



VII CONGRESO  
**SMART GRIDS**  
Madrid, 16 diciembre 2020

# **MICRORREDES COOPERATIVAS CON FUNCIONALIDADES AVANZADAS: FLEXIBILIDAD Y RESILENCIA (PROYECTO IMPROVEMENT)**

*Dr. Félix Garcia-Torres*

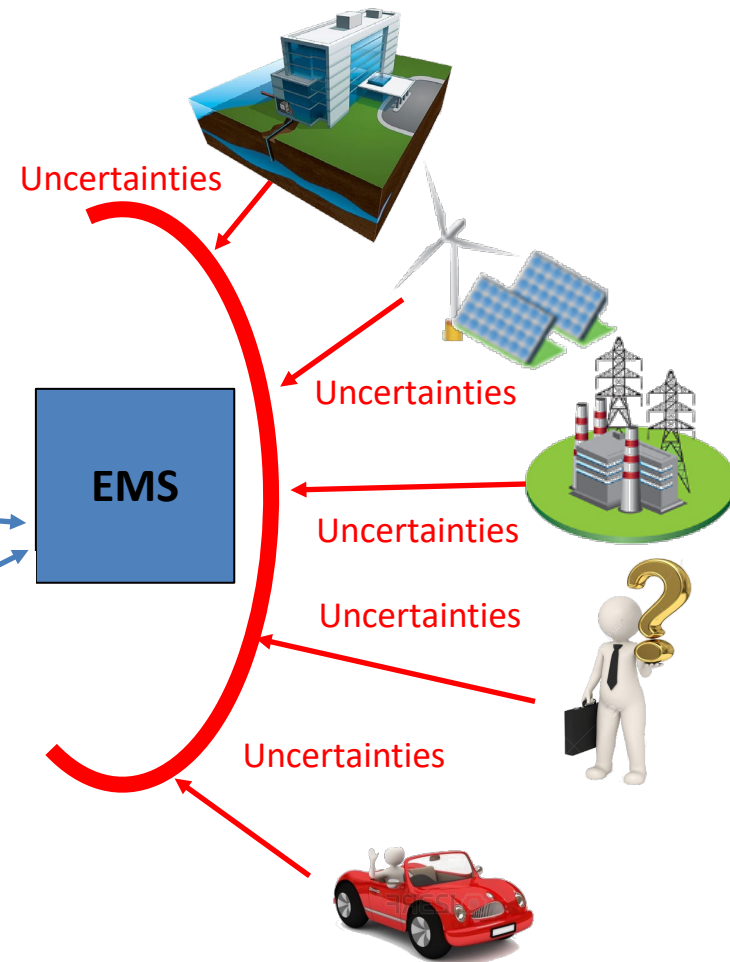
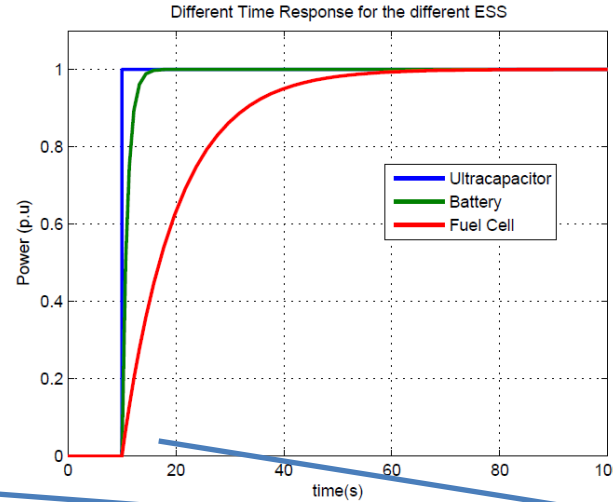
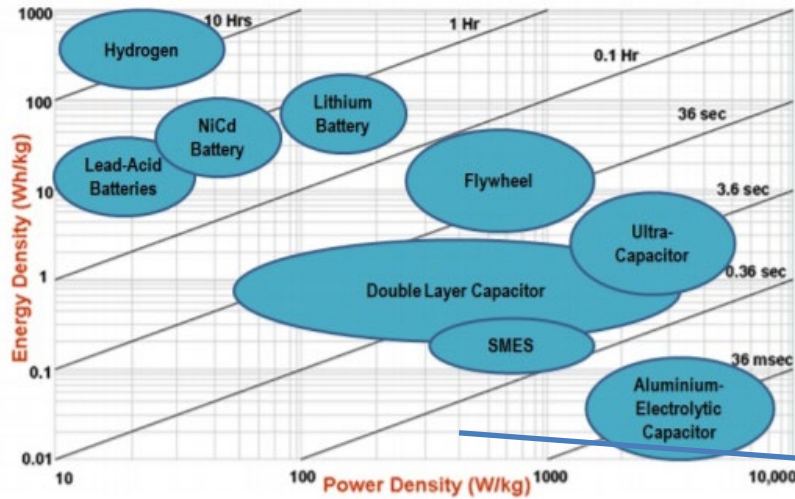
*Responsable de Laboratorio de Microrredes*

*Centro Nacional del Hidrógeno*

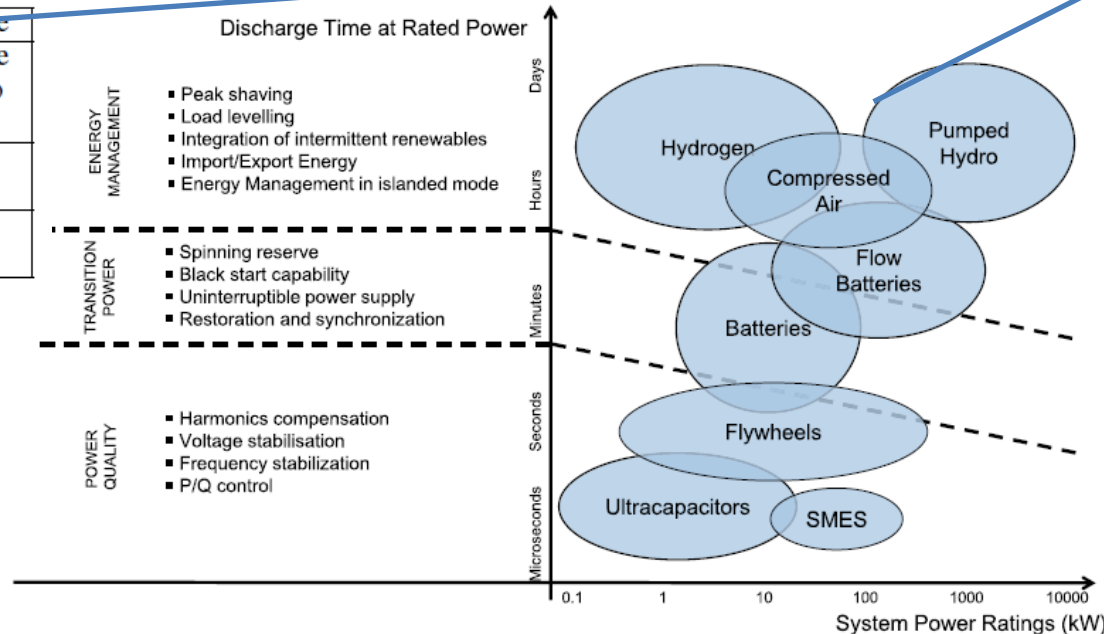
# MICRORREDES EN ENTORNOS CON CARGAS CRÍTICAS

- En determinados entornos pérdidas en la calidad y continuidad del suministro puede conllevar algo más que pérdidas económicas. Debido a razones sanitarias en hospitales, por consideraciones científicas en centros tecnológicos y universidades, por condiciones de defensa en instalaciones militares o por seguridad y vigilancia en estaciones de transporte y aeropuertos, **la resiliencia de sistema suministro eléctrico adquiere una especial relevancia.**
- El equipamiento de este tipo de instalaciones es altamente sensible a problemas de **calidad de suministro**. El **espacio disponible** para la instalación de almacenamiento puede ser otro de los **condicionantes críticos**.
- El proyecto **Interreg SUDOE IMPROVEMENT** se centra en la reconversión de este tipo de instalaciones a **ZEB mediante el uso de microrredes combinadas de calor, frío y electricidad, con almacenamiento híbrido de energía y control activo del neutro.**
- La extensión y elevado consumo de este tipo de instalaciones hace que probablemente la solución venga dada por **varias microrredes interconectadas**.
- Pese a ser dedicado a diversos usos, la propiedad de estas instalaciones en muchos casos pertenece a una **misma entidad pública**.

# MICRORREDES CON ALMACENAMIENTO HÍBRIDO

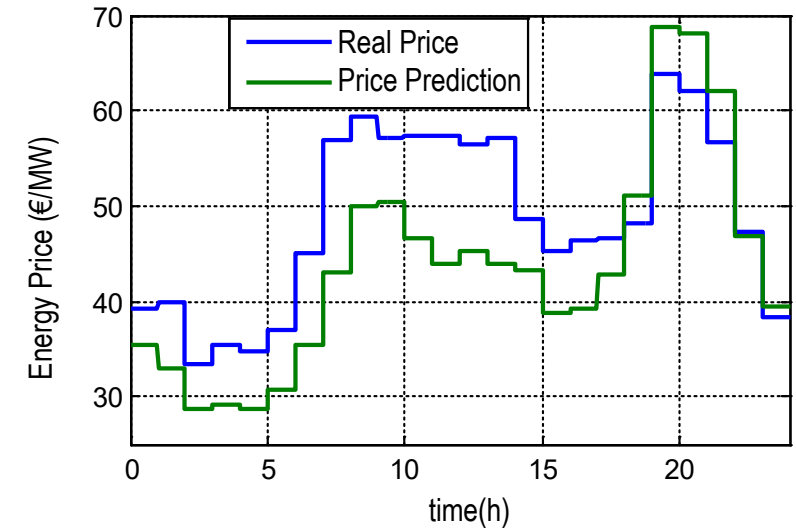
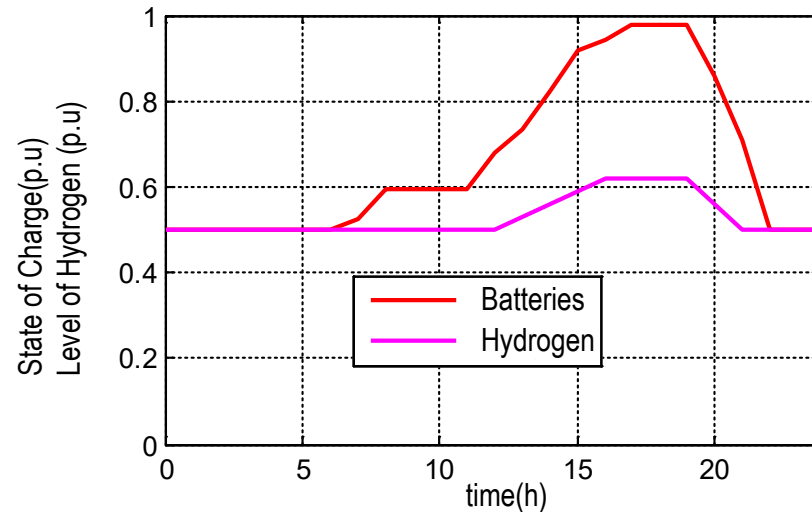
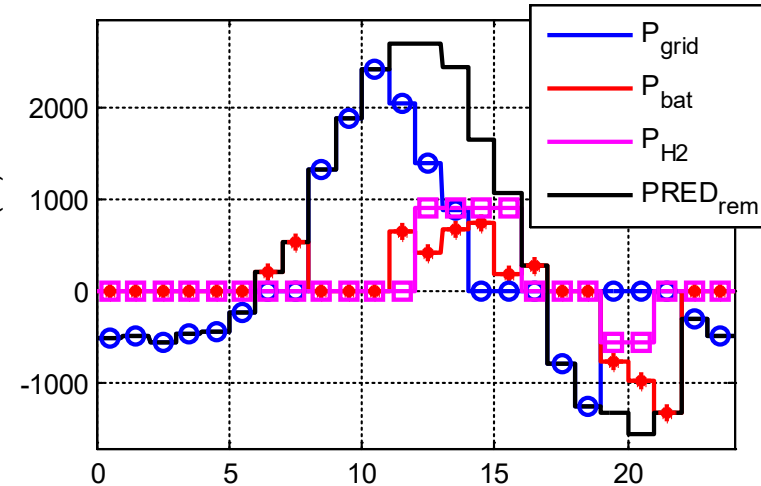
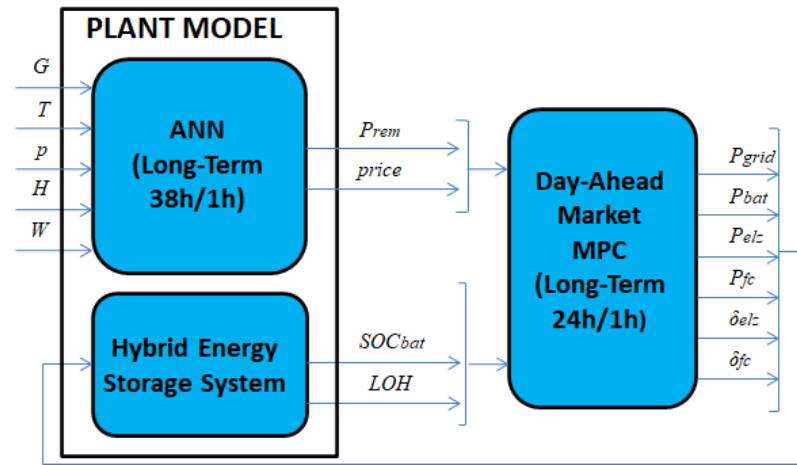


| Energy Storage System   | Degradation Issues                             |
|-------------------------|--|
| Ultracapacitors         | Overcharge, Undercharge                        |
| Batteries               | Overcharge, Undercharge                        |
| <b>Lifetime: Cycles</b> | High stress current ratio<br>AC Current Ripple |
| Electrolyzer            | Fluctuations of current                        |
| <b>Lifetime: Hours</b>  | Start/Stop Cycles                              |
| Fuel Cell               | Fluctuations of current                        |
| <b>Lifetime: Hours</b>  | Start/Stop Cycles                              |



# PARTICIPACIÓN EN EL MERCADO DIARIO

- Maximiza el **beneficio económico** del intercambio de energía con la red eléctrica
- Minimiza el **número de horas de funcionamiento** del ciclo de hidrogeno, así como las **fluctuaciones** de carga y **número de arranques y paradas**
- **Minimiza la corriente y ciclos de las baterías**
- Respetar los límites de cada uno de los sistemas de almacenamiento



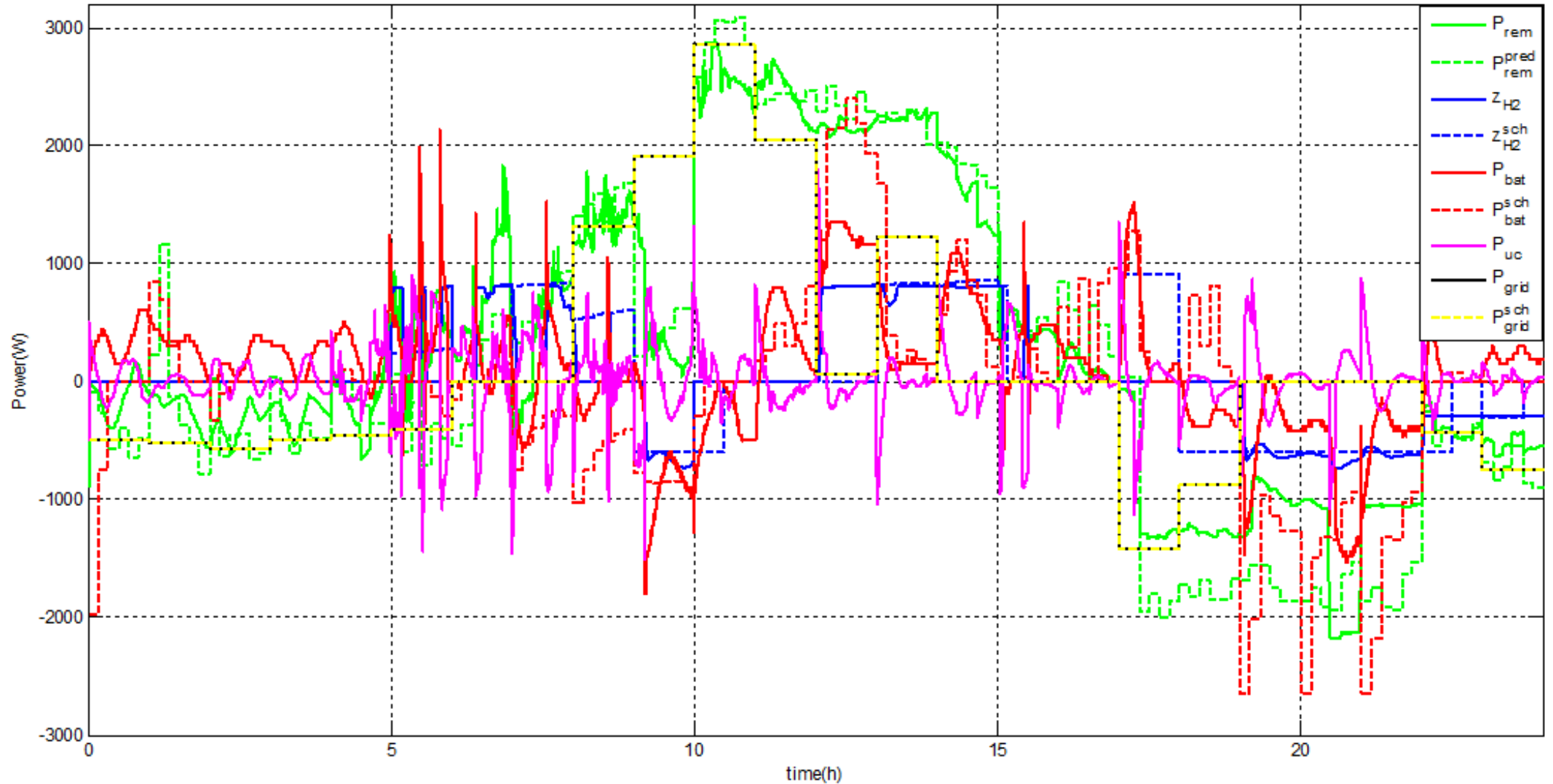
# REPARTO OPTIMO DE POTENCIA

Day-Ahead Market MPC  
(38 h/ $T_s=1h$ )

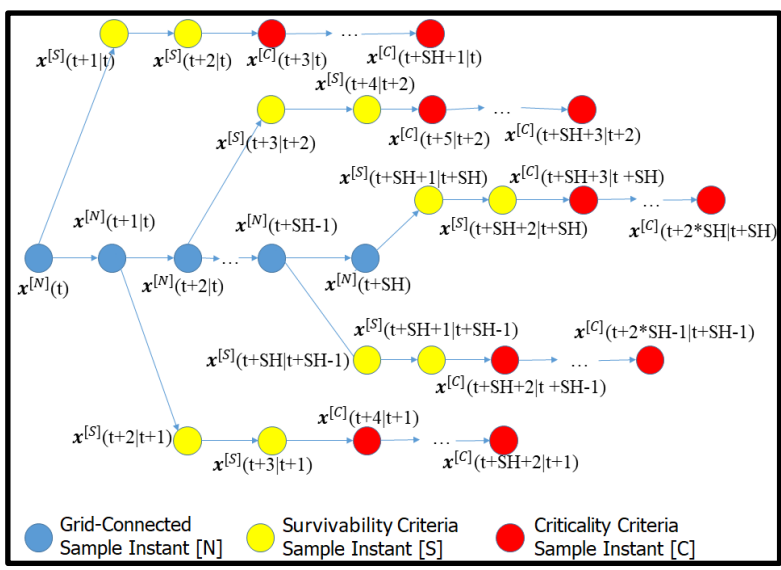
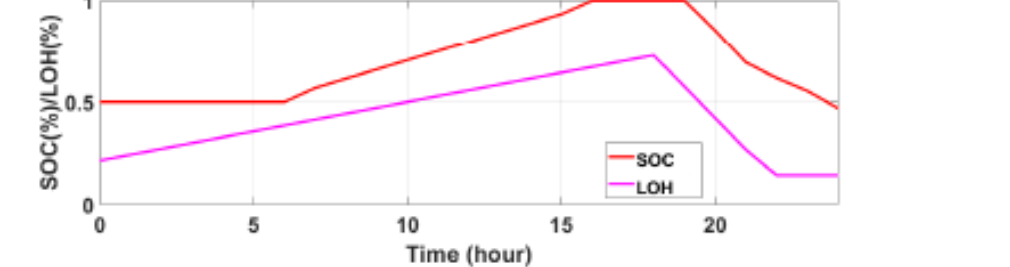
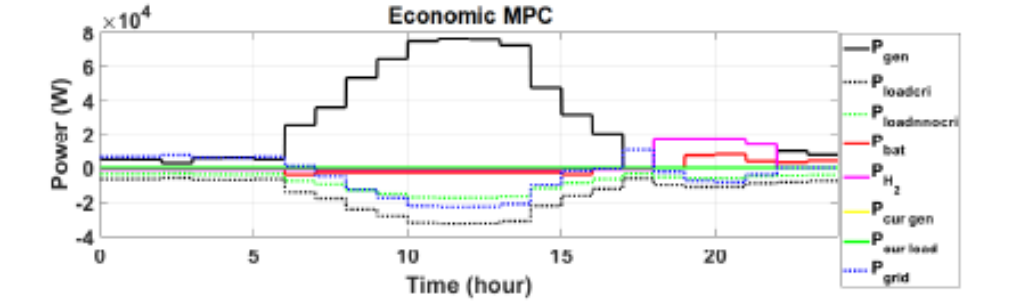
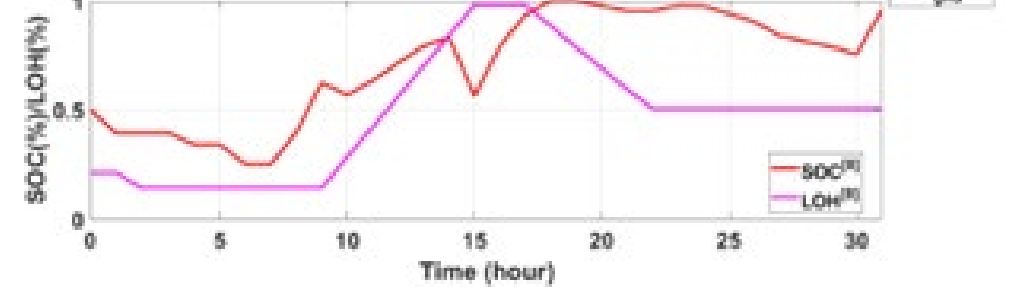
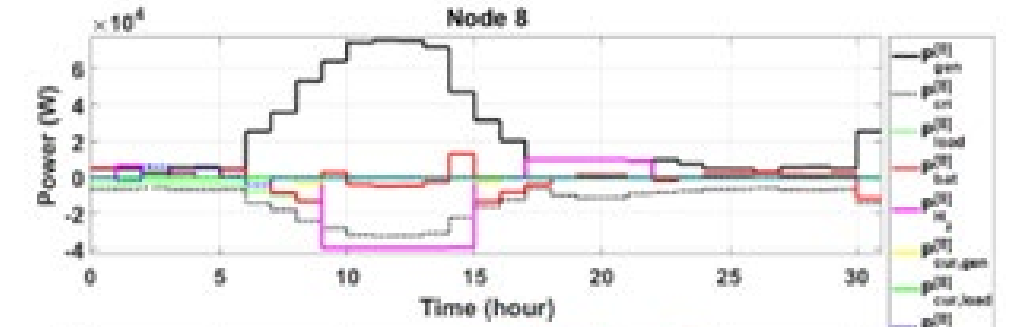
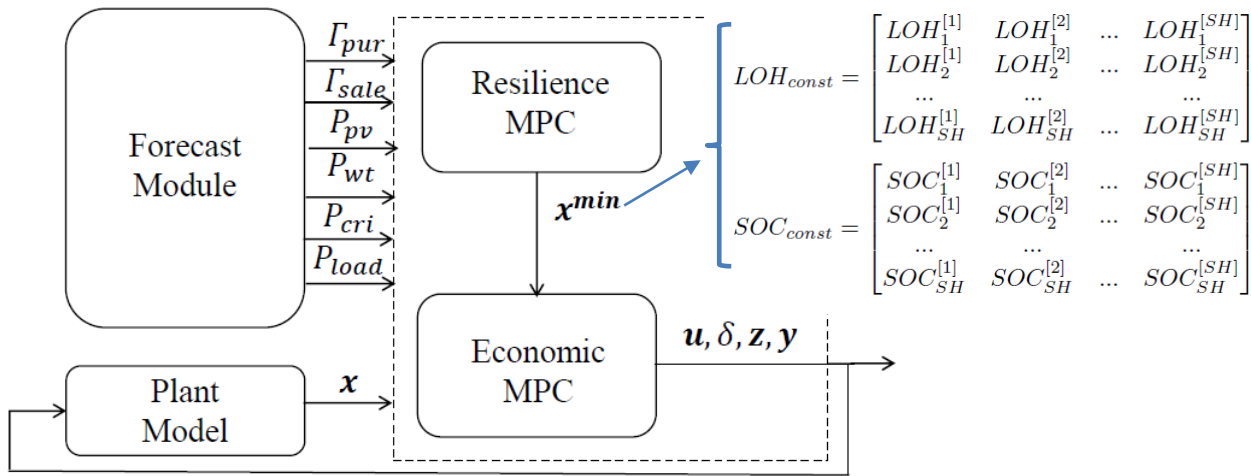
Intraday Market MPC  
(32-12h/ $T_s=1h$ )

Regulation Service MPC  
(3h/ $T_s=10min$ )

Optimal Load Sharing MPC  
(15s/ $T_s=1s$ )



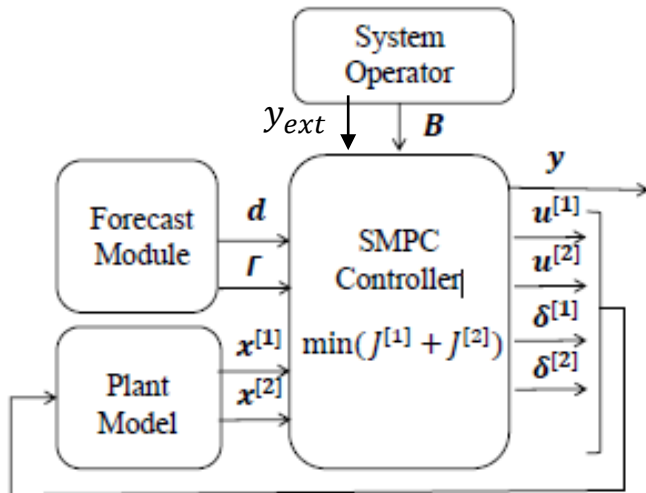
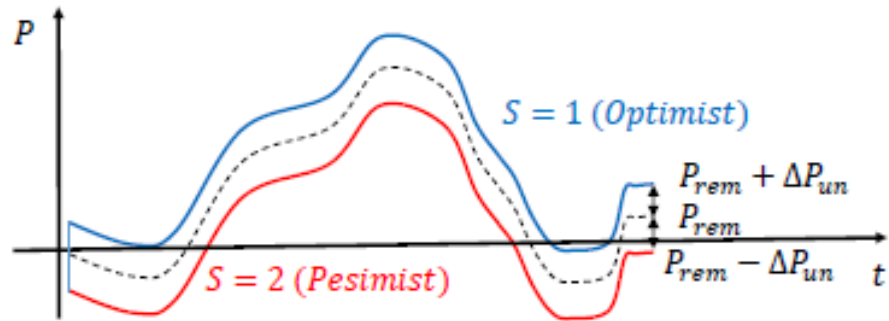
# GESTIÓN DE LA RESILIENCIA



| Hour | LOH_{cri(s)} | LOH_{min} | SOC_{cri(s)} | SOC_{min} |
|------|--------------|-----------|--------------|-----------|
| 1    | 24.29%       | 24.29%    | 50%          | 50%       |
| 2    | 27.14%       | 27.14%    | 50%          | 50%       |
| 3    | 30%          | 30%       | 50%          | 50%       |
| 4    | 32.86%       | 32.86%    | 50%          | 50%       |
| 5    | 35.71%       | 35.71%    | 50%          | 50%       |
| 6    | 38.57%       | 38.57%    | 50%          | 50%       |
| 7    | 41.43%       | 41.43%    | 56.82%       | 56.82%    |
| 8    | 44.29%       | 44.29%    | 61.38%       | 61.38%    |
| 9    | 47.14%       | 47.14%    | 65.94%       | 65.94%    |
| 10   | 50%          | 50%       | 70.5%        | 70.5%     |
| 11   | 52.86%       | 52.86%    | 75.06%       | 75.06%    |
| 12   | 55.71%       | 55.71%    | 79.62%       | 79.62%    |
| 13   | 58.57%       | 58.57%    | 84.18%       | 84.18%    |
| 14   | 61.43%       | 61.43%    | 88.74%       | 88.74%    |
| 15   | 64.29%       | 64.29%    | 93.3%        | 93.3%     |
| 16   | 67.14%       | 67.14%    | 100%         | 100%      |
| 17   | 70%          | 70%       | 100%         | 100%      |
| 18   | 72.29%       | 72.86%    | 100%         | 100%      |
| 19   | 57.51%       | 57.51%    | 97.84%       | 100%      |
| 20   | 42.16%       | 42.16%    | 85.41%       | 85.41%    |
| 21   | 26.82%       | 26.82%    | 62.91%       | 69.41%    |
| 22   | 14.3%        | 14.3%     | 53.44%       | 61.88%    |
| 23   | 14.3%        | 14.3%     | 47.1%        | 55.34%    |
| 24   | 14.3%        | 14.3%     | 46.93%       | 46.93%    |



# INTEGRACIÓN DE INCERTIDUMBRE Y FLEXIBILIDAD



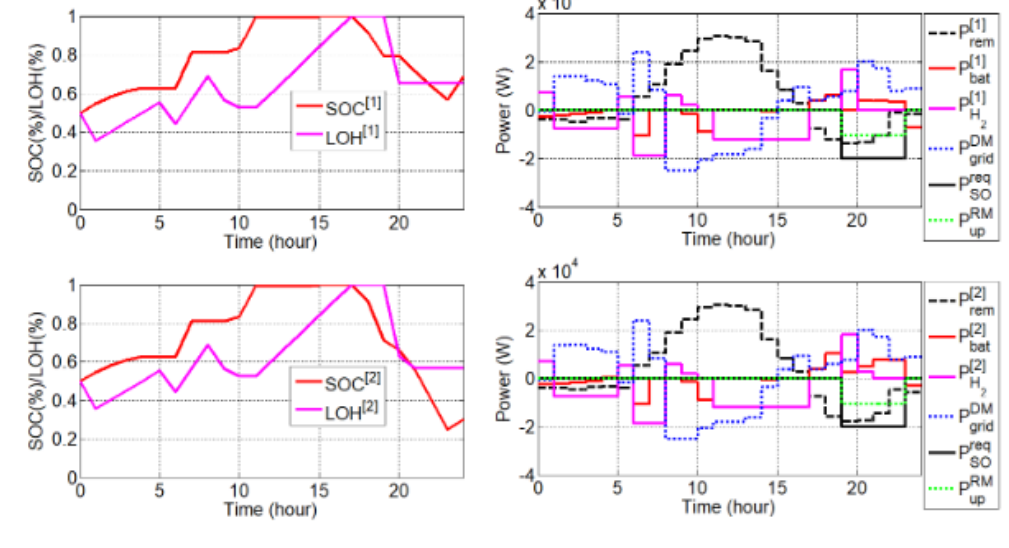
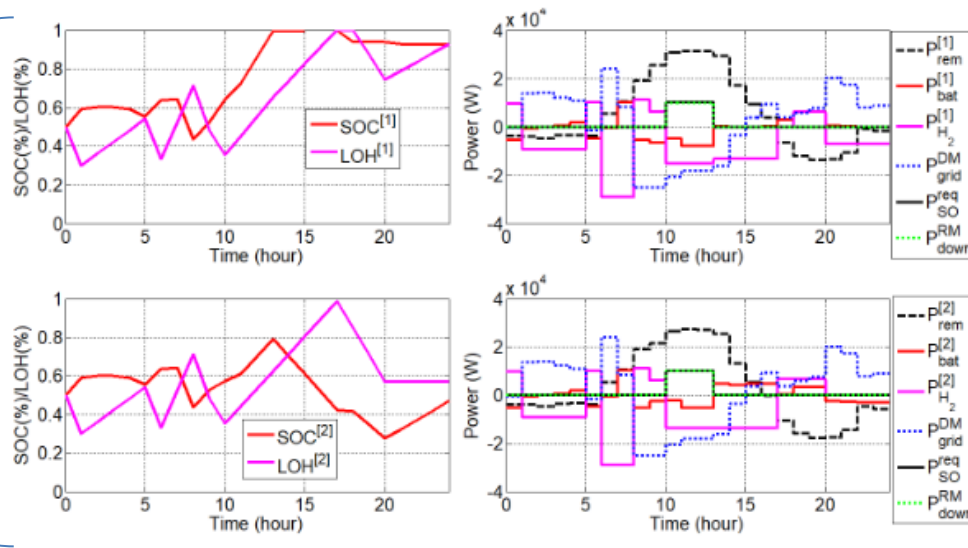
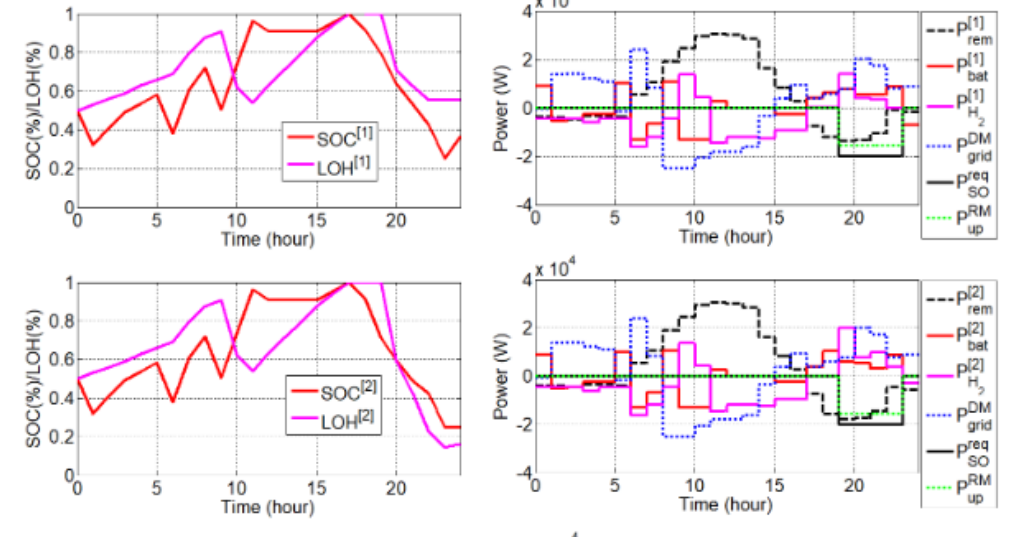
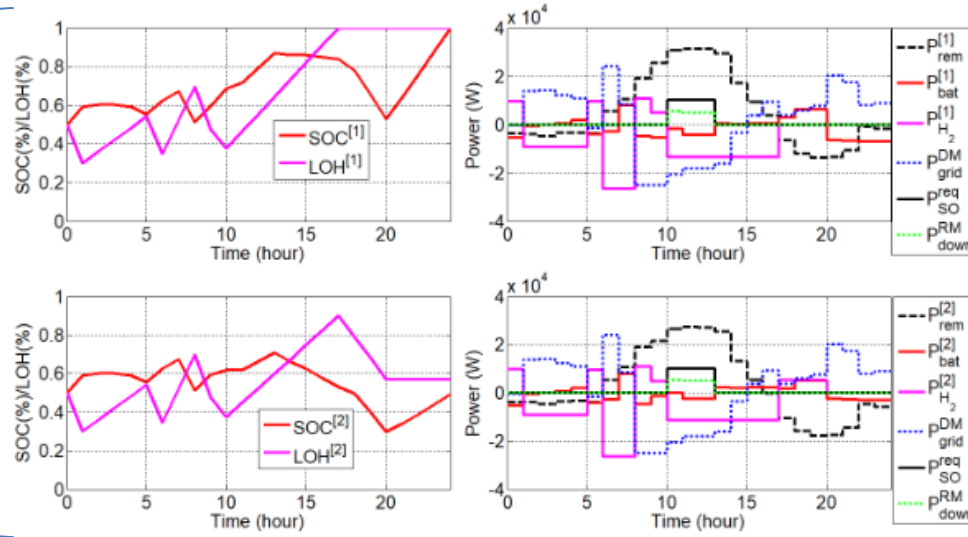
$$J_{ext} = J_{int} + w_{ext}(y - y_{ext})^2$$

$$J_{int}(u_{ext}, \delta_{ext}) - J_{int}(u_{int}, \delta_{int}) \leq B_{ext}$$

- La optimización de la microrred está sujeta a un **grado de incertidumbre en los algoritmos de predicción de energía renovable y consumo de cargas**. Sin embargo, la participación de la microrred en los mercados eléctricos impone un compromiso de intercambio de energía con la red eléctrica que ha de ser cumplido con independencia del escenario de energía ( $y = P_{grid}(t)$ )
- La funcionalidad de flexibilidad integrada en el EMS de la microrred permite **intercambiar el perfil más próximo de energía al requerido por un agente externo restringido al beneficio obtenido por la microrred**.

# INTEGRACIÓN DE INCERTIDUMBRE Y FLEXIBILIDAD

Servicios de flexibilidad cuando el beneficio ofrecido **no cubre los gastos de replanificación**



Servicios de flexibilidad cuando el beneficio ofrecido cubre los gastos de replanificación

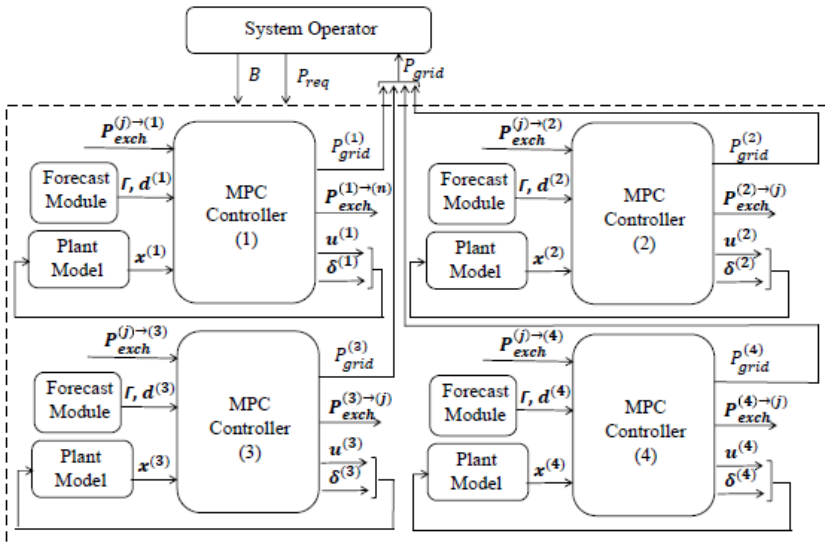
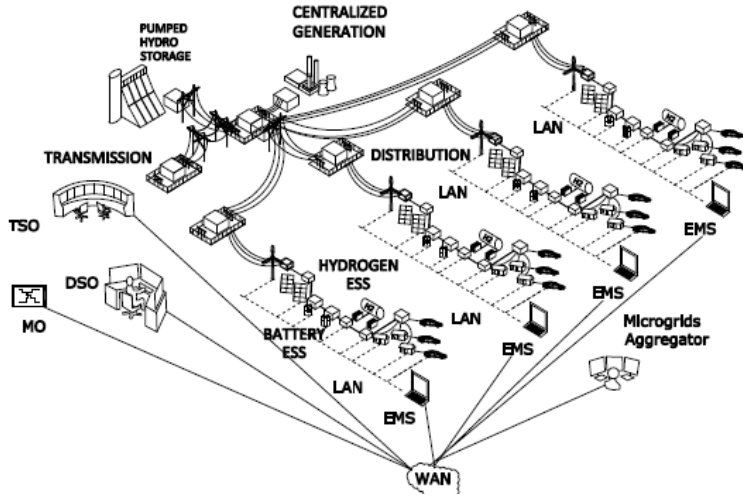


# MICRORREDES COOPERATIVAS

- El funcionamiento de varias microrredes interconectadas que optimizan la energía de manera cooperativa puede suponer **un grado más de flexibilidad en la red** eléctrica.

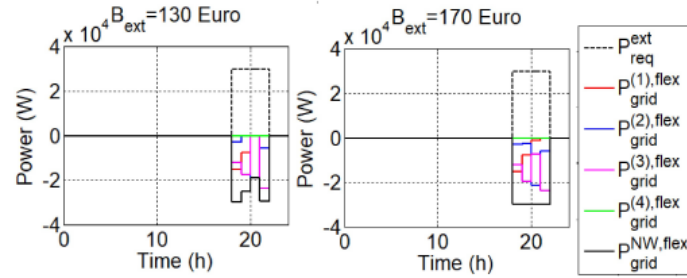
- $J_{global}^{int} = \sum_{\forall \alpha \in \mathcal{N}} J_{local}^{int, \alpha}$ . Se formula el problema de **manera descentralizada optimizando las microrredes por pare**  $\max (\sum_{i=\alpha, \beta} J_{local}^{int, i} (u_{global}, \delta_{global}) - J_{local}^{int, i} (u_{local}, \delta_{local}))$ .

- De la misma forma que **para una única microrred se ha desarrollado la funcionalidad de servicios de flexibilidad para de microrredes cooperativas**. En este caso, el beneficio total se divide en varias cantidad unitarias  $B_u$ .

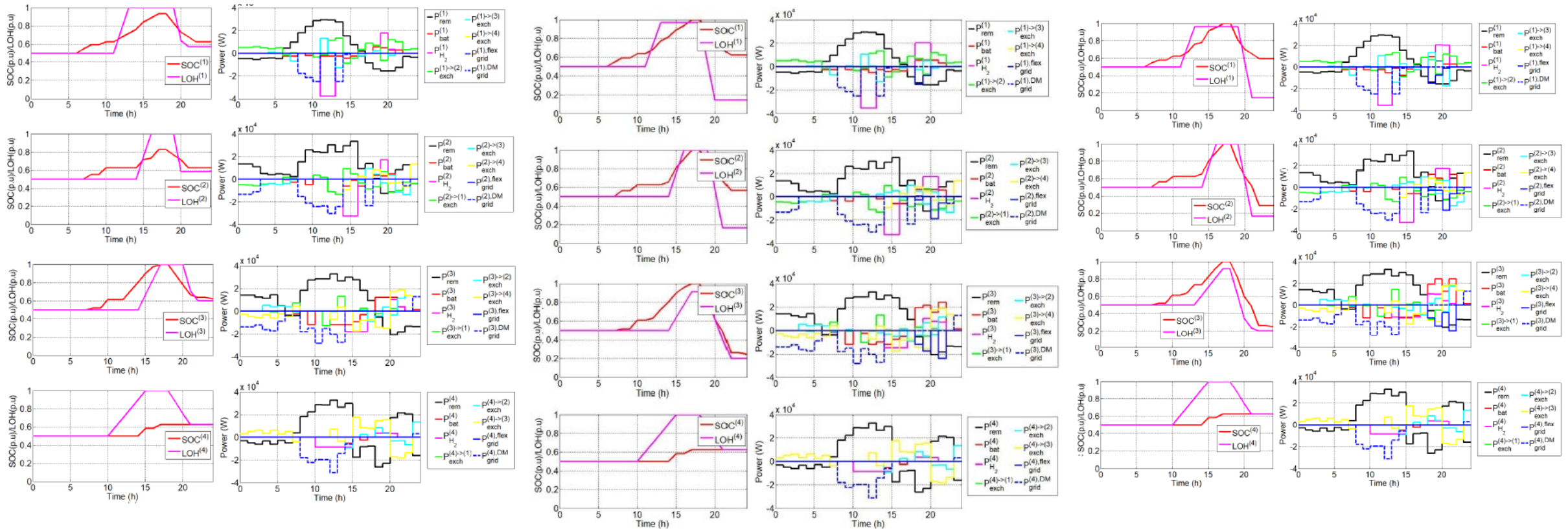


# MICRORREDES COOPERATIVAS

| ITER | (1,2)        | (1,3)       | (1,4) | (2,3)       | (2,4)         | (3,4) |
|------|--------------|-------------|-------|-------------|---------------|-------|
| II   | 34.99        | 15.10       | 19.99 | 25.38       | 41.67         | 57.06 |
| III  | <b>34.99</b> | 0.09        | 9.22  | 10.37       | 13.94         | 0     |
| IV   | 0            | 0           | 1.19  | 13.52       | <b>17.08</b>  | 0     |
| V    | 0            | 0           | 0.26  | <b>1.29</b> | 0.30          | 0     |
| VI   | 0            | <b>2.64</b> | 0.26  | 0           | 0.19          | 0     |
| VII  | 0            | 0           | 0.25  | 0           | <b>0.33</b>   | 0     |
| VIII | 0            | 0           | 0     | 0           | <b>0.0004</b> | 0     |
| IX   | 0            | 0           | 0     | <b>1.36</b> | 0             | 0     |
| X    | 0            | 0           | 0     | 0           | 0             | 0     |



| $B_{ext}(\text{€})$ | $J^{(1)}(\text{€})$ | $J^{(2)}(\text{€})$ | $J^{(3)}(\text{€})$ | $J^{(4)}(\text{€})$ | $J_{NW}(\text{€})$ |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| 130                 | 24.49               | 26.53               | 73.10               | 3.47                | 127.60             |
| 170                 | 27.41               | 56.47               | 79.83               | 3.47                | 167.20             |



B=130 €

B=170 €

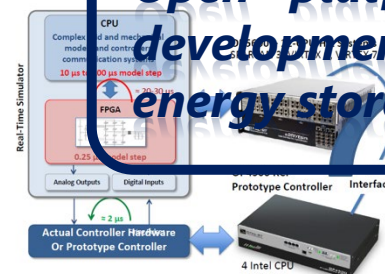


# CONCLUSIONES

- La metodología MPC se presenta como una herramienta de gran potencial no sólo para el desarrollo de funcionalidades avanzadas para microrredes sino para solventar los **problemas de optimización que la descarbonización de las Smart Grids traerá consigo**.
- Futuros desarrollos estarán basados en técnicas de **optimización power-to-x (calor, frío, hidrogeno, amoniaco, etc.)**, **gestión de calidad de suministro mediante técnicas de control predictivo** aplicada a los equipos de electrónica de potencia de la microrred (electrónica de potencia P-HIL), **optimización a gran escala de microrredes, integración optimización de energía activa y reactiva**.



**Open platform for the development of hybrid energy storage solutions**





# VII CONGRESO **SMART GRIDS** Madrid, 16 diciembre 2020

Felix Garcia-Torres, Javier Tobajas, Jesús Martín y Emilio Nieto

[felix.garcia@cnh2.es](mailto:felix.garcia@cnh2.es)

[www.cnh2.es](http://www.cnh2.es)

