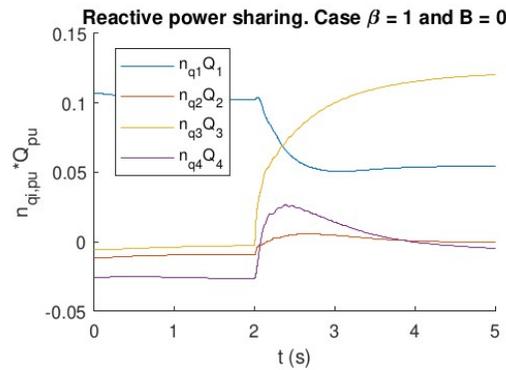


UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Comunidad
de Madrid

Objetivo 2: Control Multi-agente en Microrredes: Consenso en frecuencia y reparto de potencias

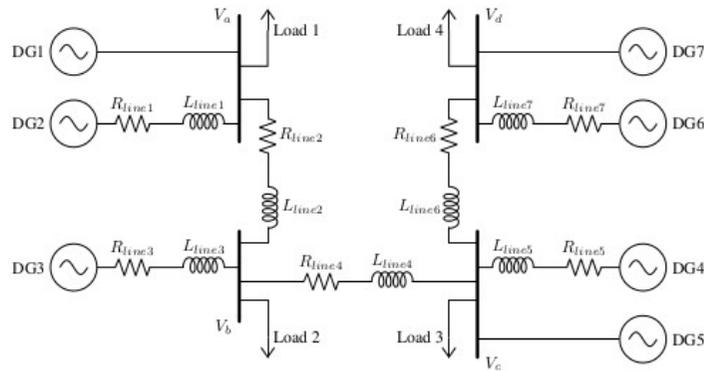


Siguiendo ref. V

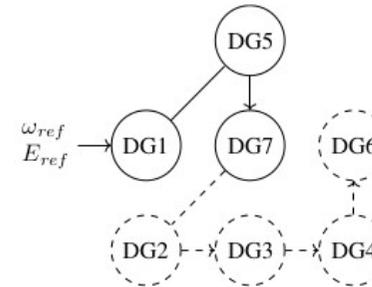
Consenso en reparto de Q

Consenso en reparto de P y frecuencia

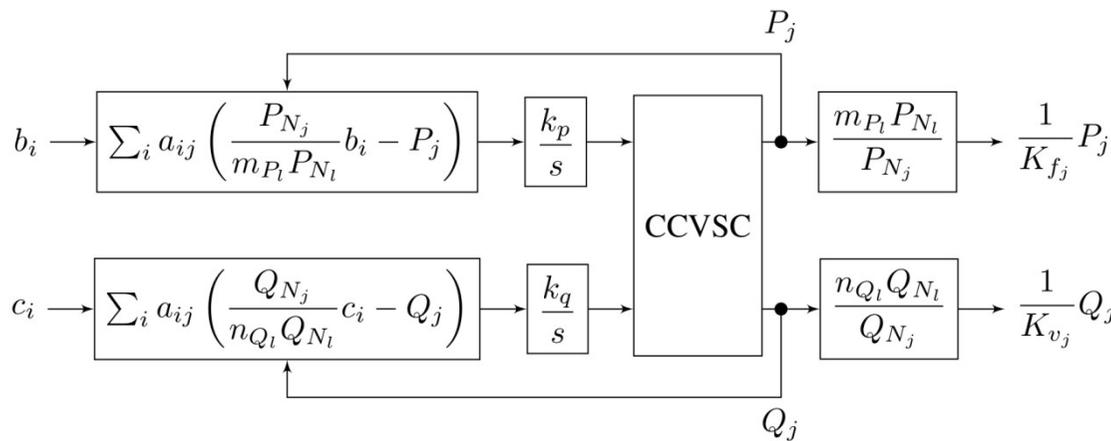
Objetivo 2: Control Multi-agente en Microrredes: Consenso en frecuencia y reparto de potencias



(a) Single-line diagram



(b) Communication graph



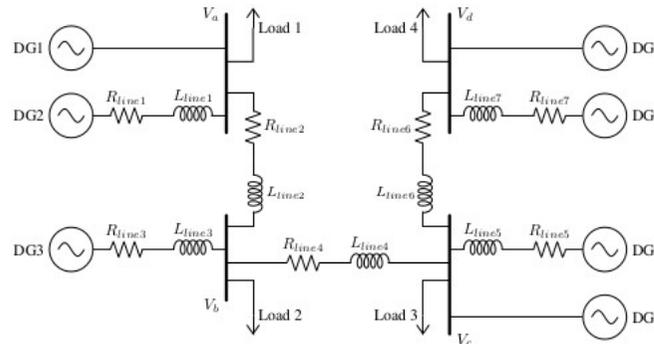
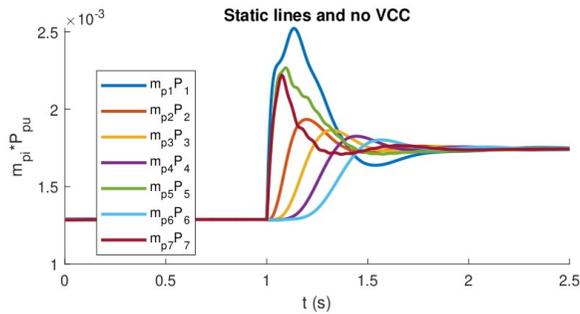
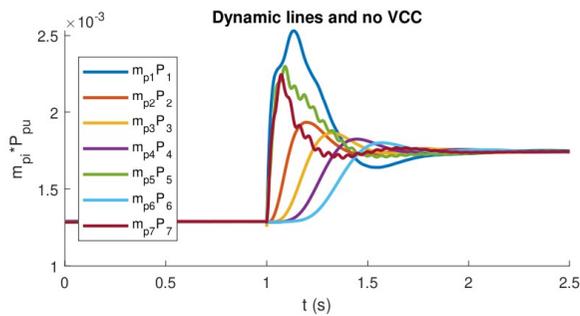
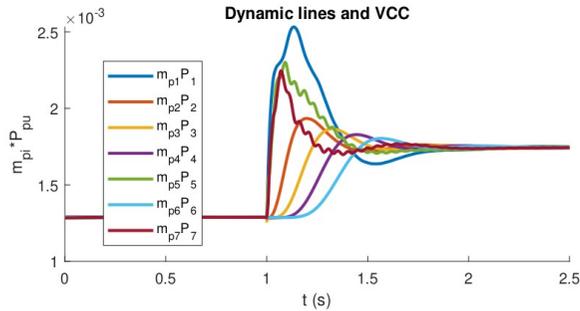
$$b_i = m_{P_i} P_i \text{ and } c_i = n_{Q_i} Q_i \text{ if } i \text{ is VCVSC}$$

$$b_i = P_i / K_{f_i} \text{ and } c_i = Q_i / K_{v_i} \text{ if } i \text{ is CCVSC}$$

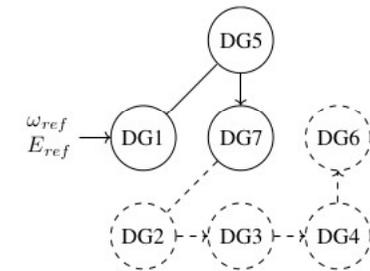
l : one VCVSC

El consenso en P y Q
en CCVSC

Objetivo 2: Control Multi-agente en Microrredes: Consenso en frecuencia y reparto de potencias



(a) Single-line diagram



(b) Communication graph

Ejemplo de resultados: Consenso en P

Objetivo 2: Control Multi-agente en Microrredes: Consenso en frecuencia y reparto de potencias

Resumen:

- Es posible controlar la frecuencia en una microrred haciendo uso del consenso, sin comunicaciones centralizadas: Cada “agente” solo tiene información parcial de lo que hacen los otros. (*)
- También es posible repartir P cuando se produce un cambio inesperado en las condiciones de carga o generación (**)
- Y se puede repartir la Q (**) o mantener el valor de las tensiones (*)
- La herramienta presentada anteriormente, permite hacer el análisis modal de este tipo de sistemas, incluyendo el efecto de la latencia de las comunicaciones

(*) En VCVSC

(**) En VCVSC y CCVSC

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 3

Recuperación energética en redes de transporte ferroviario y su integración en microrredes urbanas

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 3: Optimización de la infraestructura ferroviaria (metro) en IIT: recuperación de energía

OBJETIVO Y PROPIEDADES

- Colocación y dimensionamiento óptimos de estaciones reversibles y/o acumuladores en una red de metro
- Modelos detalladas de tráfico y de la infraestructura ferroviaria
- Flexibilidad para definir la topología del circuito
- Ayuda a la decisión para la instalación de la infraestructura (proyectos en una o varias etapas de desarrollo)

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro

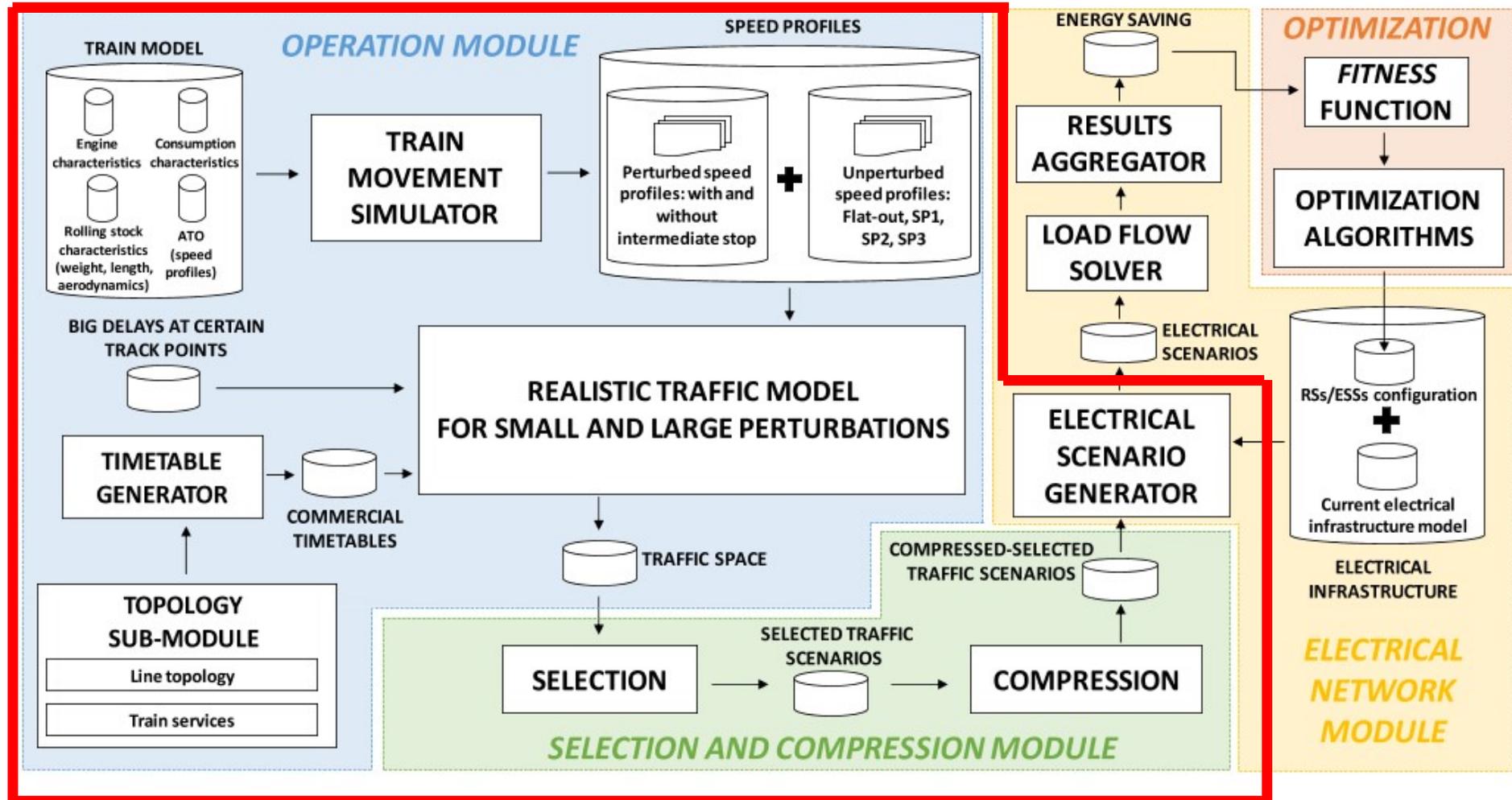


UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




**Comunidad
de Madrid**

Objetivo 3: Optimización de la infraestructura ferroviaria (metro) en IIT: recuperación de energía



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro

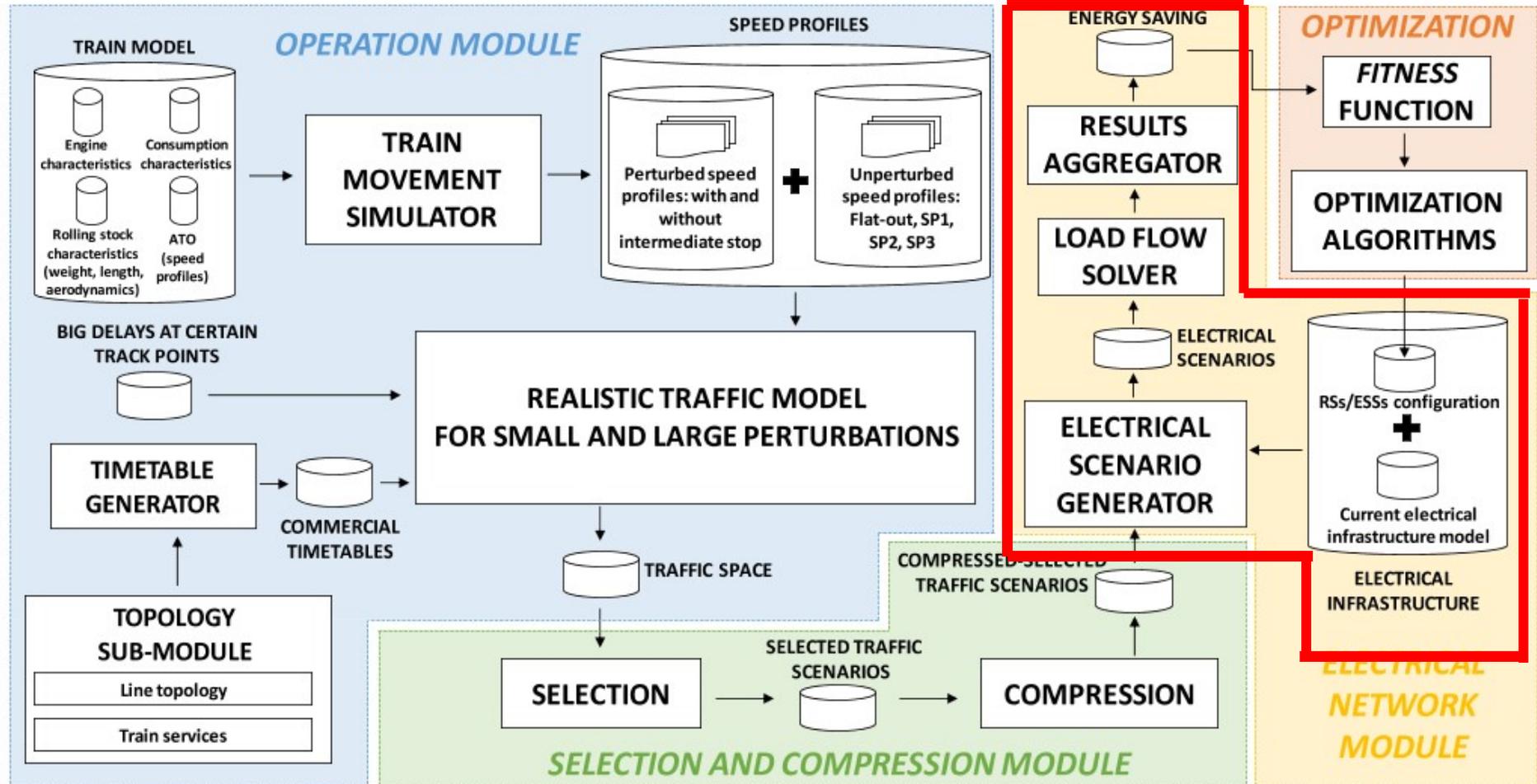


UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Comunidad
de Madrid

Optimización de la infraestructura ferroviaria (metro) en IIT: recuperación de energía



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

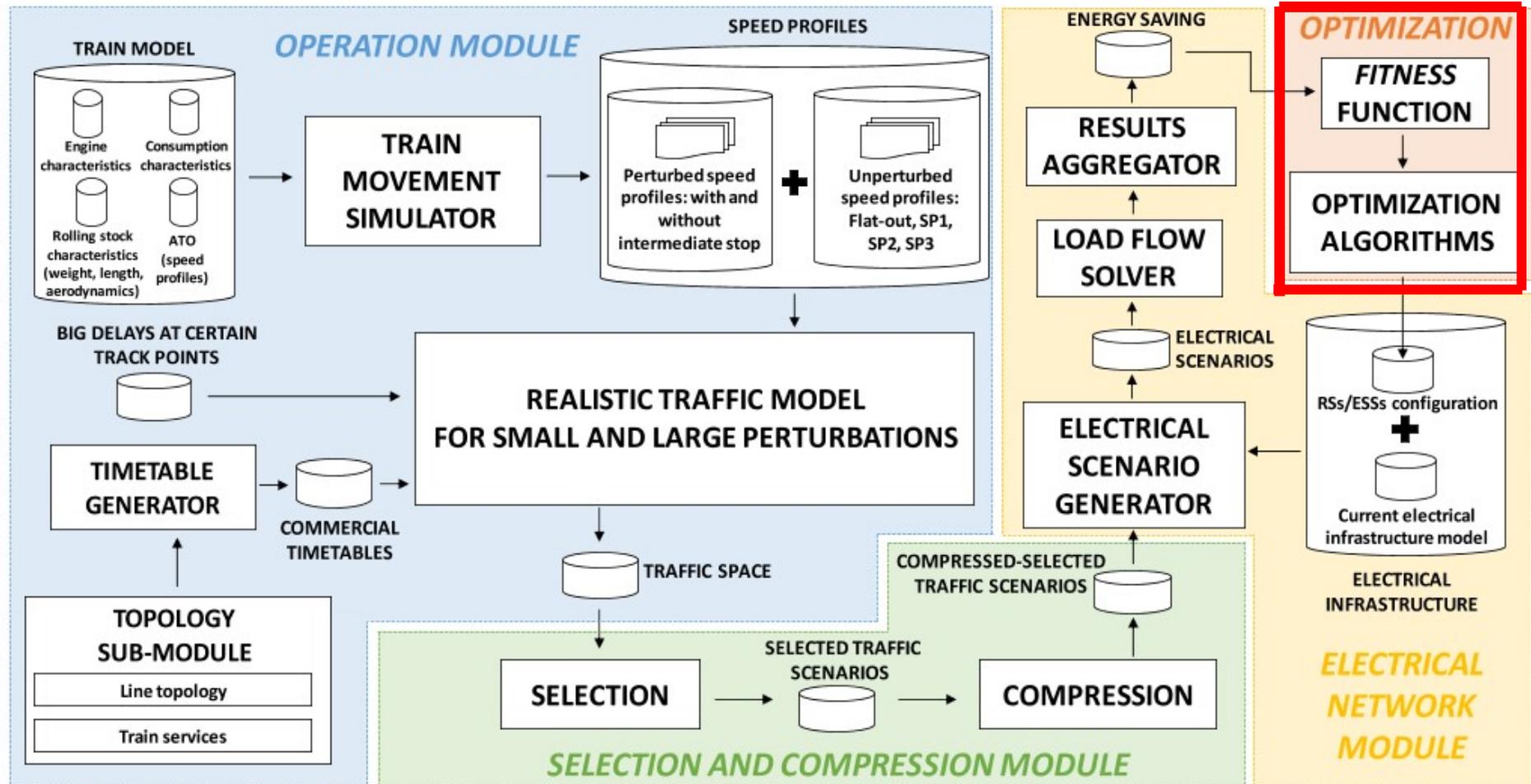
UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Objetivo 3: Optimización de la infraestructura ferroviaria en IIT: recuperación de energía



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro

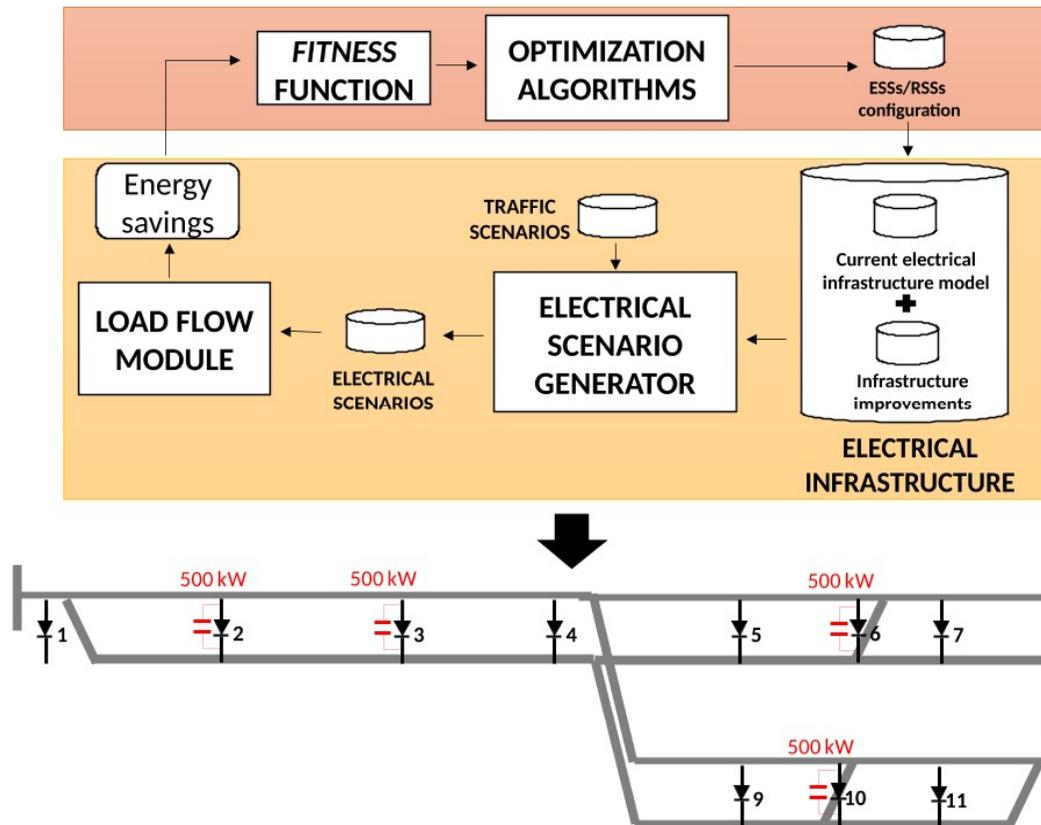


UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Comunidad
de Madrid

Objetivo 3: Optimización de la infraestructura ferroviaria (metro) en IIT: recuperación de energía



- Optimización inspirada en la naturaleza
- Simulador detallado
- Implementación sistemática de cualquier topología

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



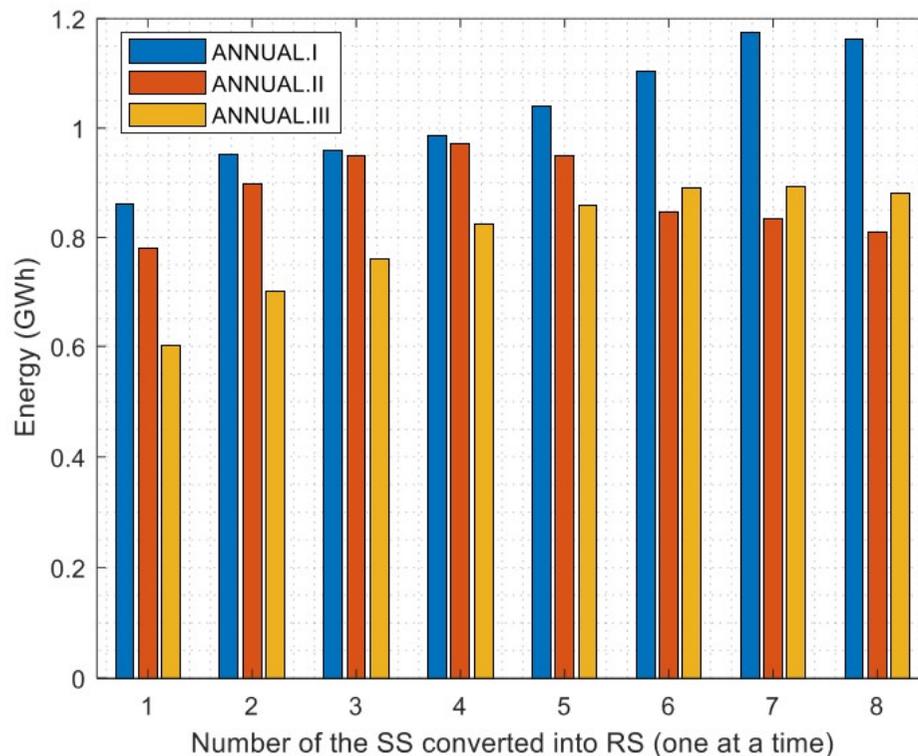
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



**Comunidad
de Madrid**

Objetivo 3: Optimización de la infraestructura ferroviaria (metro) en IIT: recuperación de energía

- Ejemplo y resumen: Ahorro energético esperado. Simulación detallada vs simplificada (de la tesis de D. Roch)



- La simulación simplificada, sobreestima el ahorro
- El gran número de escenarios tiene gran coste computacional
- Gracias a la colaboración con GHEODE, se pueden abordar más escenarios
- Se puede incluir inversión por etapas



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



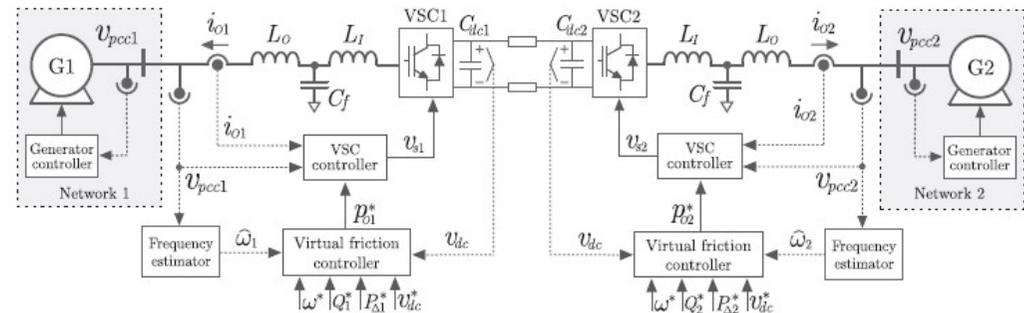
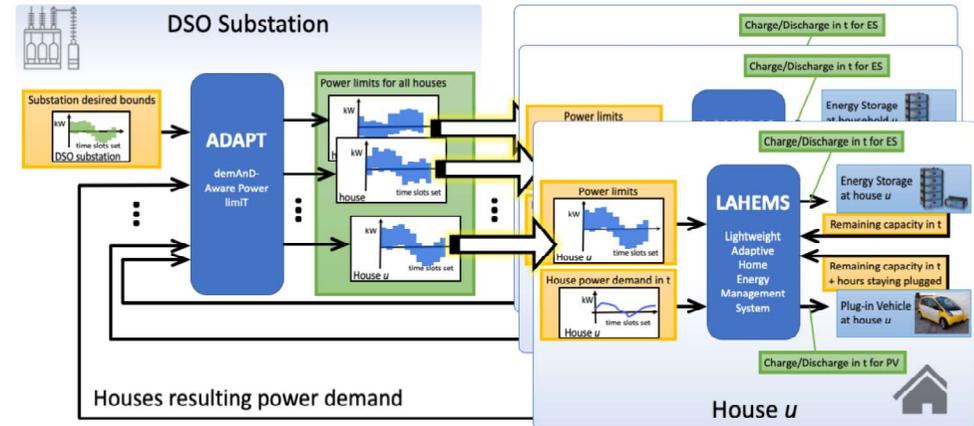
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Comunidad
de Madrid

Objetivo 3: Recuperación energética en redes de transporte ferroviario y su integración en micro-redes

- Gestión de energía inteligente para subestaciones (con La Sapienza)
- Modelado de enlaces de redes híbridas de media tensión (en colaboración con NTNU)
- Servicios de inercia utilizando enlaces de CC y control de VSC
 - Control de Fricción Virtual



Igor Melatti, Federico Mari, Toni Mancini, Milan Prodanovic, and Enrico Tronci, "A Two-Layer Near-Optimal Strategy for Substation Constraint Management via Home Batteries", IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2021

Alberto Rodríguez-Cabero, Javier Roldán-Pérez, Milan Prodanovic, Jon Are Suul and Salvatore D'Arco, "Coupling of AC Grids via VSC-HVDC Interconnections for Oscillation Damping Based on Differential and Common Power Control", IEEE Transactions On Power Electronics, 2020

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 4

Diseño e implementación de un sistema de gestión de energía para sistemas híbridos de generación renovable y almacenamiento en baterías

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



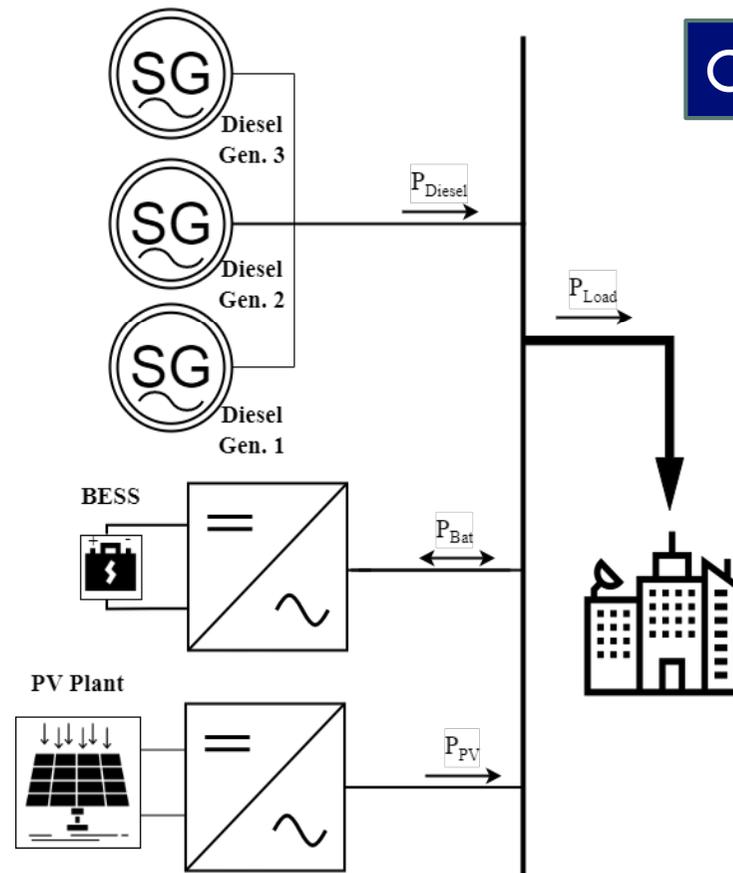
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




**Comunidad
de Madrid**

Objetivo 4: Diseño y simulación del sistema de gestión de energía para la operación del sistema híbrido

- Algoritmo de despacho óptimo de unidades de generación



Objective function

$$\min \sum_{t=1}^K \left(\left((n_{1,t} + n_{2,t} + n_{3,t}) * H^{COST} \right) + \left(p_t^{GEN} * F^C \right) + \left(p_t^{BAT} * D^{COST} \right) \right)$$

$n_{i,t}$	→ Diesel generator status (ON=1, OFF=0)
H^{COST}	→ Hourly wearing cost of the diesel generators
p_t^{GEN}	→ Total power output of the diesel generators
F^C	→ Fuel cost
p_t^{BAT}	→ Absolute value of the hourly power of the battery
D^{COST}	→ Degradation cost of the BESS

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



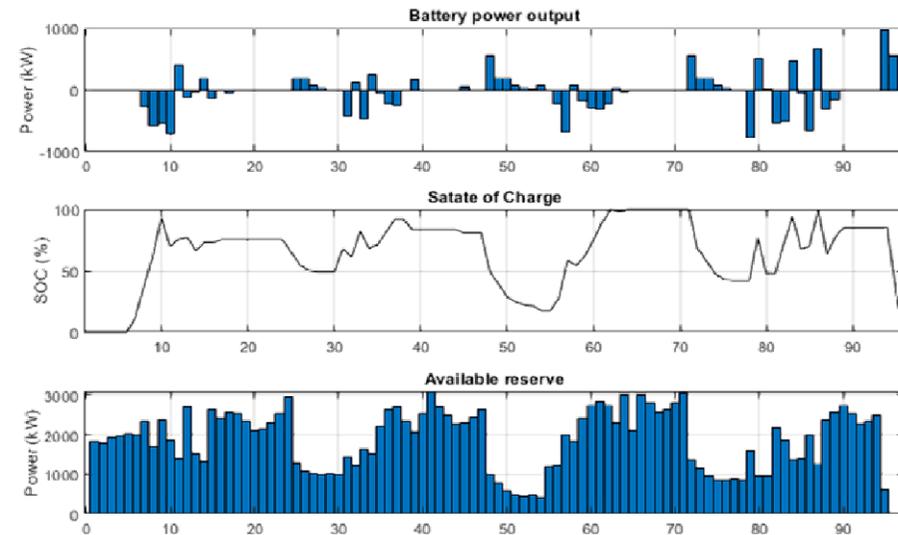
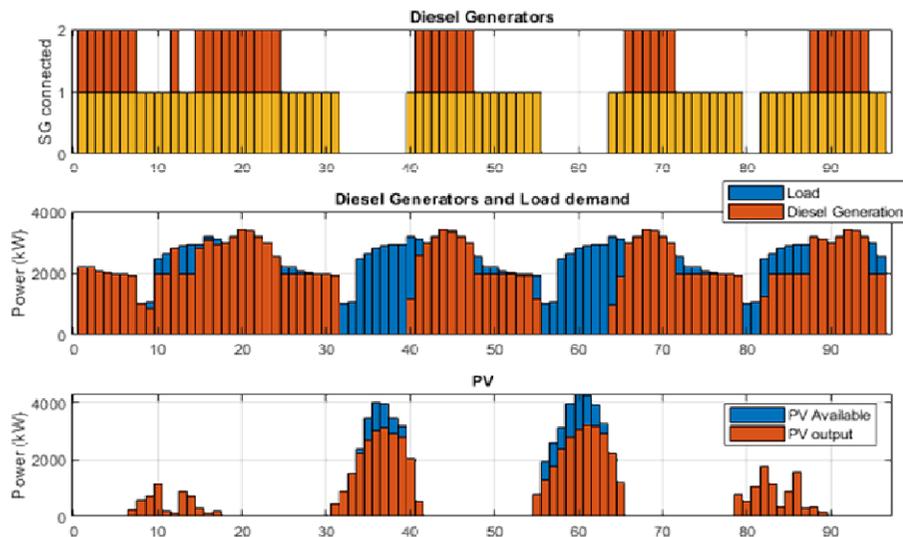
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



**Comunidad
de Madrid**

Objetivo 4: Diseño y simulación del sistema de gestión de energía para la operación del sistema híbrido

- Algoritmo de despacho óptimo de unidades de generación
 - Planificación de 72h con una ventana de datos de 24h, ejecutada hora a hora



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Iniciativa de Empleo Juvenil
Iniciativa de Empleo Juvenil



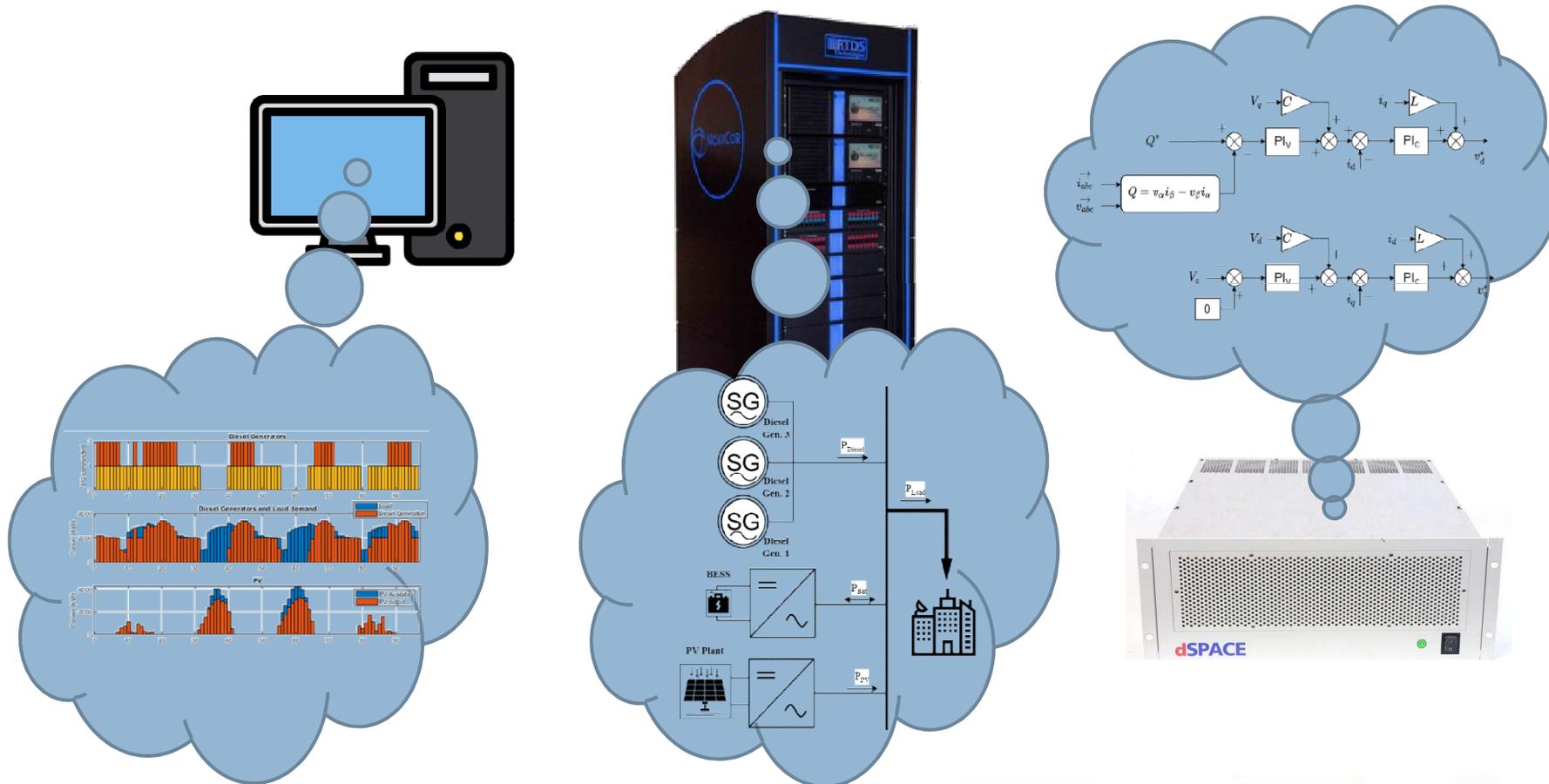
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Comunidad
de Madrid

Objetivo 4: Implementación y validación experimental del EMS

- Capas de Control de la microrred en tiempo REAL



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



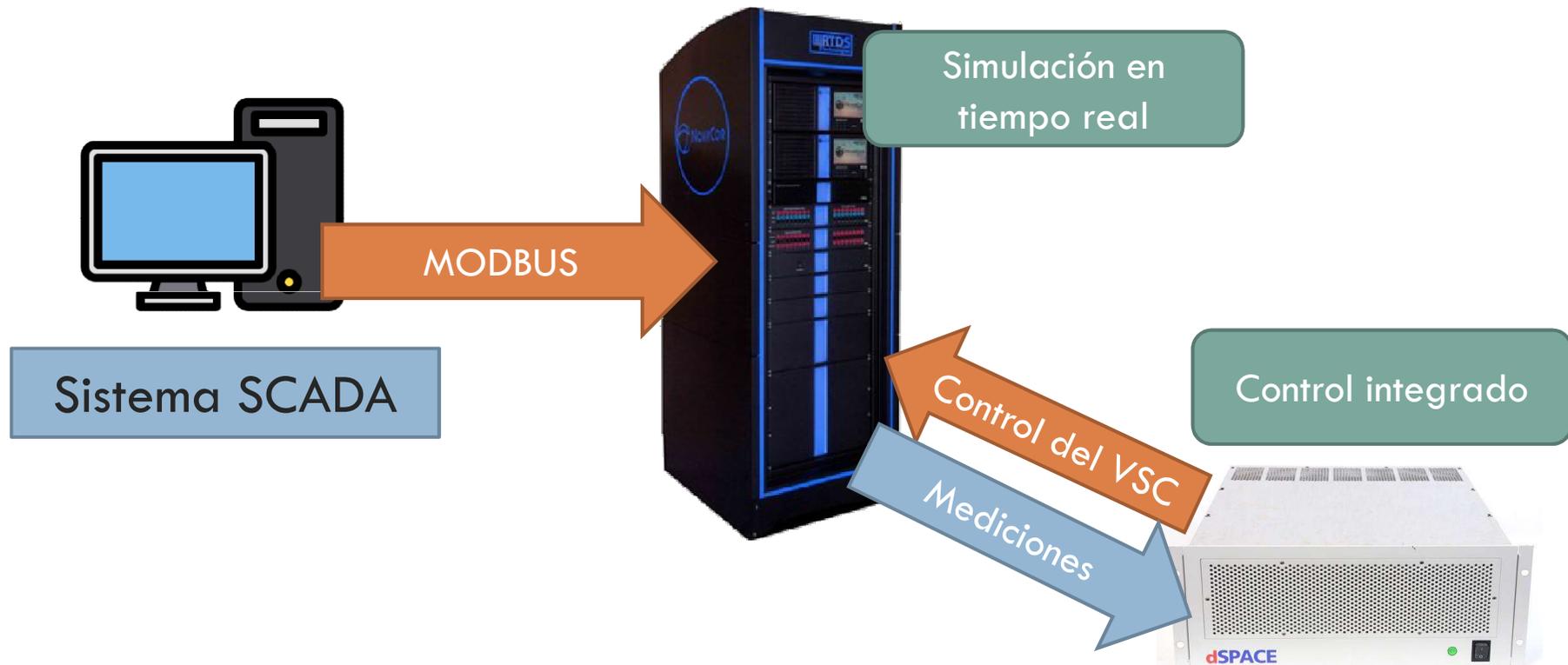
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Comunidad
de Madrid

Objetivo 4: Implementación y validación experimental del EMS

- Capas de Control de la microrred en tiempo REAL



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



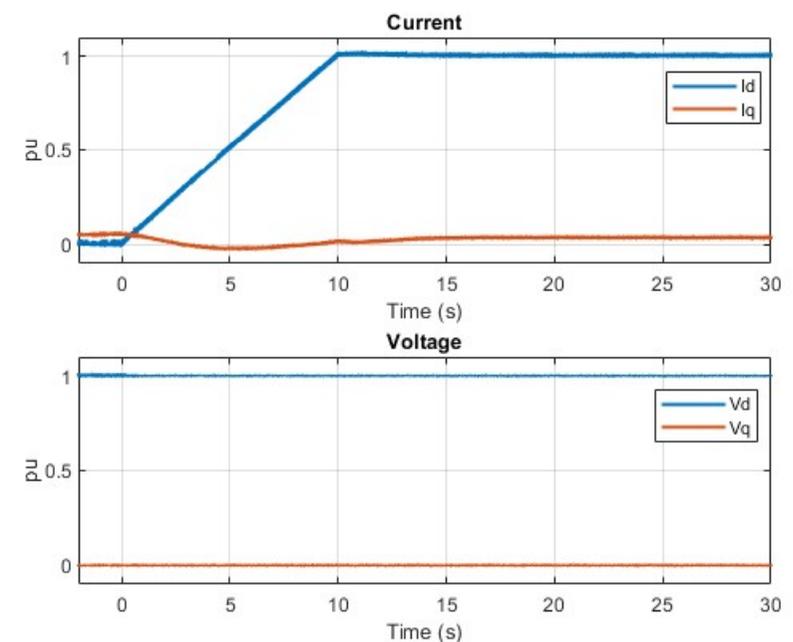
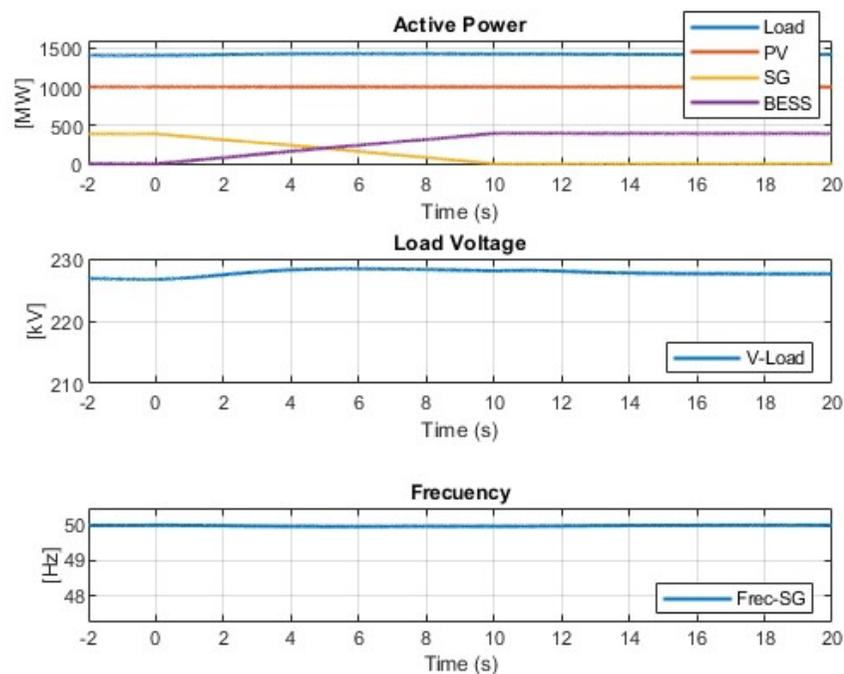
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




**Comunidad
de Madrid**

Objetivo 4: Implementación y validación experimental del EMS

- Control Grid-Forming
 - Permite a la microrred operar en una red sin generación convencional
- Prueba ante desconexión de la generación convencional



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Iniciativa de Empleo Juvenil
Iniciativa de Empleo Juvenil
Iniciativa de Empleo Juvenil



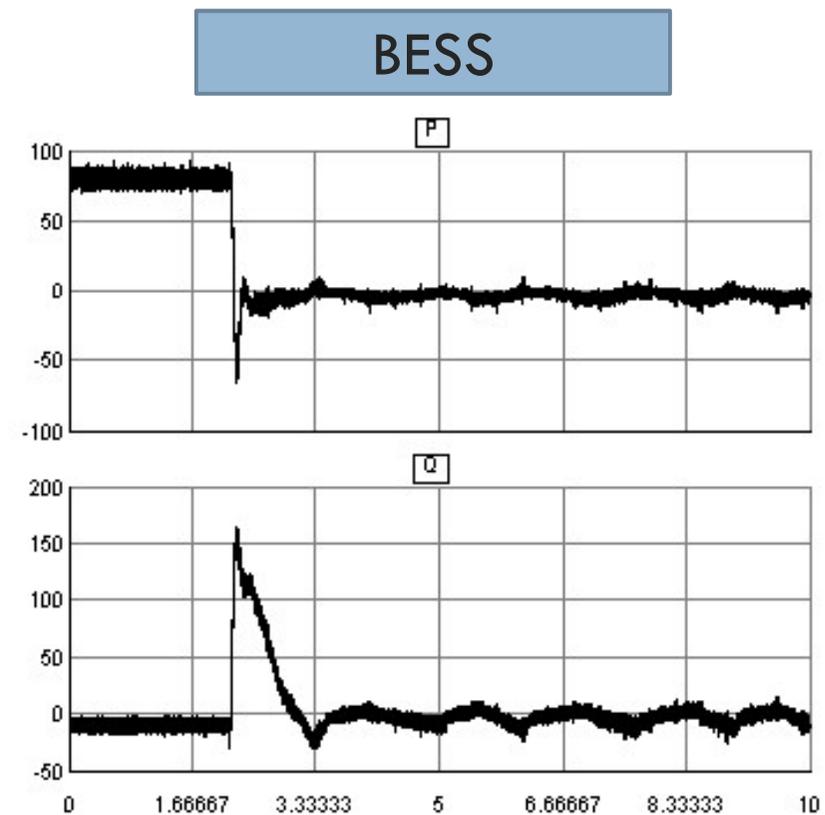
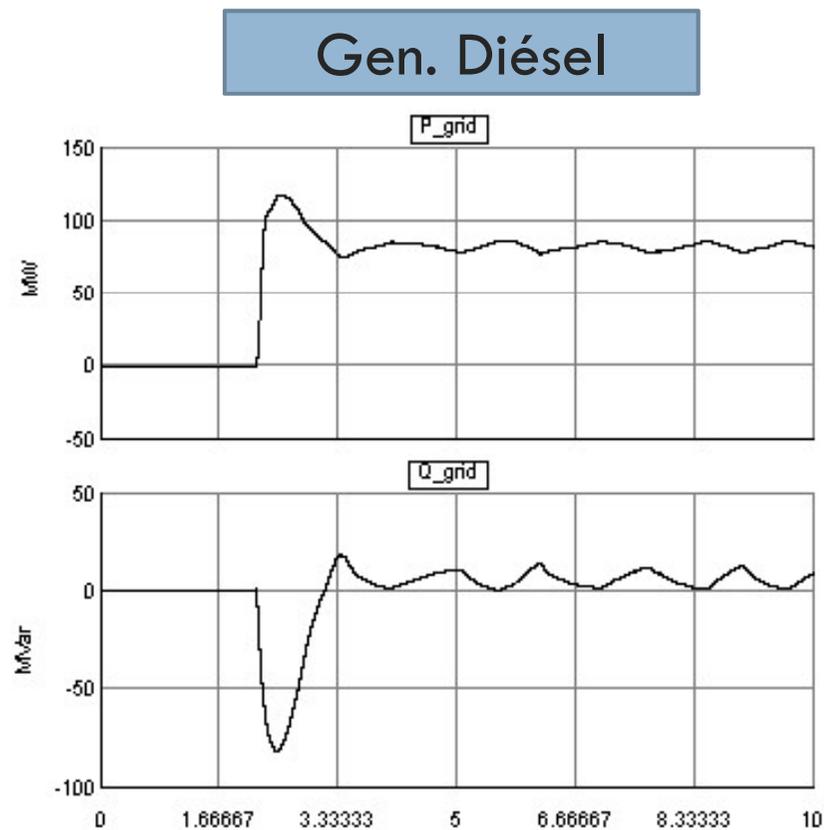
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Comunidad
de Madrid

Objetivo 4: Implementación y validación experimental del EMS

- Recepción de las consignas en tiempo real
 - Ajuste de las potencias de salida a la reconexión de la generación síncrona



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 5

Aprendizaje máquina aplicado a microrredes, vehículo eléctrico y gestión energética

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 5: Aprendizaje Profundo por Refuerzo

OBJETIVOS

- Minimización del coste y de la “energía no despachada” en microrredes con mix de generación variado
- Sin modelos complejos y sin predicción
- Frente a técnicas de optimización clásicas con información completa

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 5: Aprendizaje Profundo por Refuerzo

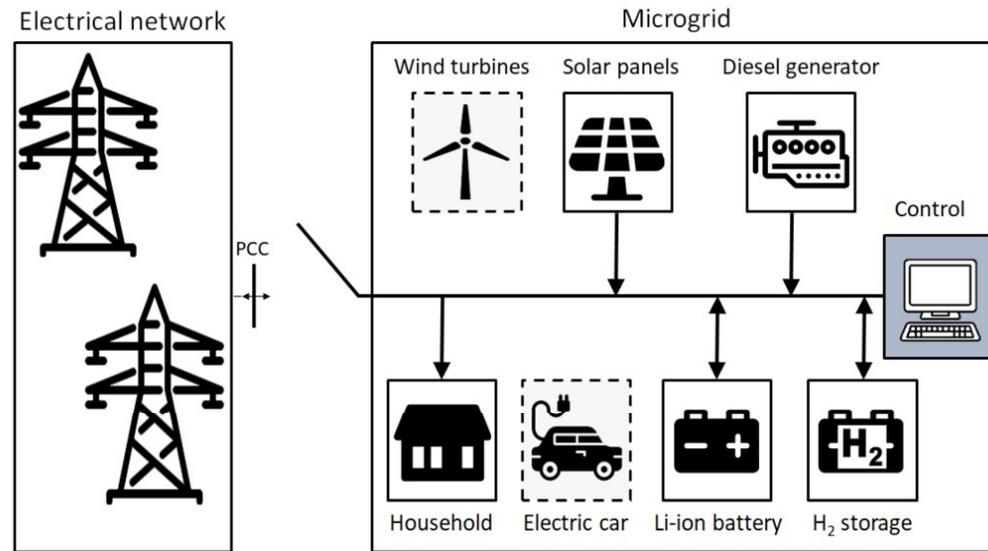
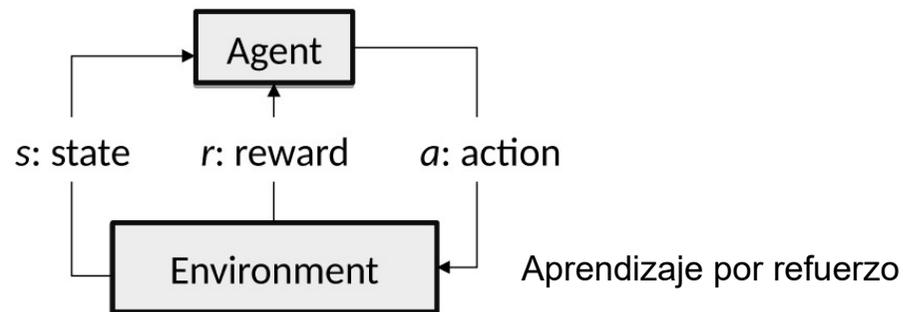


Figure 1. Schematic example of a microgrid.

- Se tienen datos históricos, para renovables.
- **Alternativas:**
- “Aprender la estrategia óptima” vs “Algoritmos convencionales con *info completa*”



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

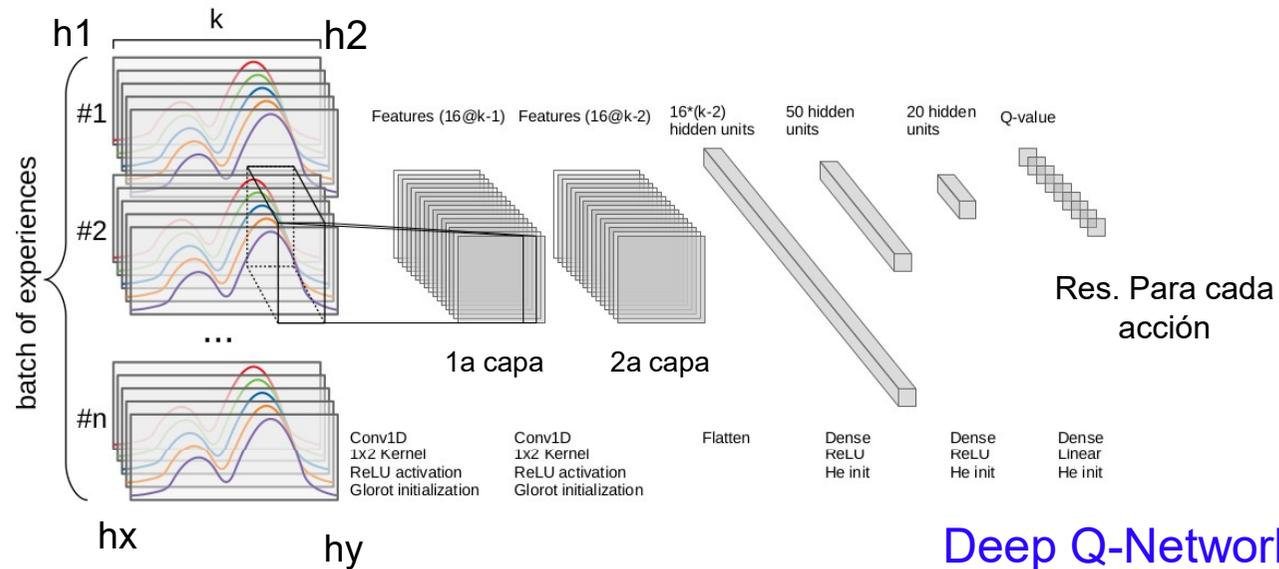
UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro

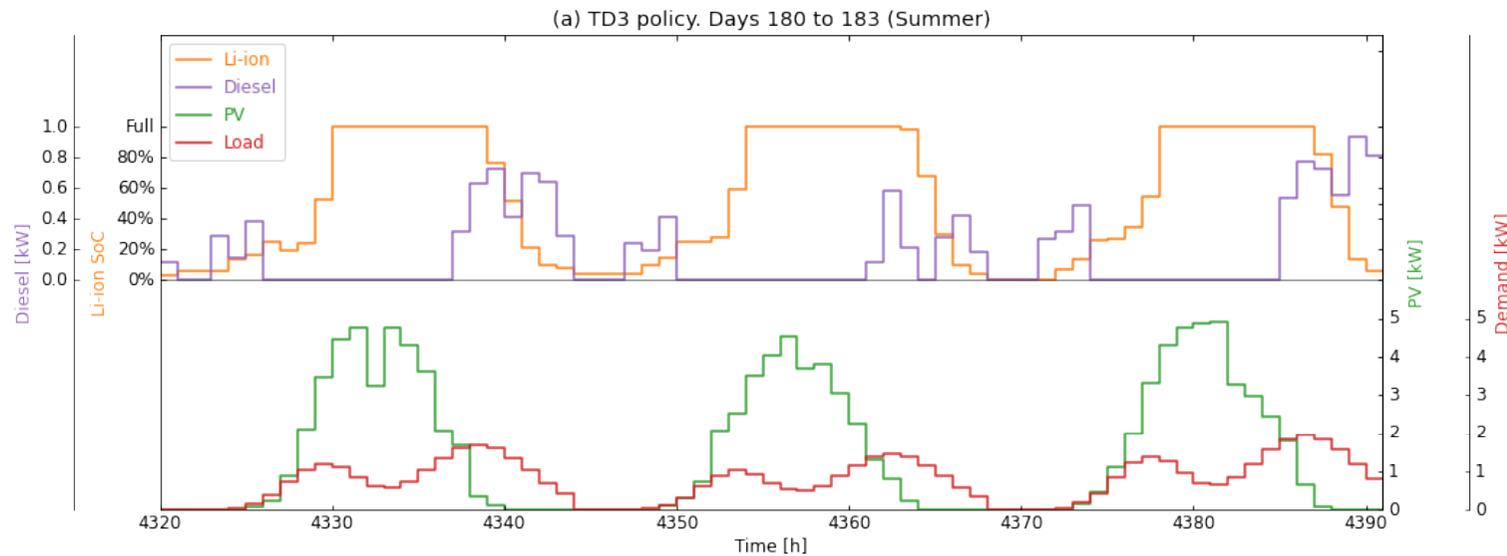


Comunidad
de Madrid



- Se minimiza el coste y la “energía no despachada”
- Se usa una ANN para estimar la “calidad de la solución”
- En cada paso se calcula la energía suministrada por los paneles solares, la batería, la pila de hidrógeno y el generador diésel
- La producción de cada componente tiene valores continuos (frente a etapas anteriores en el proyecto)

Objetivo 5: Aprendizaje Profundo por Refuerzo



- Después de haber aprendido con un año y corregido con otro
- Actividad en unos días de **verano** con la red entrenada
- **La batería** aprovecha para cargarse en las horas de sol
- **El diésel** genera cuando no hay **sol (PV)** para completar la energía suministrada de **la batería**

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro

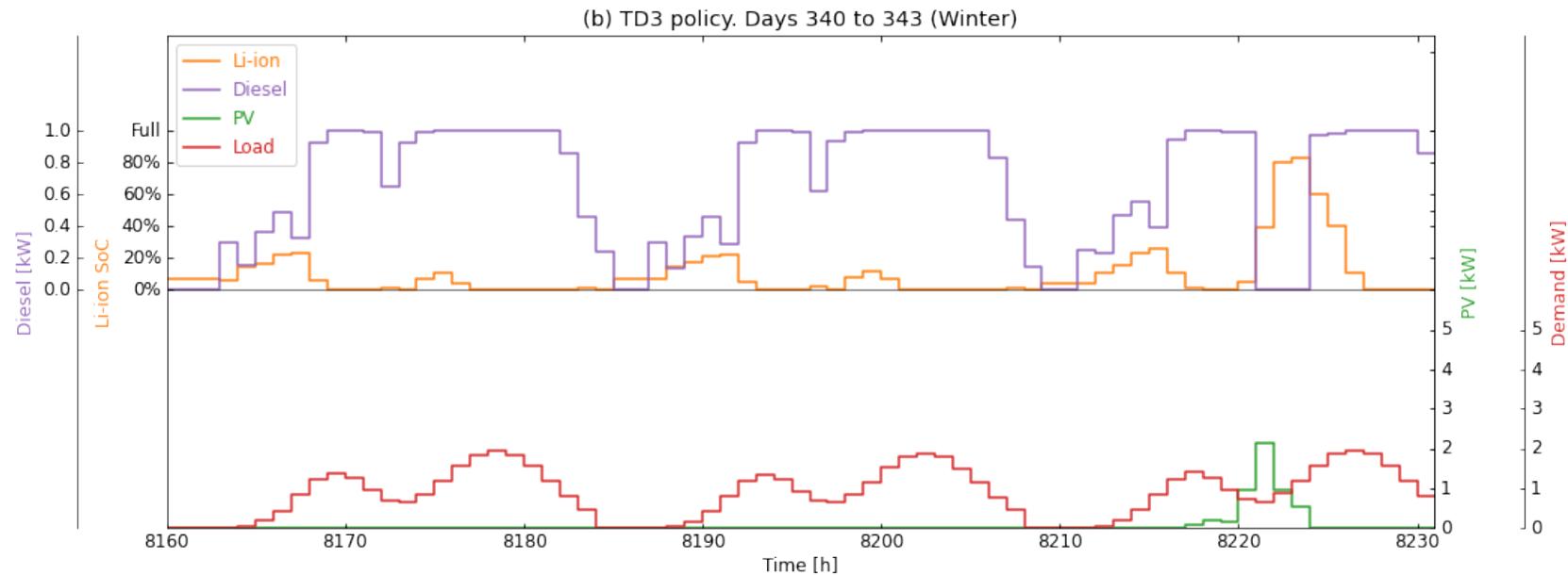


UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Comunidad
de Madrid

Objetivo 5: Aprendizaje Profundo por Refuerzo



- Actividad en unos días de **invierno** con la red entrenada
- **La batería** aprovecha para cargarse en las pocas horas de sol
- **El diésel** genera, mucho tiempo, cuando no hay **sol (PV)** para completar la energía suministrada de **la batería**

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 5: Aprendizaje Profundo por Refuerzo

RESUMEN:

- Un algoritmo que gestiona una red y aprende de los errores
- No se necesita un modelo preciso
- El entrenamiento del algoritmo es importante, pero hay que evitar que sobre-aprenda sobre un conjunto limitado de escenarios
- Se ha probado en un sistema sencillo y pequeño y hay que avanzar a sistemas más realistas
- En las últimas versiones se consigue mejor resultado si se modela la generación diésel de forma continua y no solo como encendido/apagado.

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**

- **Algoritmos de predicción para recurso renovable**
 - Predicción a corto y largo plazo del nivel de agua en una reserva hidroeléctrica
- **Algoritmos de optimización para diseño y planificación de Microrredes**
 - Localización y dimensionamiento óptimos de ESSs en líneas de ferrocarril
- **Algoritmos de aprendizaje máquina para problemas relacionados con la incorporación de vehículos eléctricos en microrredes.**
 - Programación de cargas y descargas de VE. Inclusión de medidas de ahorro de CO2 en la optimización.

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**

Problema

Central hidráulica produce **energía** de forma **sostenible** y **programada**

La **producción futura** de la central hidráulica **depende** de las variables **meteorológicas** y de los procesos **climáticos**, además de otros factores

Problemas para realizar una **predicción** de producción **precisa**

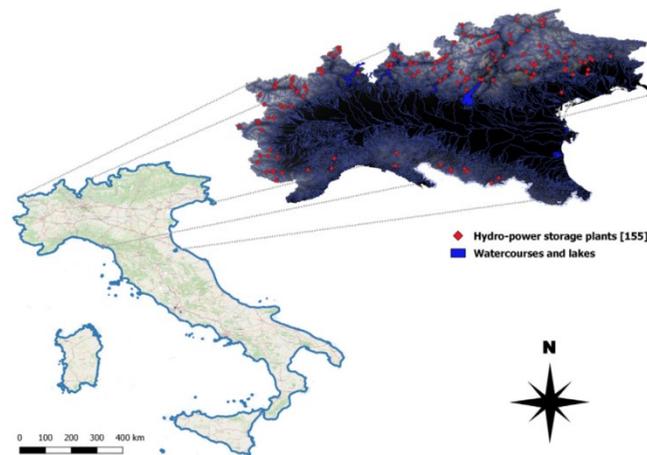
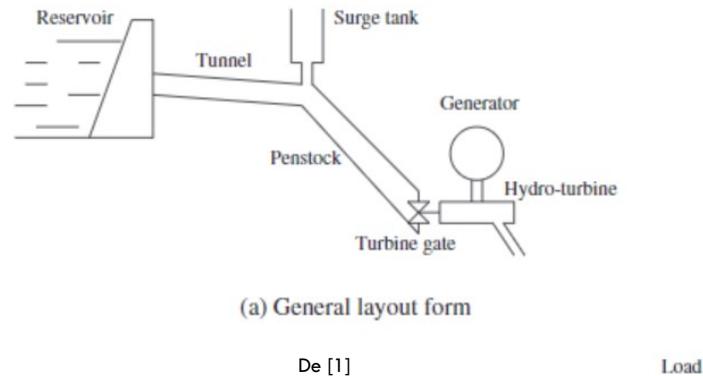


Fig. 1. Distribution of the hydro-power plants and hydrography of Northern Italy. De [2]

Contribución

Se propone el uso de técnicas de **ML** para resolver el **problema**.

Se establece una **relación** entre las variables **meteorológicas** con la cantidad de **agua** utilizada para la producción de **energía**

Se **determina** que existe una fuerte **relación** entre las variables del entrada del **problema**.

Mejor considerar cada central que el conjunto

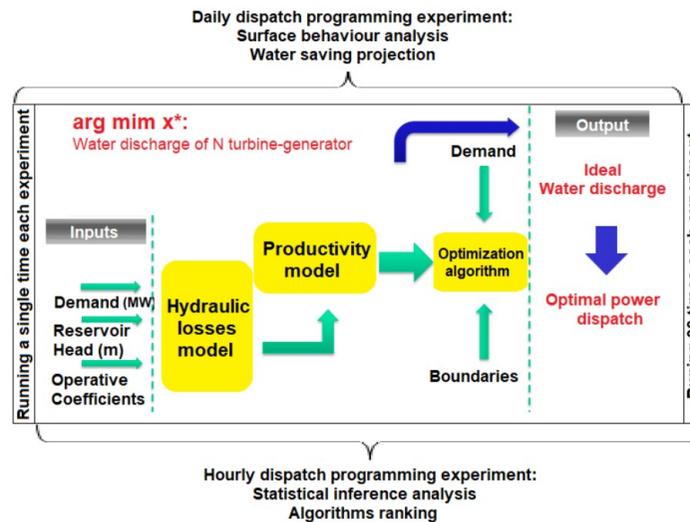
Objetivo 5: : Optimal Generation Scheduling in Hydro-Power Plants with the Coral Reefs Optimization Algorithm.

Problema

Central hidráulica produce **energía** de forma **sostenible** y **programada** (*Unit Commitment Problem*)

Desafío → Definir la **cantidad** de **energía** que cada **turbina** descarga en la **planta**.

Generación **óptima** vs no óptima → se genera **más energía** y se **reduce** la cantidad de **agua** utilizada.



De [3]

Contribución

Se presentó un **modelo** matemático para la **generación de energía** programada de una planta **real**, situada en **Brasil**.

Se incluyeron **pérdidas hidráulicas** en el modelo matemático, haciendo este **más real**

El proceso de **optimización** se desarrolló utilizando **CRO-SL**.

Ahorro de 13.98 billones de L de **agua** mensuales

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 5: Optimal Location and Sizing of Energy Storage Systems in DC-Electrified Railway Lines Using a Coral Reefs Optimization Algorithm with Substrate Layers.

Problema

Sistemas de **almacenamiento** de vías ferroviarias electrificadas: **localización y capacidad óptima**

Estos **sistemas** utilizan la **energía** generada por los trenes durante la **fase de frenado**

Estos **sistemas** requieren una **inversión inicial alta**. Se puede **cuestionar** su **viabilidad**

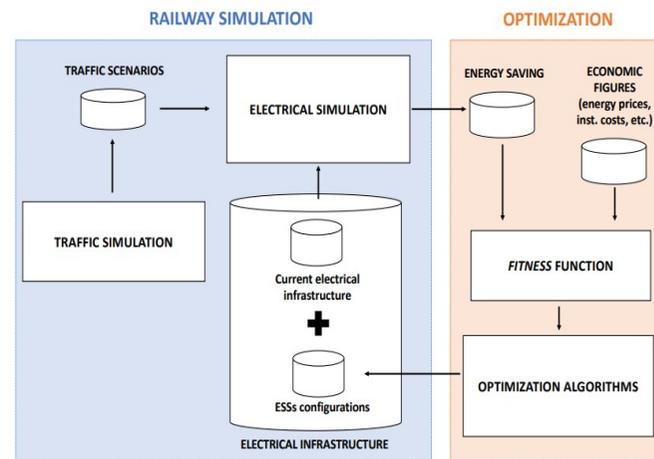


Figure 1. Middleware communicating the railway simulator and the optimization algorithm.

De [5]

Contribución

Adaptación de CRO-SL al **problema**

Mejora de los resultados respecto a **algoritmos genéticos** aplicados anteriormente

Aplicación a un caso **real** situado en **España**

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 de trabajo actuales

- **Desarrollo de nuevos algoritmos de optimización que permitan abordar problemas energéticos de forma más eficiente**
 - Desarrollar algoritmos de optimización de propósito general: no adaptar en exceso al algoritmo al problema.
- **Desarrollo de nuevos algoritmos de optimización que permitan abordar la programación óptima de cargas y descargas de VE con la consideración de la huella de CO2.**

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 6

Difusión y explotación de resultados

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**

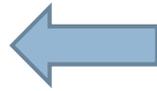
Difusión de resultados

- Difusión entornos especializados
 - Publicaciones en revistas especializadas
 - Asistencia a congresos internacionales
 - Organización de workshop
- Difusión para público en general
 - Página web: <https://geiser.depeca.uah.es/promint>
 - Jornadas de divulgación de la ciencia
 - Redes sociales: LinkedIn, Twitter
- Difusión académica
 - Trabajos fin de carrera y fin de máster
 - Tesis doctorales



Difusión Entornos Especializados

226 Citas
en Scopus



42 Publicaciones
científicas



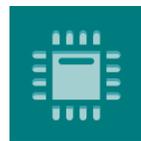
18 Q1
12 Q2
8 Q3



21 Presentaciones en
Conferencias y Congresos



energies



sensors

IEEE TRANSACTIONS ON
POWER SYSTEMS

IEEE
SENSORS JOURNAL

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



Difusión para el público en general

Página web: : <https://geiser.depeca.uah.es/promint>

- 3500 visitas, mayoría de España y Europa
- Información actualizada del desarrollo y resultados del programa
- 14 noticias publicadas
- 5 ofertas de empleo en los grupos de investigación



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**

Difusión para el público en general

Redes Sociales

- Difusión de actividades, resultados y publicaciones del programa
- Información sobre ofertas de empleo y formación académica de los grupos de investigación del programa

www.linkedin.com/in/promint-microrredes-inteligentes

- 30 seguidores
- 107 entradas
- 9177 visualizaciones total – 400 visualizaciones/mes



@PROMINT4

- 29 seguidores
- 91 entradas
- 9508 visualizaciones total – 410 visualizaciones/mes



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro

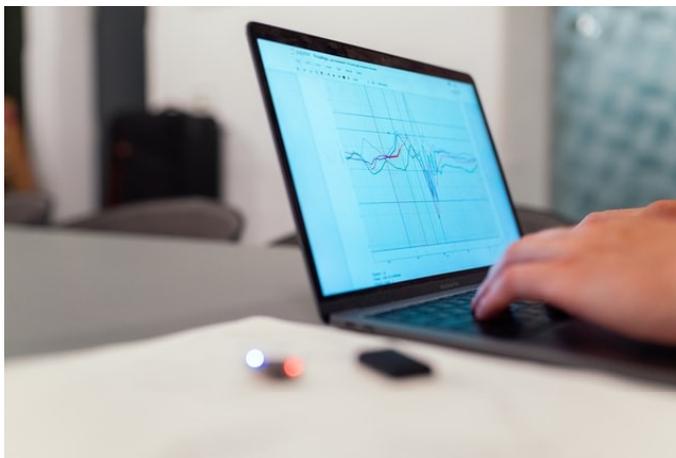


UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




**Comunidad
de Madrid**

Difusión Académica



5 Tesis Doctorales
presentadas

7 Trabajos Fin de
Máster
presentados



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

Laboratorio Tecnología Electrónica

LABTEL



Medios disponibles
Servicios ofertados
Trabajos realizados

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

Medios disponibles y Servicios ofrecidos

71/76

Web de LABTEL: <http://te-urjc.es/labtel/es/>

Idioma:  Language: 

LABTEL

Estructura ▾ Servicios ▾ Trabajos realizados Investigación ▾ Noticias Contacto Cómo llegar



Sobre Labtel

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**

Últimas adquisiciones

- Carga electrónica CC Chroma 63206A. 6kW, 1200V, 240A



- FLUKE 289 con sonda AT 80K-6 (6.000V)



- Sondas de corriente 120MHz, CC/CA 5Arms



- Fuentes CC y multímetros de laboratorio



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



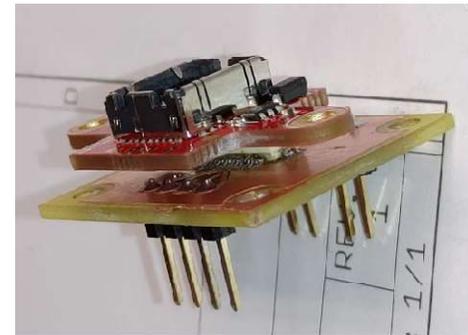
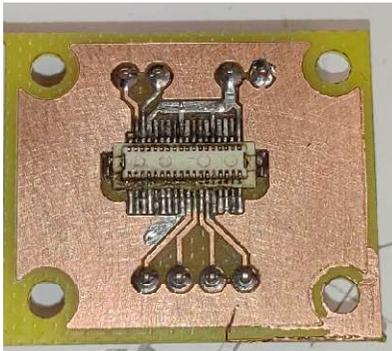
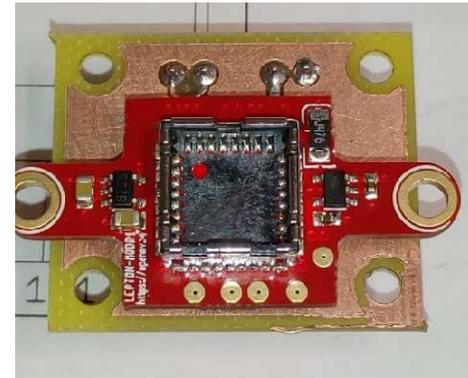
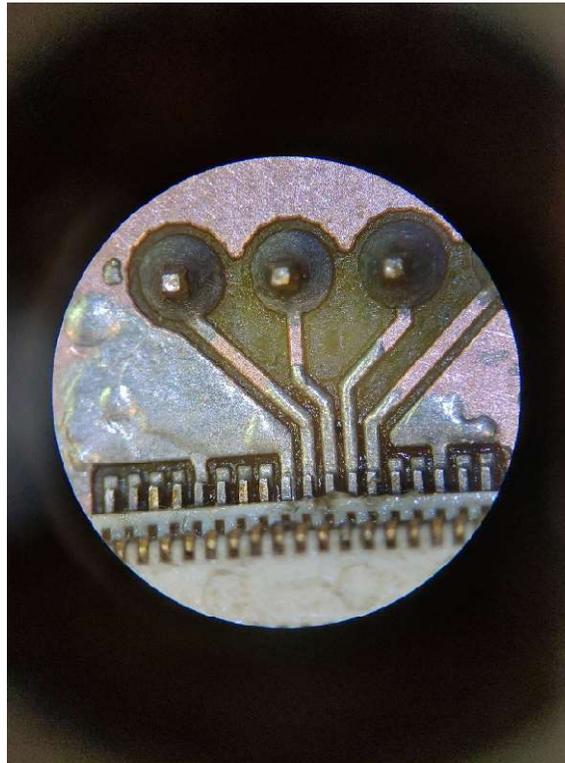
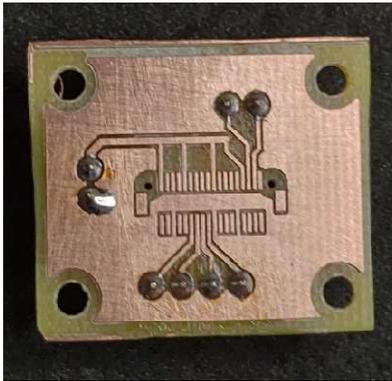
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro



Comunidad
de Madrid

Trabajos realizados

- Placa de conexión para OpenMV FLIR



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



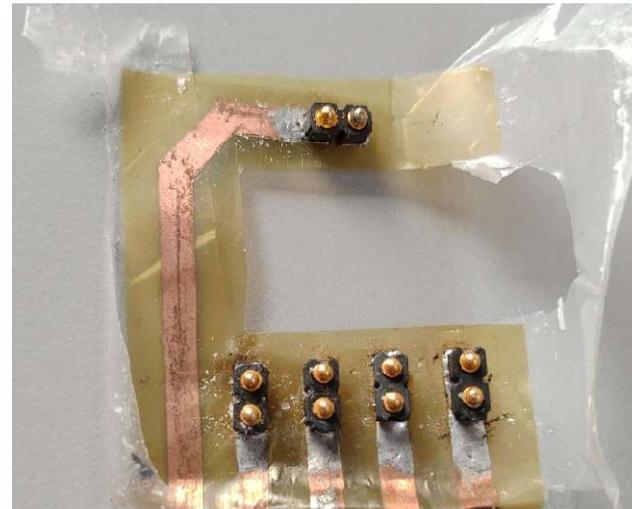
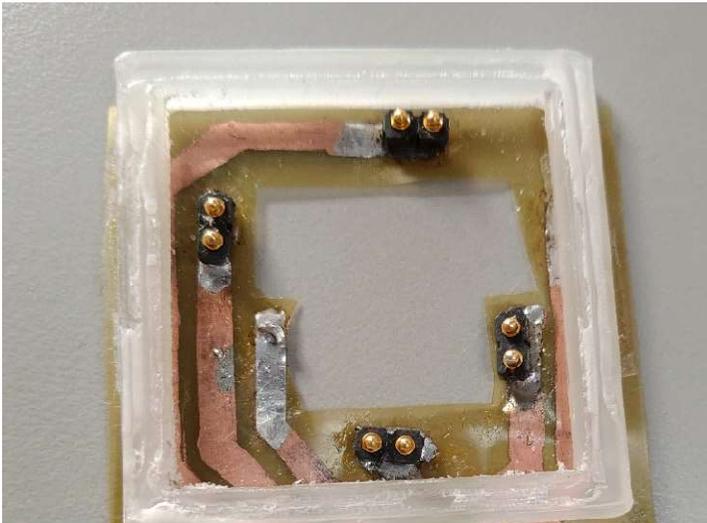
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




Comunidad
de Madrid

Trabajos realizados

- Placas flexibles para medición de células solares



PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTeligentes Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



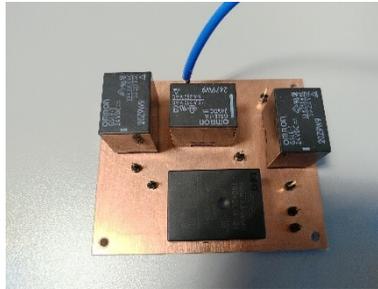
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




Comunidad
de Madrid

Trabajos realizados

- Placas para control de paneles de PLC.



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 POR VUESTRA ASISTENCIA

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**