

Reunión del Subcomité científico-técnico

Grupo GHEODE-UAH

OBJETIVO 5.

APRENDIZAJE MÁQUINA APLICADO A MICRORREDES, VEHÍCULO ELÉCTRICO Y GESTIÓN ENERGÉTICA

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

1. La función de GHEODE en PROMINT
2. La función de la Inteligencia Artificial (IA) y desarrollos del grupo de investigación
3. Trabajos realizados por el grupo
4. Líneas de trabajo actuales
5. 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 5.1. Algoritmos de predicción para recurso renovable**
 - Predicción a corto y largo plazo del nivel de agua en una reserva hidroeléctrica
- **Objetivo 5.2. Algoritmos de optimización para diseño y planificación de Microrredes**
 - Localización y dimensionamiento óptimos de ESSs en líneas de ferrocarril
- **Objetivo 5.3. 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.



Inteligencia Artificial

- **Inteligencia artificial**

- Inteligencia demostrada por máquinas
- Sistemas que perciben su entorno y toman acciones que maximizan las posibilidades de lograr los objetivos

- **Campos de estudio de la IA:**

- **Optimización** → Selección del **mejor elemento** en base a un **criterio**, dentro de un conjunto de posibles candidatos.
- **Aprendizaje de Máquina (ML)** → Estudio y desarrollo de **algoritmos** que pueden **mejorar** su respuesta de forma **automática** a través de la **experiencia** y el uso de **datos**.

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid

UNIÓN EUROPEA
Fondos Estructurales
Invertimos en tu futuro



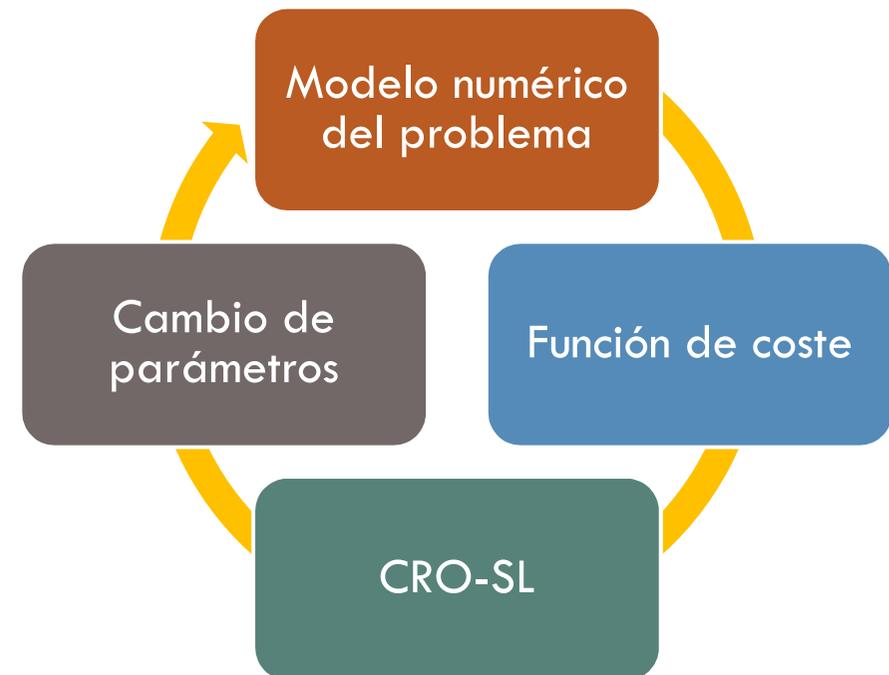
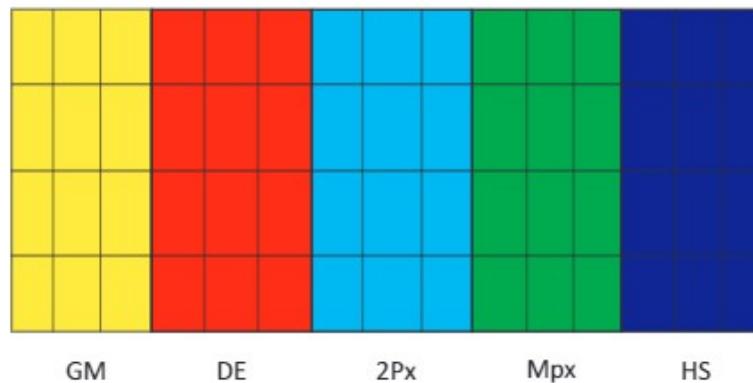
UNIÓN EUROPEA
Fondo Social Europeo
El FSE invierte en tu futuro




**Comunidad
de Madrid**

Inteligencia Artificial: optimización con CRO-SL

- Algoritmo de optimización desarrollado por el Dr. Sancho Salcedo-Sanz (GHEODE - UAH)
- Coral Reefs Optimization with Substrate Layers (CRO-SL)
- Simula los procesos de crecimiento, reproducción y depredación de los corales en un arrecife



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

- El trabajo realizado durante este año ha tenido la siguiente producción científica:
 - 7 publicaciones en revistas científicas con **alto** factor de **impacto**
 - 2 publicaciones en congresos **internacionales**
 - 3 publicaciones en **revisión**

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**

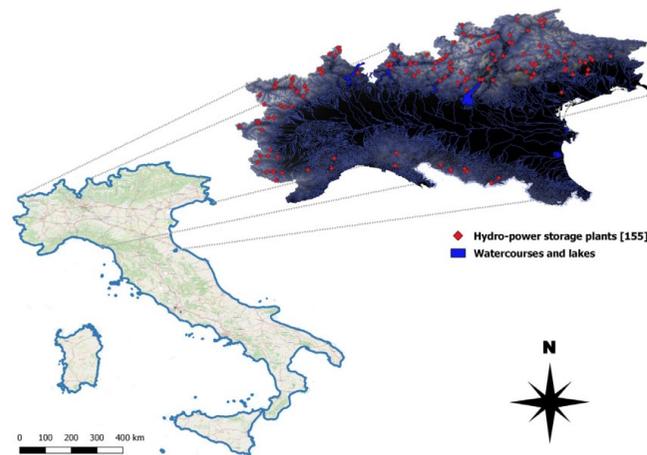
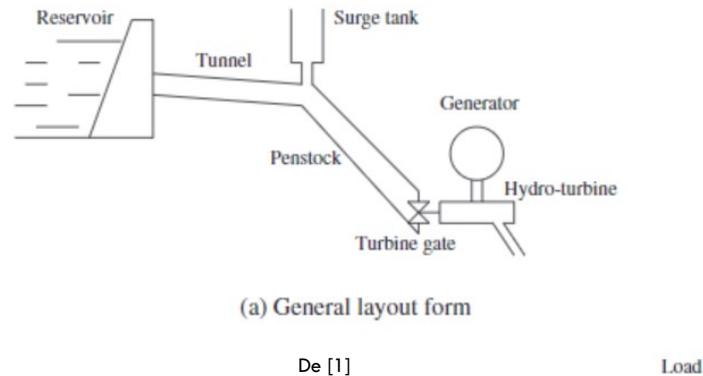


Fig. 1. Distribution of the hydro-power plants and hydrography of Northern Italy.
De [2]

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**.

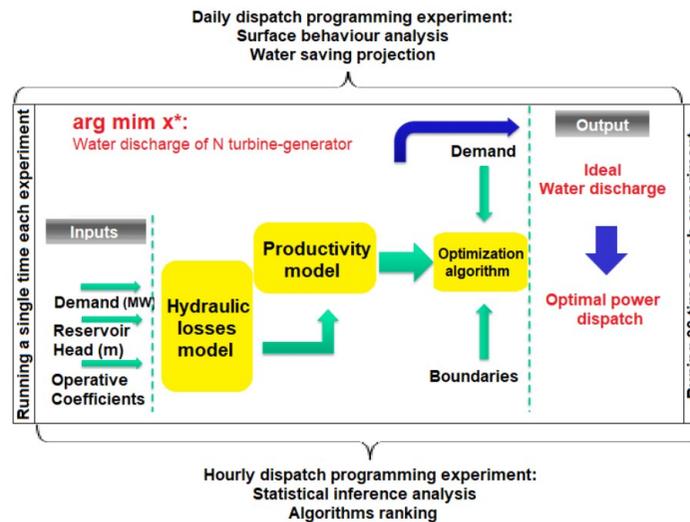
Mejor considerar cada central que el conjunto

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.



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

Problema

Central hidráulica de explotación a corto plazo con sistema de **operación en cascada**

Doble objetivo: 1) **maximizar** la producción de **energía** y 2) **maximizar** el volume de **reserva**

Central hidráulica real situada en Brasil

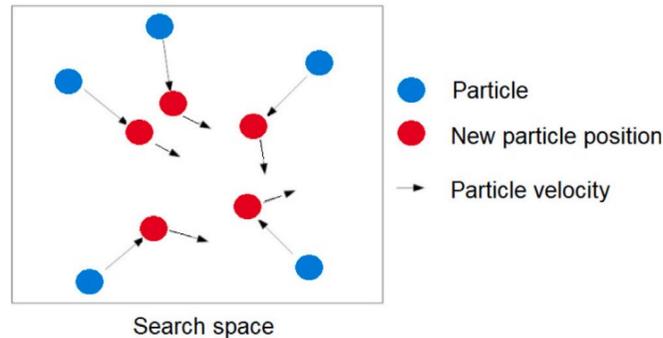
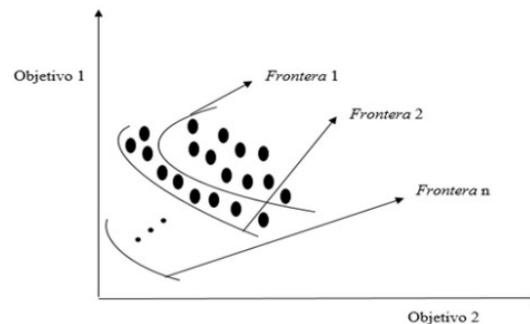


Fig. 1. Swarm with the respective positions and velocities of a given iteration, in a two-dimensional search space.

De [4]



Contribución

Se **propone** el uso de *Multiobjective Evolutionary Swarm Hybridization (MESH) algorithm* y se **combina** con características de **DE**

Se **demuestra** que el uso de **MESH** arroja resultados competitivos **respecto** a los algoritmos **tradicionales**

Se **propone** un **modelo** matemático que permite **evaluar** el sistema y **predecir** el **agua** de reserva

Con los **resultados** mostrados en el trabajo, es posible **generar** un **beneficio** en la planta de **412 500 \$**, evaluado sobre una central en Brasil

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**

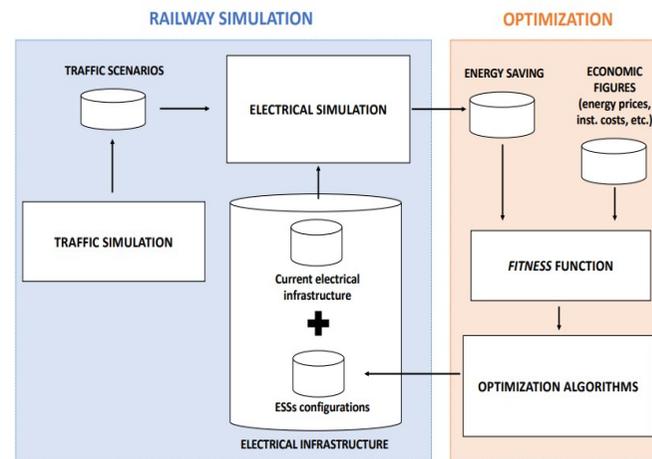


Figure 1. Middleware communicating the railway simulator and the optimization algorithm.

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



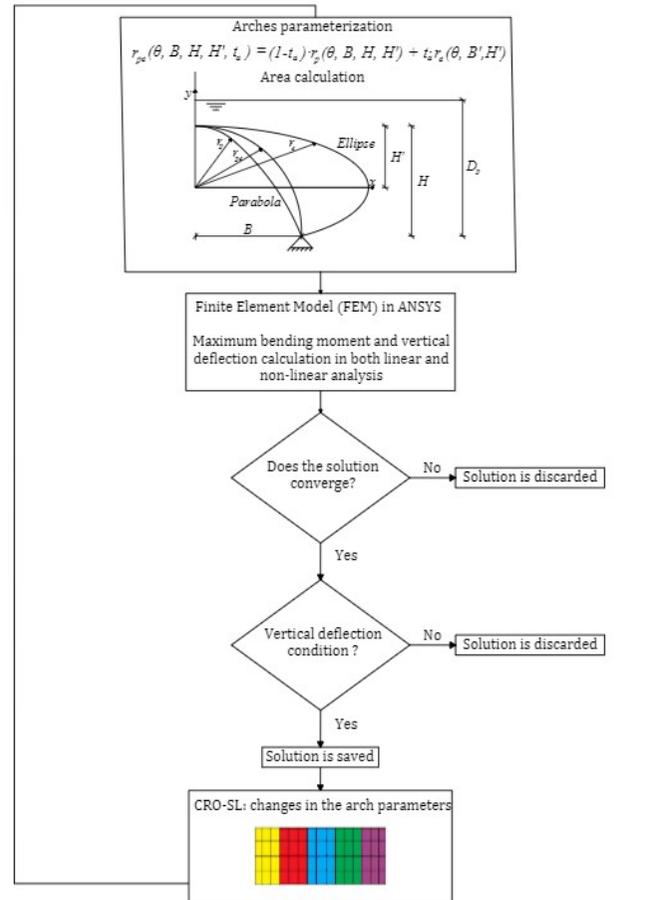
Comunidad de Madrid

Problema

Arcos sumergidos: estructuras curvas que pueden sufrir **grandes esfuerzos**.

Pueden ser **utilizados** para **almacenaje:** baterías, dispositivos de red, etc. y **transporte** de material

Forma **funicular** → **No** sufre esfuerzo por **momento**. En la realidad es **imposible**



De [6]

Contribución

Se propone una **parametrización** que permite abordar el problema de forma **sencilla:** familia de curvas generada a partir de: **parábola** y la **elipse**

Se propone un **diseño** de arco **considerando** no solo el aspecto **estructural** sino también **funcional**

Se considera la **no linealidad geométrica** del arco.
Se utiliza **CRO-SL** para optimizar

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

Líneas de trabajo actuales

- **Objetivo principal** → 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 un nuevo CRO-SL → competición entre los sustratos para hacerse con más espacio del arrecife
- Resultados prometedores respecto a otros algoritmos de 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**

- Objetivo principal → Desarrollo de nuevos algoritmos de optimización que permitan abordar problemas energéticos de forma más eficiente
- Para evaluar en rendimiento de los algoritmos → IEEE Competition
 - *Emerging heuristic optimization algorithms for operational planning of sustainable electrical power systems*
 - a) Objetivo: minimizar el coste de combustible de los generadores tradicionales, el coste de incertidumbre debido previsto para los generadores renovables: coste operativo debido a las variabilidades de los recursos energéticos primarios y el coste de compensación de cargas controlables
 - b) Minimizar el coste de combustible de los generadores tradicionales, el coste de incertidumbre debido previsto para los generadores renovables y el esperado de los costes de incertidumbre de los vehículos eléctricos

$$\text{Score} = \frac{1}{31} \sum_{i=1}^{31} f_{best,i}$$



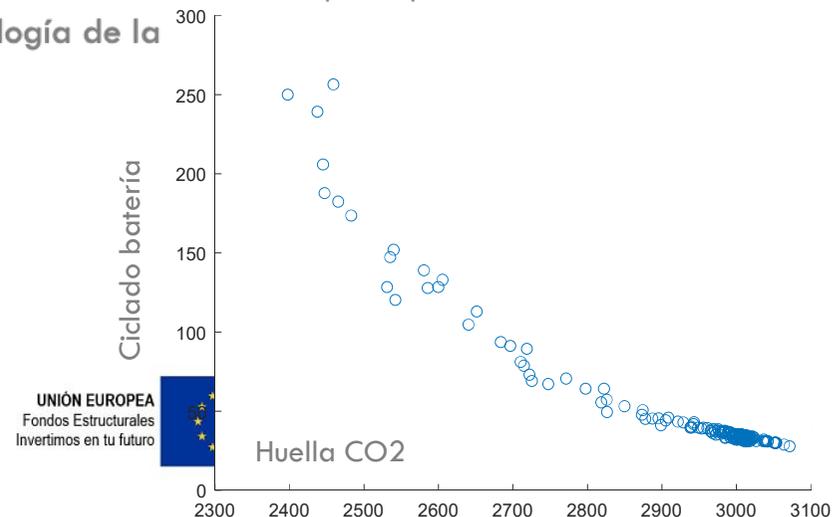
- Objetivo principal → Desarrollo de nuevos algoritmos de optimización que permitan abordar la programación óptima de cargas y descargas de VE con la consideración de la huella de CO2.
- Para evaluar en rendimiento de los algoritmos
 - Se evalúa el impacto en carbono de consumir la energía demandada:
 - Si la demanda es satisfecha con la red, la huella es elevada (la correspondiente al mix energético español)
 - Si la demanda es satisfecha con energía de la batería, la huella es intermedia.
(se calcula con la huella de la fabricación de la batería, según su tecnología y capacidad)
 - Si la demanda es satisfecha con la generación (en este caso FV) entonces la huella es pequeña.
 - El algoritmo elige el *scheduling* de carga de la batería (esto es el individuo), y evalúa la procedencia de la cobertura de la demanda y el desgaste (envejecimiento) de la batería que supone

A y β dependen de la tecnología de la batería

$$D = \sum_{i=0}^N AD_i^\beta$$

PROMINT-CM

PROgrama Microrredes INTELIGENTES Comunidad de Madrid



Líneas de trabajo futuras

Table 4
Account of optimization methods studied in literature survey.

Optimization category	Method of optimization	Optimization objectives	Year of publication
ACS	Ant colony algorithm	Achieving the minimum power loss and increment load balance factor of radial distribution networks with distributed generators [113]	Jul-10
EA	Differential evolutionary algorithm	Planned scheduling based on emission load dispatch and cost [55]	Feb-12
GA	Niching evolutionary algorithm (NEA).	Minimizing overall cost and emissions [56]	Jul-12
	Non-dominated sorting genetic algorithm (NSGA-II)	to increase reliability by reducing LPSP of the PV-WT-BESS system [114]	Apr-12
Genetic algorithm		minimize COE and emissions [65]	Jan-10
		Minimize power generation cost and to maximize life of lead-acid batteries [5]	Apr-13
		Optimize the LCE [63]	Sep-11
		Minimizing cost of system for PV-WT system with LPSP as constraint [15]	May-08
HM	Genetic algorithm with linear program (GALP)	To determine the optimal capacity and operations of a VRB energy storage system [58]	Oct-11
	Chaotic quantum genetic algorithm	Economic dispatch problems for distribution [57]	Jul-12
	Modified ϵ -constraint method	To minimize total operation cost and emissions [64]	Jun-13
	Quasi-Newton algorithm	To decide the optimal combination for HRES while minimizing LCE [17]	Jul-07
PSO	An original hardware-in-the loop (HIL) solution	Optimization of the frequency control mechanism of autonomous microgrid with battery ESS [61]	May-12
	Particle swarm optimization for designing	Optimal design of LC filter and its controlling parameters in Autonomous and Grid-Connected Modes [41]; to reduce costs in planning with ϵ -constraint method [42]	Mar-11; Jan-14
	Particle swarm optimization for sizing	To find optimal sites and corresponding sizes of renewable resources – to reduce the power loss in the radial distribution systems [45]; hybrid PSO with GSA for multi-distributed planning [90]	Jul-05; Apr-13
	Particle swarm optimization for control	To control flow of active and reactive power with power sharing b/w grid n utility highlighted under variable load conditions [52]	Feb-13
	Particle swarm optimization for regulation	Voltage and frequency regulation, steady state response, harmonic distortion analysis and power sharing are the main performance parameters optimized for grid-connected mode [51,31]	May-12 and June-13
SA	Particle swarm optimization and genetic algorithm	To find optimal sites and corresponding sizes of renewable resources – for autonomous operation [46]	Jan-14
	2 m Point Estimate Method (2m PEM) with self adaptive modification PSO method (SAM- θ -PSO)	To consider the uncertainties in cost minimization for renewable microgrids with storage devices [54]	Apr-13
	Hybrid PSO with Wavelet Mutation (HPSOWM) and Binary PSO (BPSO)	Minimize the system real power losses and the deviation of the bus voltage [22]	Jun-10
Software tool	Optimization using HOMER	To obtain optimal generator setting and battery charge-discharge schedules [115]	Mar-93
HYBRID2		Minimizing COE [83]	Jul-05
		9-different RES scenarios compared based on NPC of system [74]	Aug-11
	General algebraic modeling System (GAMS) software	Four different compared based on minimum NPC [75]	Mar-12
		A two-objective optimization function (profit maximization and cost minimization) for a integrated wind and CAES [63]	Oct-12
		To smooth the net power flow injected to the grid with a flywheel-based energy storage device [19]	May-13
		Minimization of the total thermal generation costs in islanded MG with ESS [57]	May-13
		Reducing size of renewable DG by designing and simulating a HESS based HRES [116]	Aug-04

De [7]

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

Referencias

- [1] Kishor, Nand, R.P. Saini, and S.P. Singh. "A Review on Hydropower Plant Models and Control". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11, no. 5 (June 2007): 776–96. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.06.003>.
- [2] Condemí, C., D. Casillas-Pérez, L. Mastroeni, S. Jiménez-Fernández, and S. Salcedo-Sanz. 'Hydro-Power Production Capacity Prediction Based on Machine Learning Regression Techniques'. *Knowledge-Based Systems* 222 (June 2021): 107012. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2021.107012>.
- [3] Marcelino, C.G.; Camacho-Gómez, C.; Jiménez-Fernández, S.; Salcedo-Sanz, S. Optimal Generation Scheduling in Hydro-Power Plants with the Coral Reefs Optimization Algorithm. *Energies* 2021, 14, 2443. <https://doi.org/10.3390/en14092443>
- [4] Marcelino, C.G., G.M.C. Leite, C.A.D.M. Delgado, L.B. de Oliveira, E.F. Wanner, S. Jiménez-Fernández, and S. Salcedo-Sanz. 'An Efficient Multi-Objective Evolutionary Approach for Solving the Operation of Multi-Reservoir System Scheduling in Hydro-Power Plants'. *Expert Systems with Applications* 185 (December 2021): 115638. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115638>.
- [5] Roch-Dupré, David, Carlos Camacho-Gómez, Asunción P. Cucala, Silvia Jiménez-Fernández, Álvaro López-López, Antonio Portilla-Figueras, Ramón R. Pecharromán, Antonio Fernández-Cardador, and Sancho Salcedo-Sanz. 'Optimal Location and Sizing of Energy Storage Systems in DC-Electrified Railway Lines Using a Coral Reefs Optimization Algorithm with Substrate Layers'. *Energies* 14, no. 16 (5 August 2021): 4753. <https://doi.org/10.3390/en14164753>.
- [6] Pérez-Aracil, Jorge, Carlos Camacho-Gómez, Alejandro Mateo Hernández-Díaz, Emiliano Pereira, and Sancho Salcedo-Sanz. 'Optimum Shape Design of Geometrically Nonlinear Submerged Arches Using the Coral Reefs Optimization with Substrate Layers Algorithm'. *Applied Sciences* 11, no. 13 (24 June 2021): 5862. <https://doi.org/10.3390/app11135862>.
- [7] De: Fathima, A. Hina, and K. Palanisamy. "Optimization in Microgrids with Hybrid Energy Systems – A Review". *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 45 (May 2015): 431–46. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.059>.

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





Gracias

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**