

APLICACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES A LA AGRICULTURA INTENSIVA



Gestión energética en entornos productivos agrícolas con apoyo de energías renovables

Almería, 29 de noviembre 2016

Datos del proyecto



Estrategias de control y gestión energética en entornos productivos con apoyo de energías renovables

ENERPRO

DPI2014-56364-C2-1-R

- Financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad
- Proyecto Coordinado



- Duración de 3 años (2015-2017)
- Financiación: 145.700 €
- Continuación del proyecto POWER

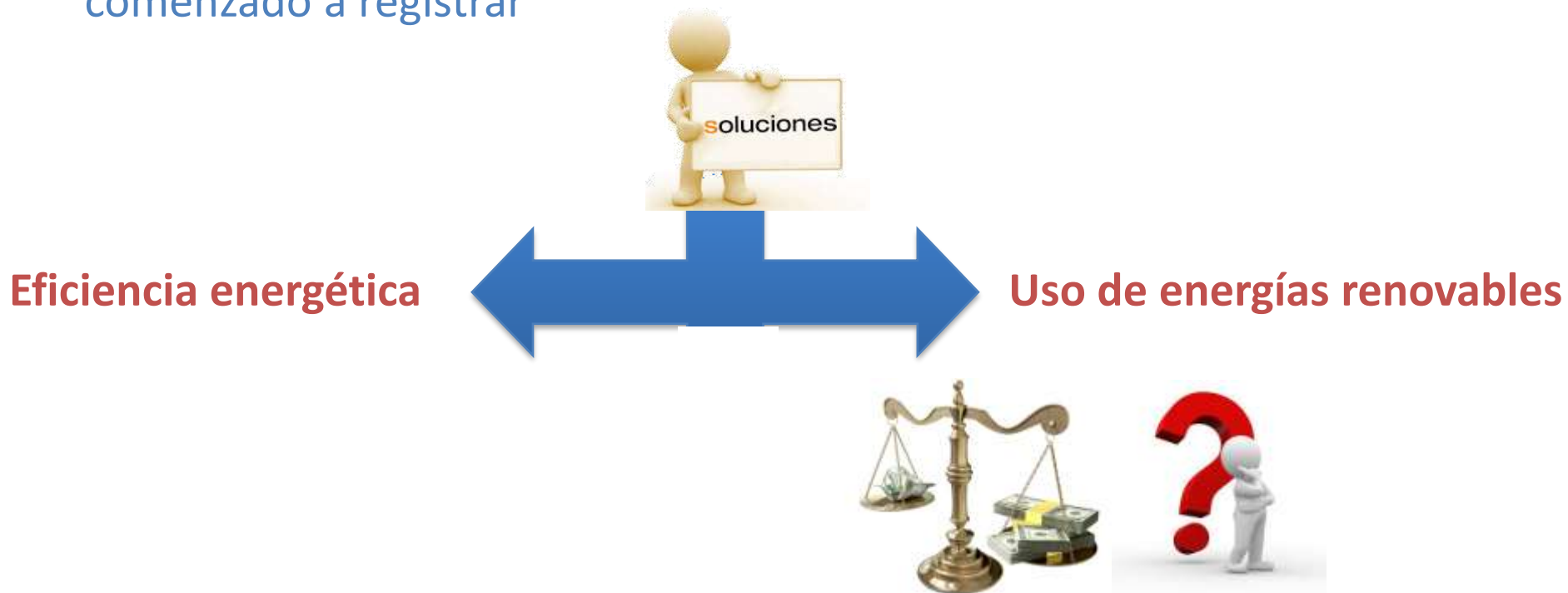


Técnicas de Control Predictivo para la Gestión Eficiente de Micro-redes de Energías Renovables
Predictive cOntrol techniques for efficient management of reneWable Energy micro-gRids.
(POWER)

DPI2010-21589-C05

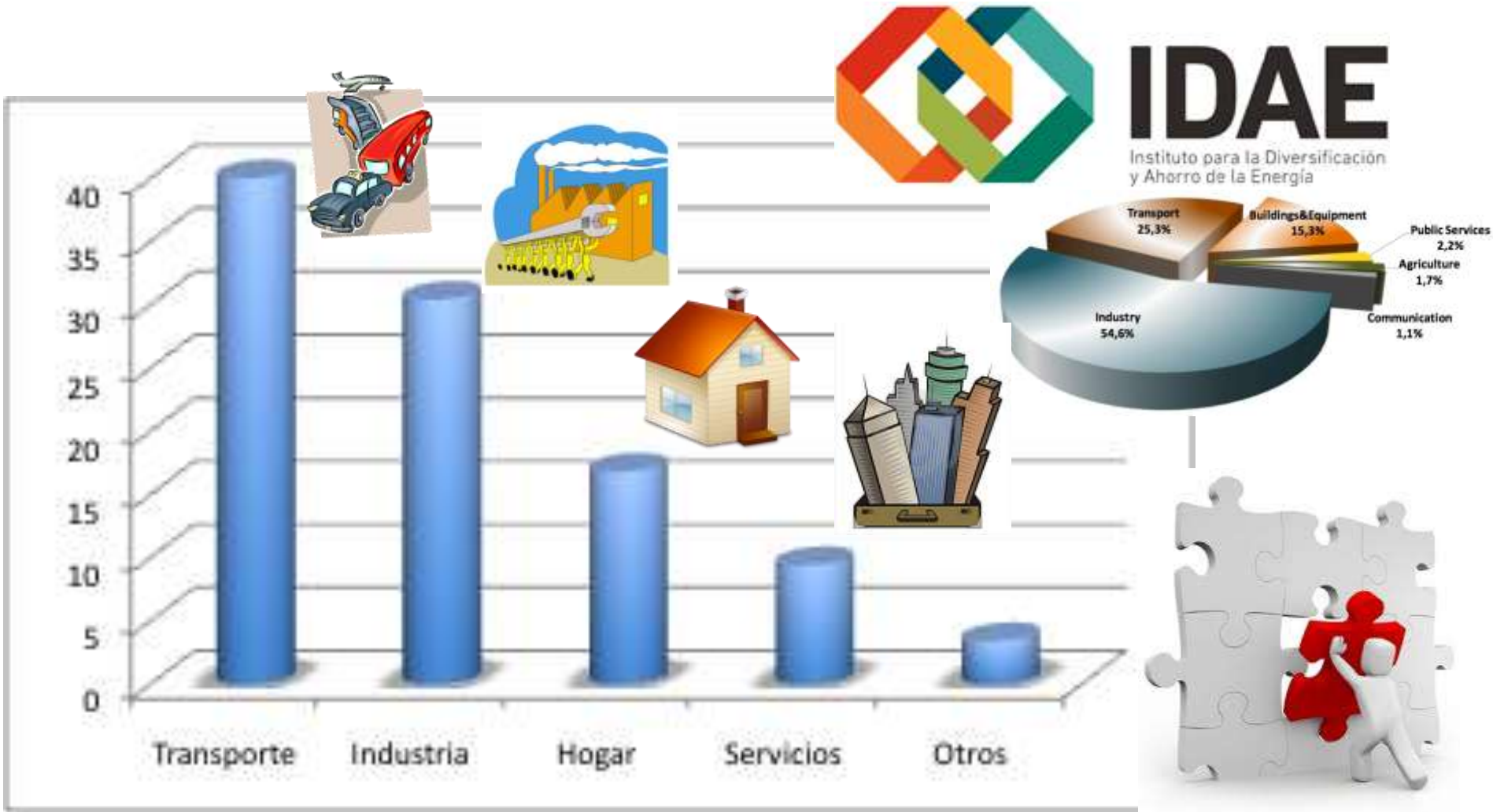
Motivación del proyecto

- En los próximos 25 años el sector energético a nivel mundial precisará unas inversiones del orden de 20 millones de millones de dólares (60 % al sector eléctrico para atender a la demanda).
- El medioambiente se ha convertido en una de las máximas preocupaciones mundiales debido a los cambios medibles que se han comenzado a registrar



Motivación del proyecto

El consumo de energía final por sectores en España



Motivación del proyecto

**Plantas y
recursos
heterogéneos**



Otros como CO₂





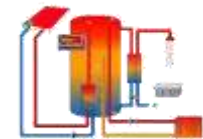
Motivación del proyecto



Recursos

Plantas

Fuentes recursos

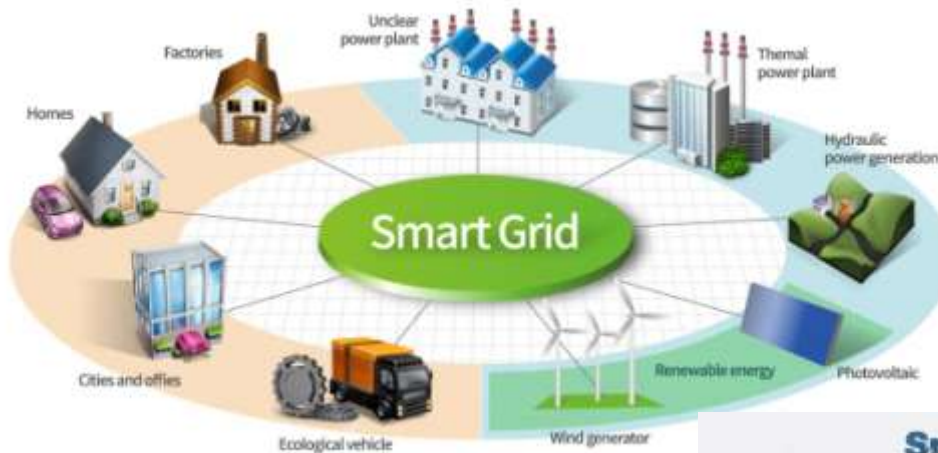


Almacenamiento



Objetivo del proyecto

Diseñar estrategias de gestión para tratar de forma integral y coordinada el manejo de los citados recursos heterogéneos con un enfoque basado en la eficiencia y la economía utilizando técnicas de control automático



INTERNET of THINGS



INDUSTRY 4.0

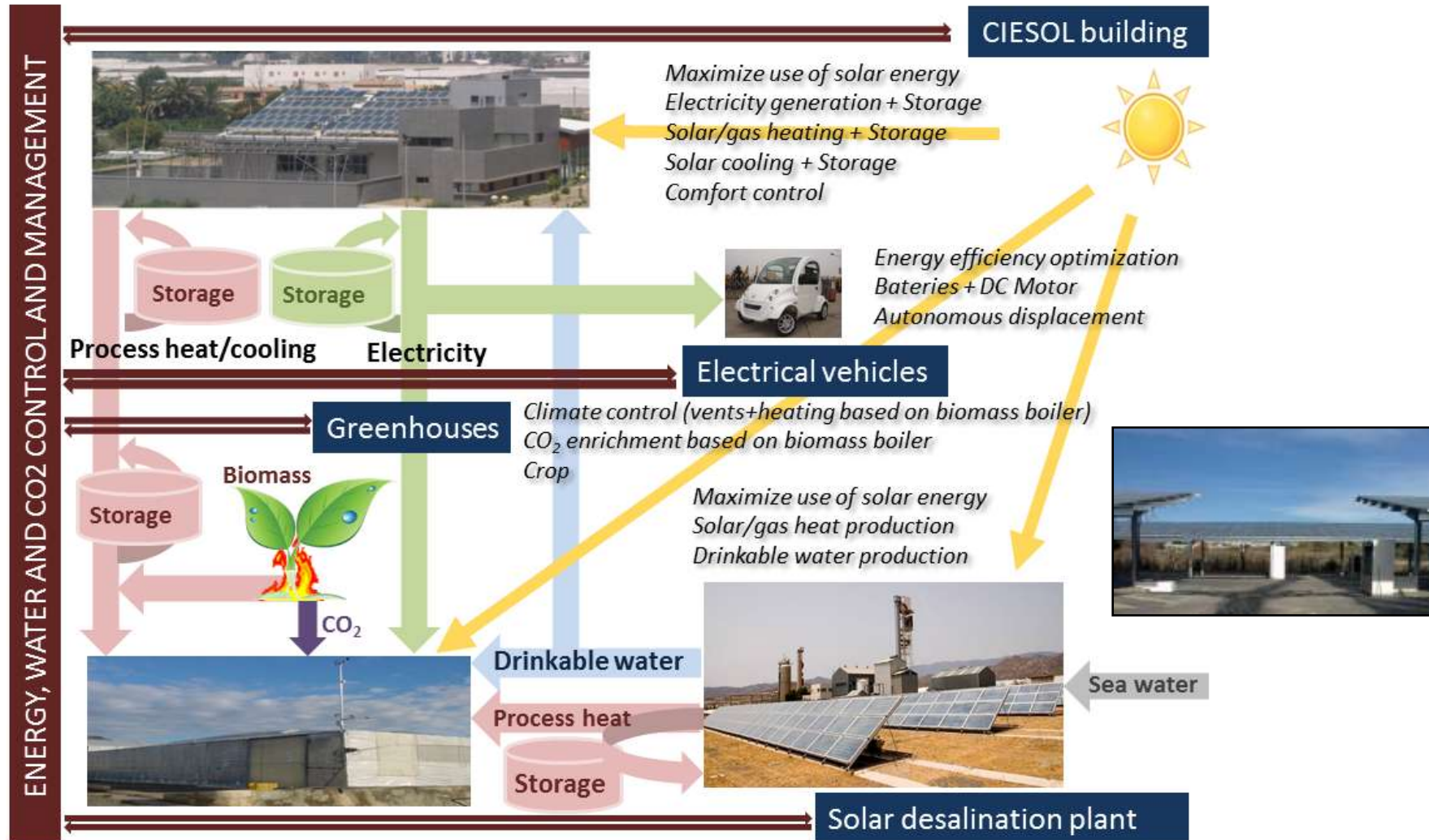


Objetivo del proyecto



- Desarrollo de **metodologías para la obtención de modelos de procesos** que contengan fuentes de energías renovables para producir/consumir calor y frío de proceso, electricidad, agua y CO₂. Desarrollo de estimadores y predictores de las etapas de generación y demanda.
- Desarrollo de **estrategias de gestión y control** jerárquico, híbrido y predictivo para conseguir optimizar la producción desde los puntos de vista económico, de seguridad y de uso de energía y agua en sistemas heterogéneos, con un enfoque coordinado e integral.
- **Implementación y validación** de las estrategias en un sistema productivo de demostración consistente en plantas **con diferentes demandas** en generación, distribución y uso de los recursos disponibles

Plantas de ensayo en entorno agrícola



Plantas de ensayo en entorno agrícola





Propuestas



Objetivos a conseguir en cada planta

Invernadero

Control del crecimiento de cultivos

mediante

- Control de las variables climáticas
- Control de fertirrigación

Edificio

Control de confort

mediante

- Control de temperatura
- Control de CO₂
- Control de iluminación

Vehículo

Control de trayectoria

mediante

- Control de dirección
- Control de tracción (velocidad)



Arquitecturas de control jerárquico multinivel y multicapa



Propuestas



Invernadero

Control del crecimiento de cultivos

además de

- Maximizando beneficios
- Minimizando energía
- Maximizando el uso de renovables
- Maximizando calidad
- Uso eficiente de agua

Edificio

Control de confort

además de

- Minimizando energía
- Maximizando el uso de renovables
- Maximizar la amigabilidad de las cargas a la red
- Minimizar pico de demanda

Vehículo

Control de trayectoria

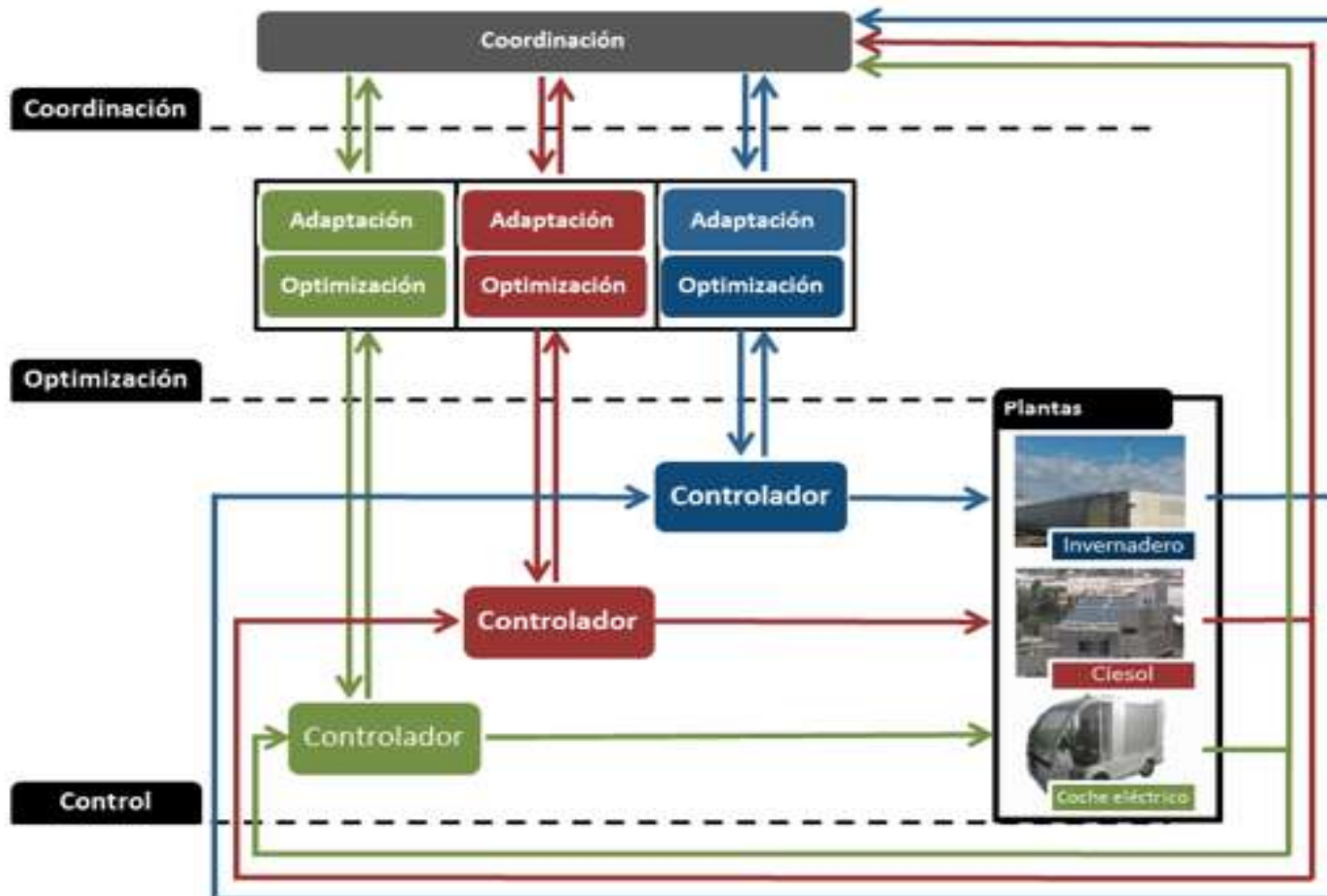
además de

- Minimizando energía

Control multiobjetivo sometido a restricciones

Propuestas

Arquitectura de control jerárquica multiobjetivo





Propuestas



Incluir directamente en la función de coste aspectos relacionados con la economía bajo el enfoque **Economic MPC (EMPC)**:

Sea un sistema no lineal

$$x^+ = f(x, u)$$



Sometido a restricciones en el estado y en la entrada

$$(x(k), u(k)) \in Z = X \times U$$

El diseño del controlador consiste en encontrar una ley de control que minimice la siguiente función de coste, en este caso relacionando los aspectos económicos de la producción, compra y venta de la energía

$$J(x, u) = \sum_{j=0}^N l(x_k, u_k)$$

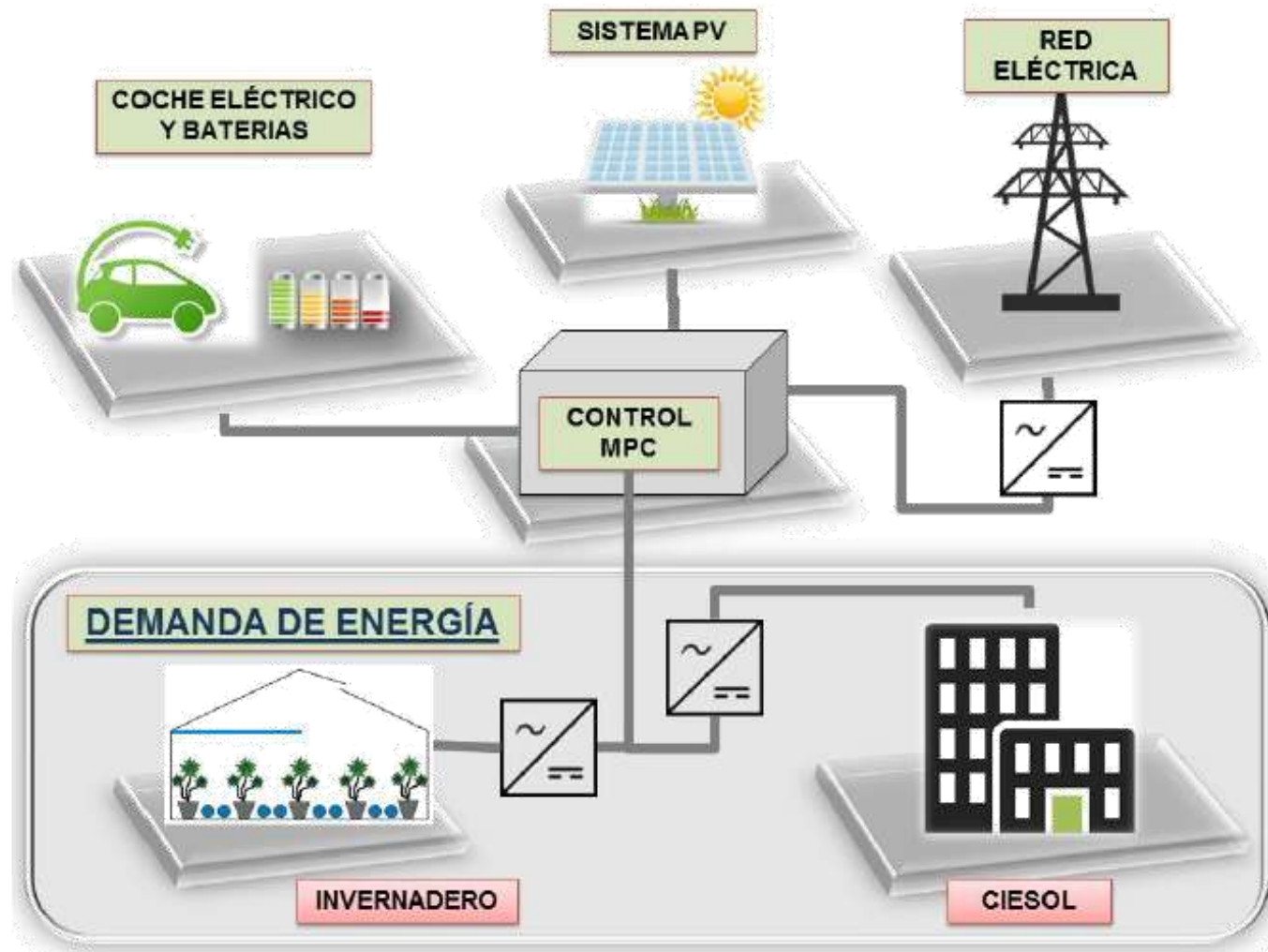
donde $l(x, u)$ define el coste económico



Propuesta para el consumo eléctrico



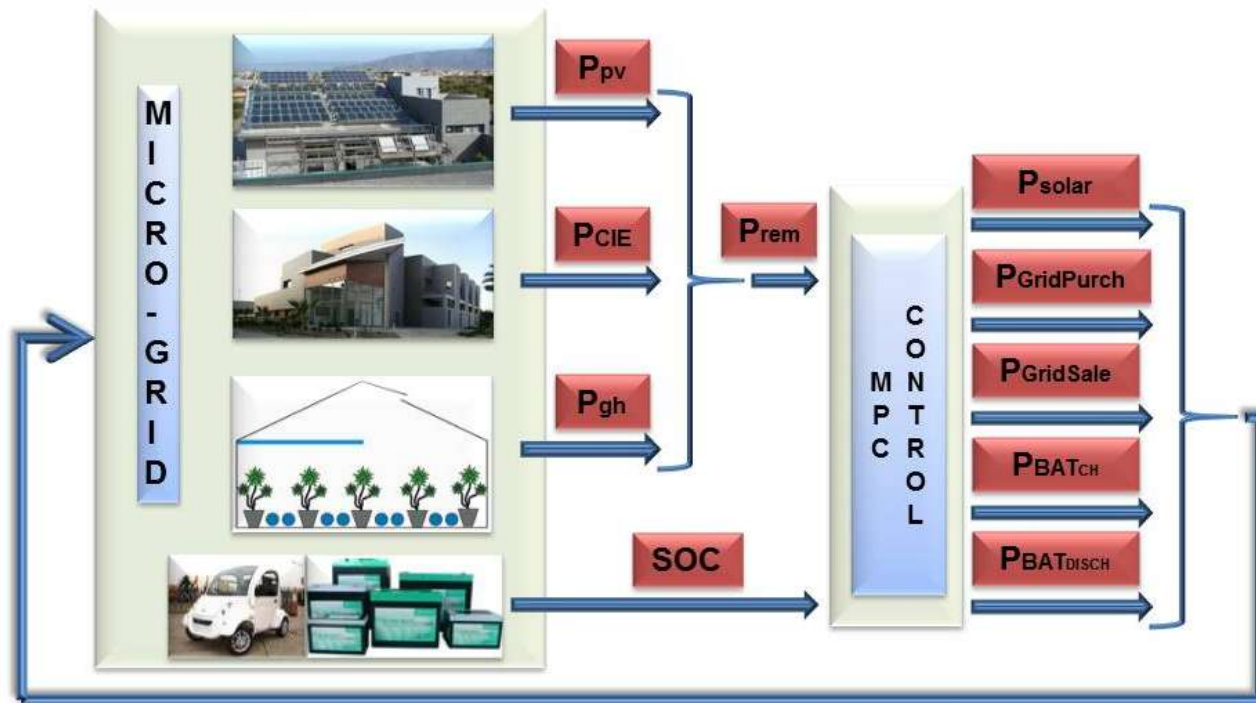
Planteamiento utilizando Control Predictivo Basado en Modelo



Propuesta para el consumo eléctrico

Planteamiento utilizando Control Predictivo Basado en Modelo

- ¿Cuándo usar la energía del sistema foto-voltaico?, ¿cuanta energía?
- ¿Cuándo comprar o vender energía a la red principal?, ¿cuanta energía?
- ¿Cuándo cargar o descargar energía de las baterías?, ¿cuanta energía?

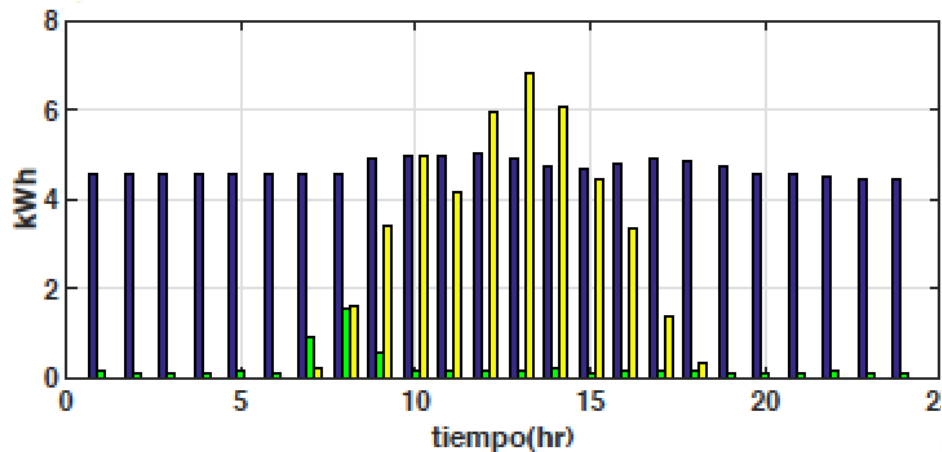


Propuesta para el consumo eléctrico

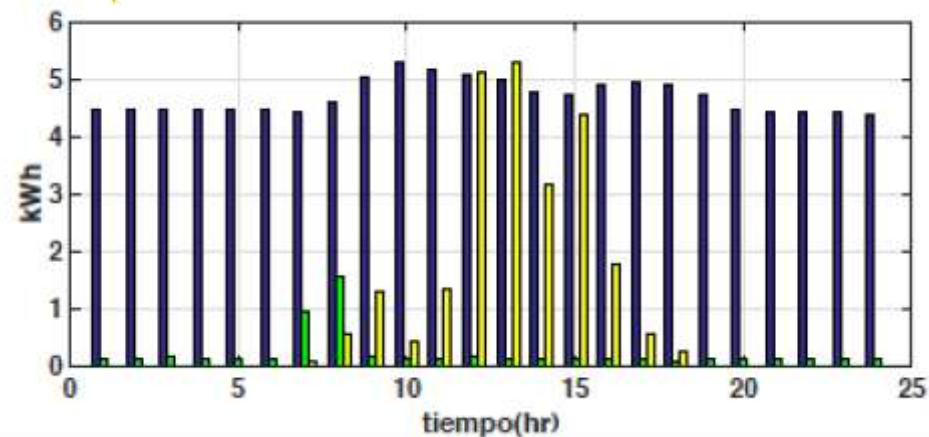
Perfiles de demanda y producción eléctrica



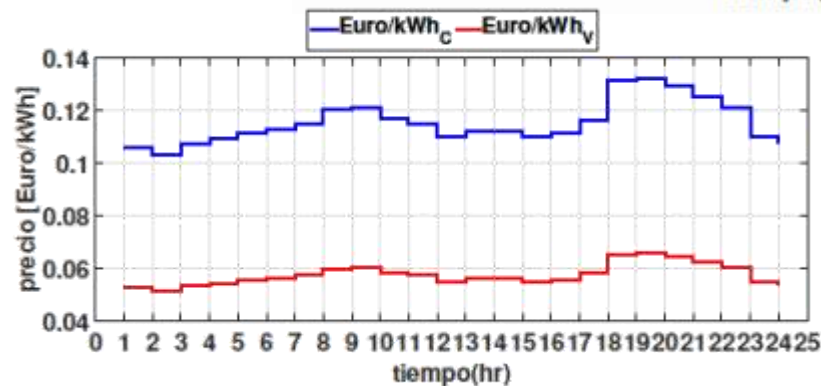
■ CIESOL ■ Invernadero ■ Sistema PV



■ CIESOL ■ Invernadero ■ Sistema PV

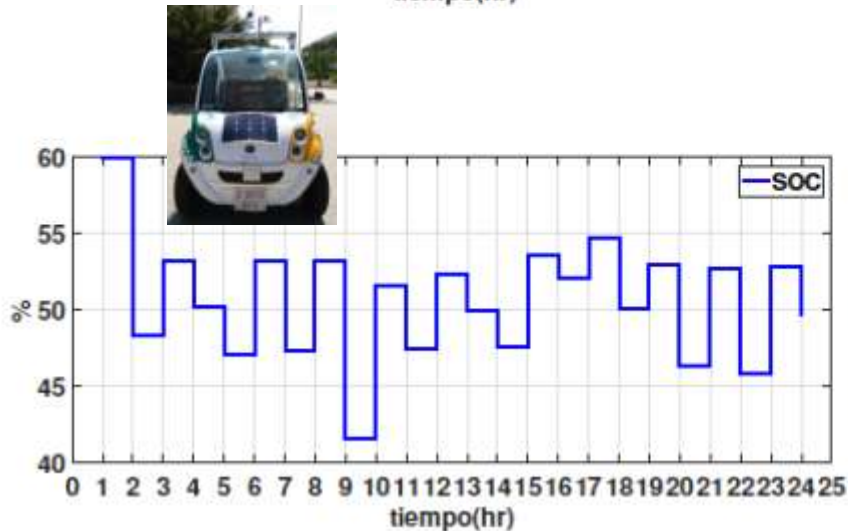
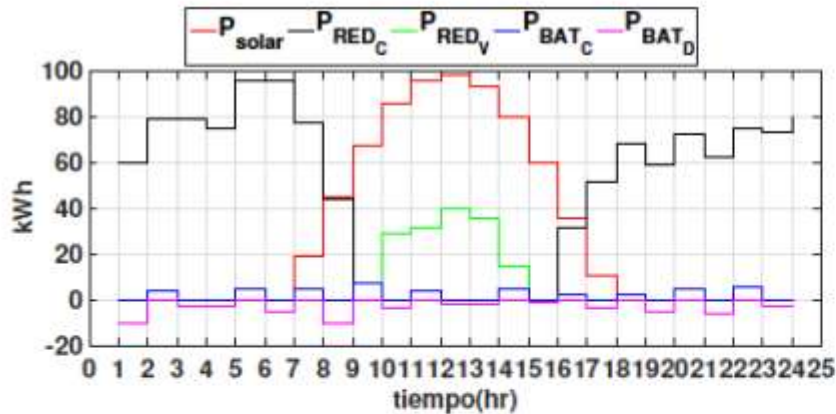


Perfiles de precios de compra y venta de energía eléctrica

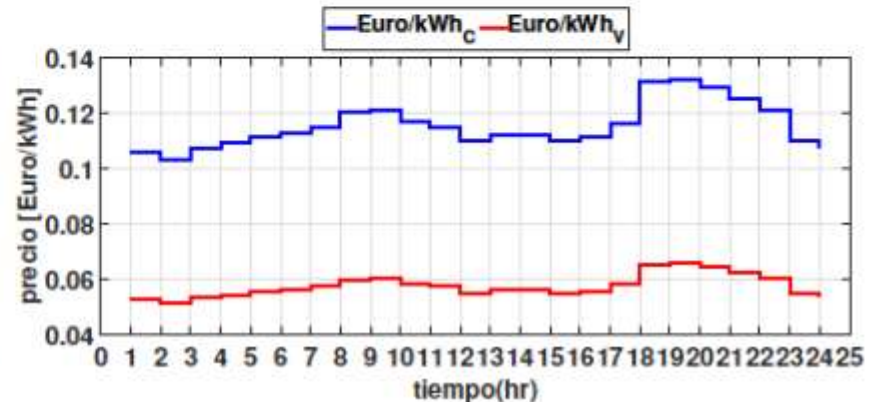


Propuesta para el consumo eléctrico

Resultado de la gestión para día soleado

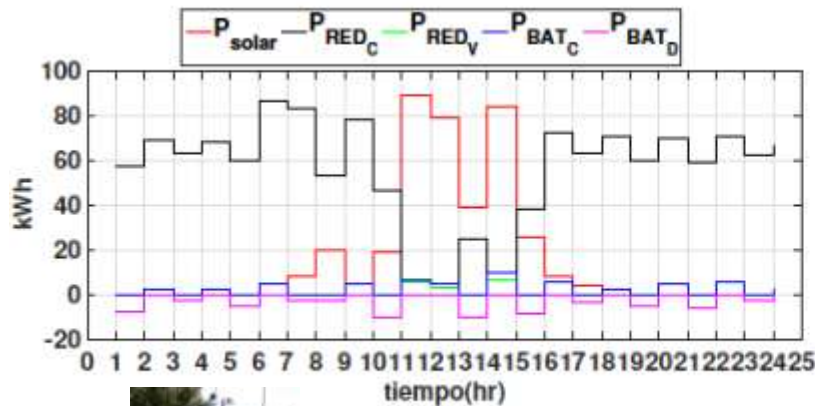


Beneficios
de 9 €/día

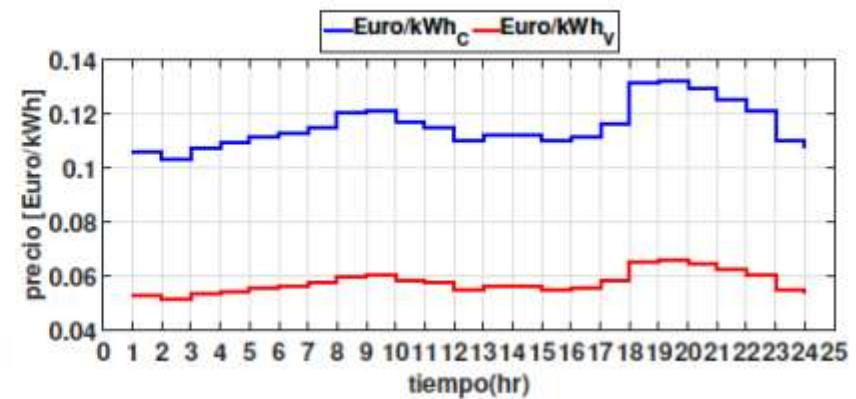
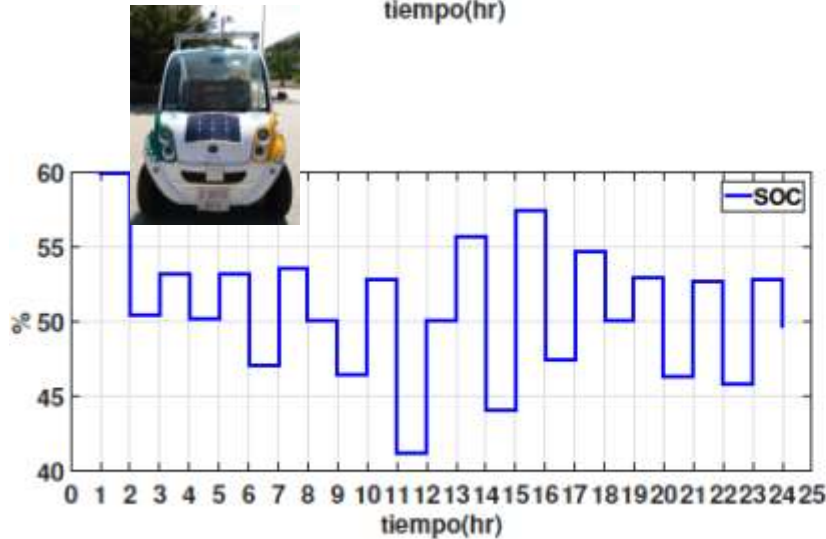


Propuesta para el consumo eléctrico

Resultado de la gestión para día nublado



Beneficios
de 1 €/día



Propuesta para el problema completo

Demanda de recursos

Recurso



Energía eléctrica

Día cálido

676,00 kWh



Día frío

676,00 kWh



Energía térmica de refrigeración

748,17 kWh

0 kWh

Energía térmica de calefacción (CIESOL)

0 kWh

810,21 kWh

Energía térmica de calefacción (invernadero)

208,13 kWh

2619,50 kWh

Agua potable

10,70 m³

6,70 m³

Dióxido de carbono

371,14 kg

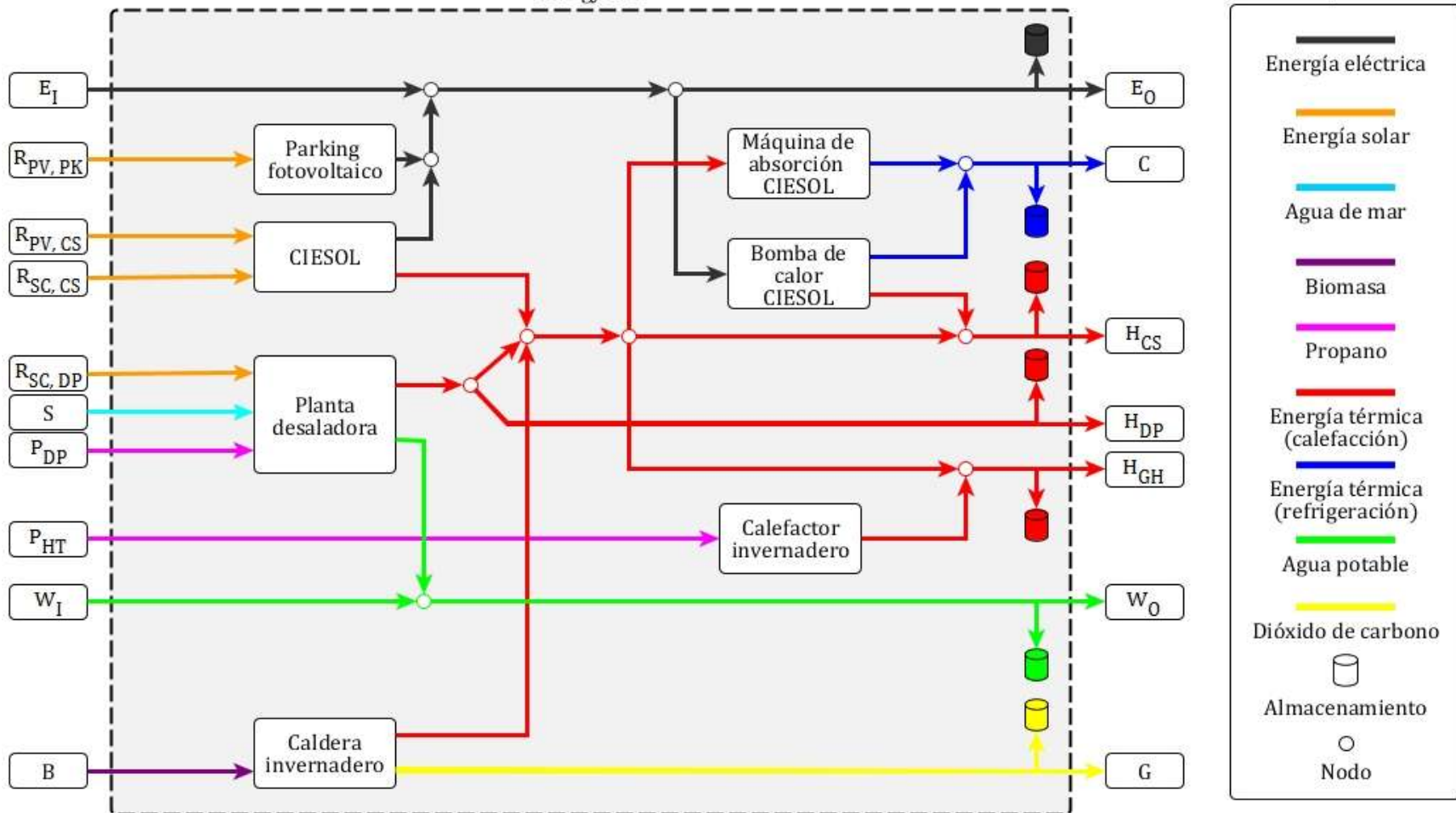
131,19 kg

Propuesta para el problema completo

Planteamiento del modelo

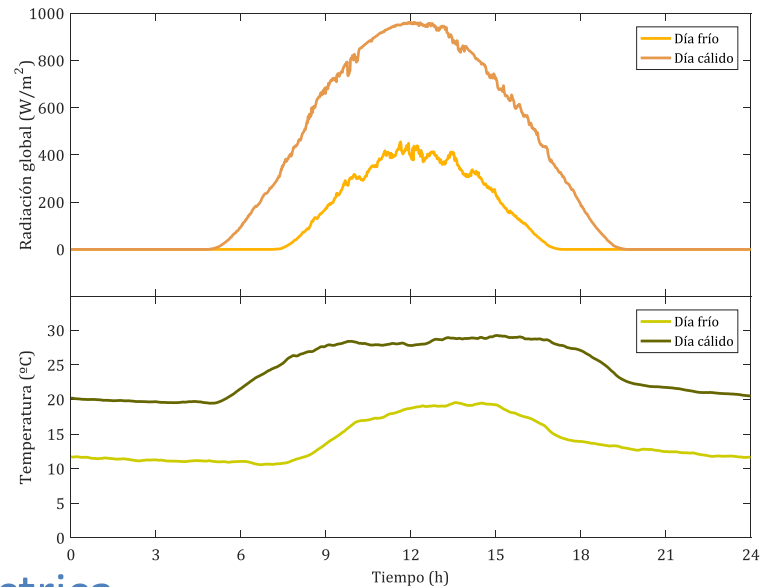


Energy hub

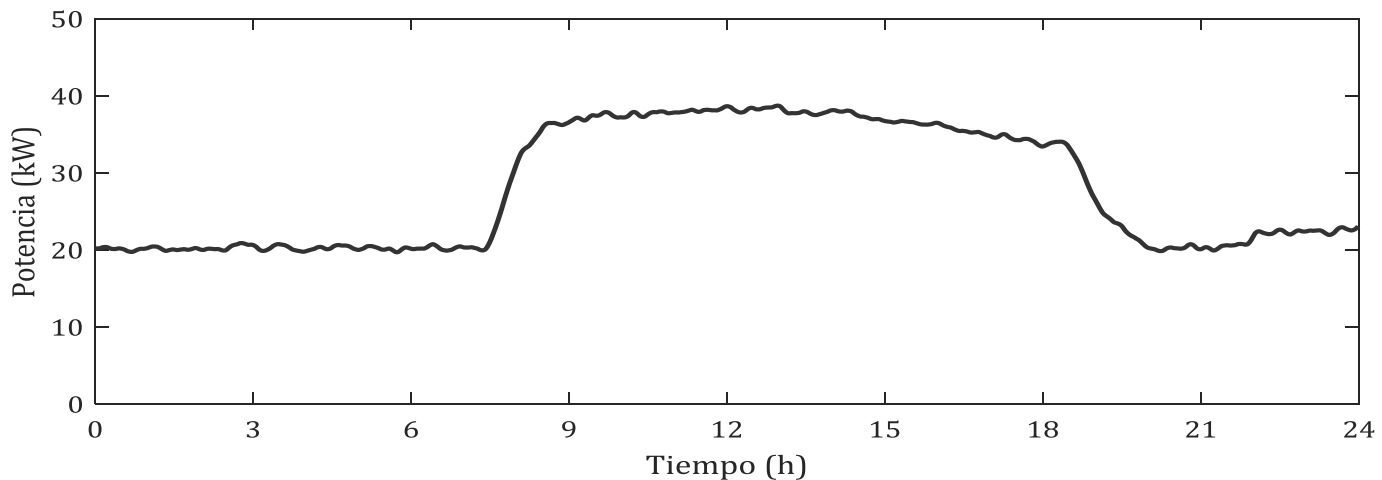


Propuesta para el problema completo

Escenarios

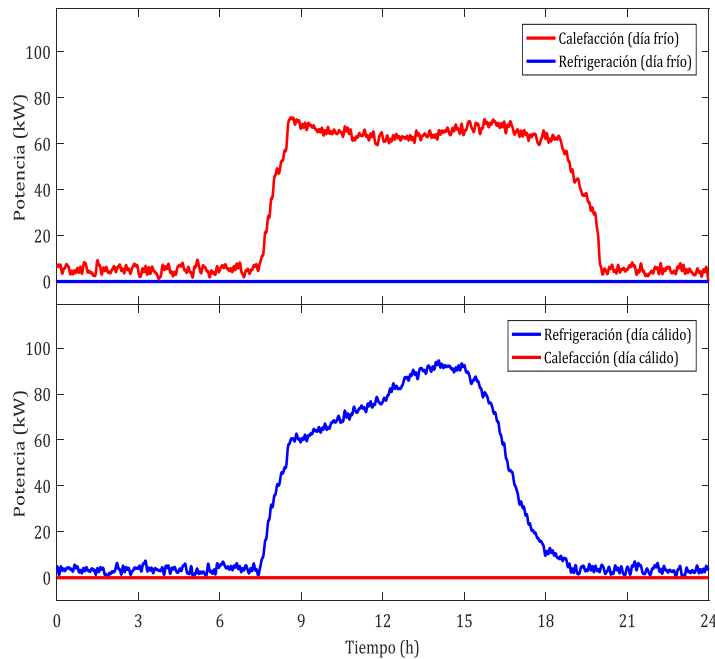


Perfil de demanda eléctrica

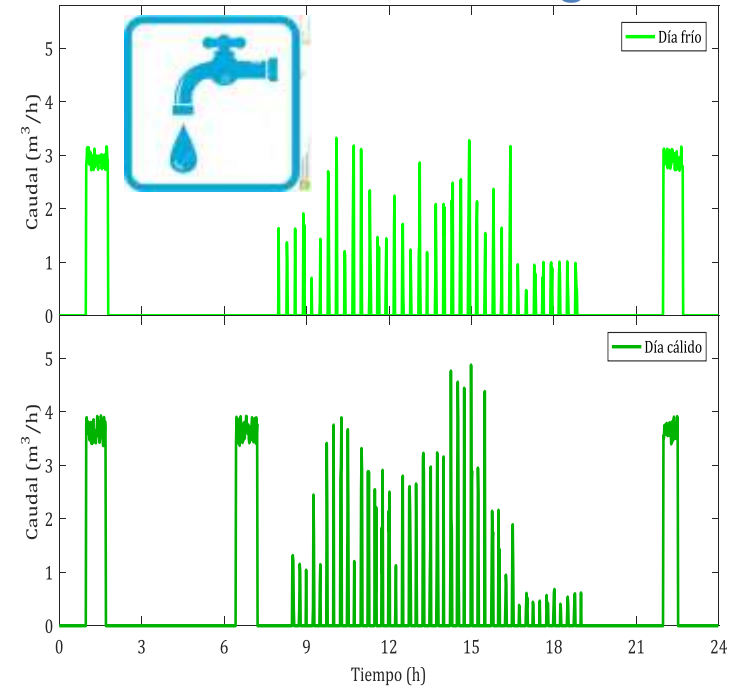


Propuesta para el problema completo

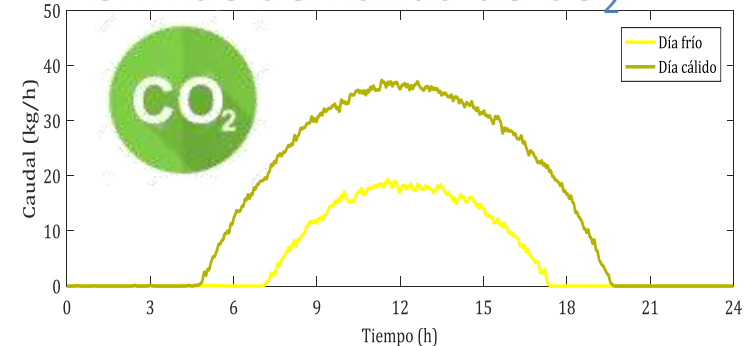
Perfil de demanda térmica



Perfil de demanda de agua



Perfil de demanda de CO₂



Propuesta para el problema completo

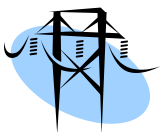
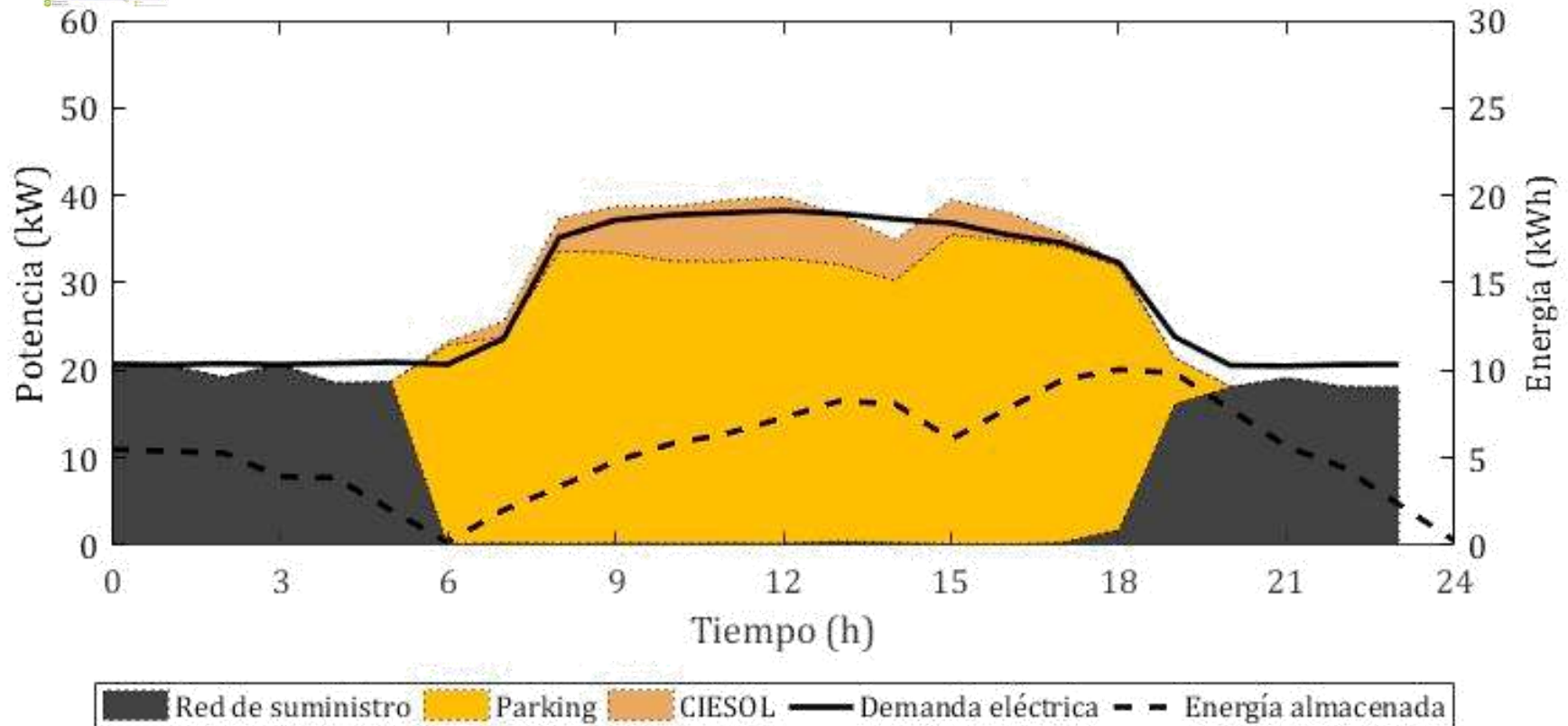
Objetivo

Determinar la cantidad de recursos de entrada y el almacenamiento de los mismos que se requiere en cada instante de tiempo minimizando el coste total de los recursos así como los de operación de las plantas

Recurso		Coste unitario 	Día cálido 	Día frío 
Energía eléctrica		0,141 €/kWh	32,66 €	71,83 €
Agua potable		6,00 €/m ³	38,28 €	21,66 €
Propano		1,172 €/kg	2,25 €	182,67 €
Biomasa		0,266 €/kg	35,07 €	41,81 €
TOTAL		-	108,26 €	317,97 €

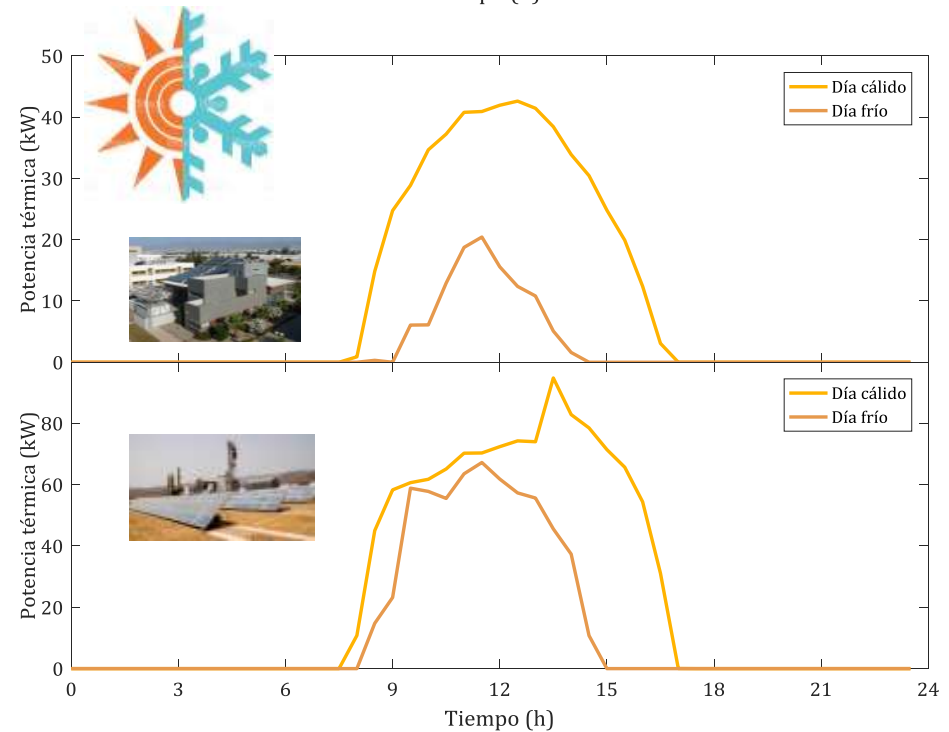
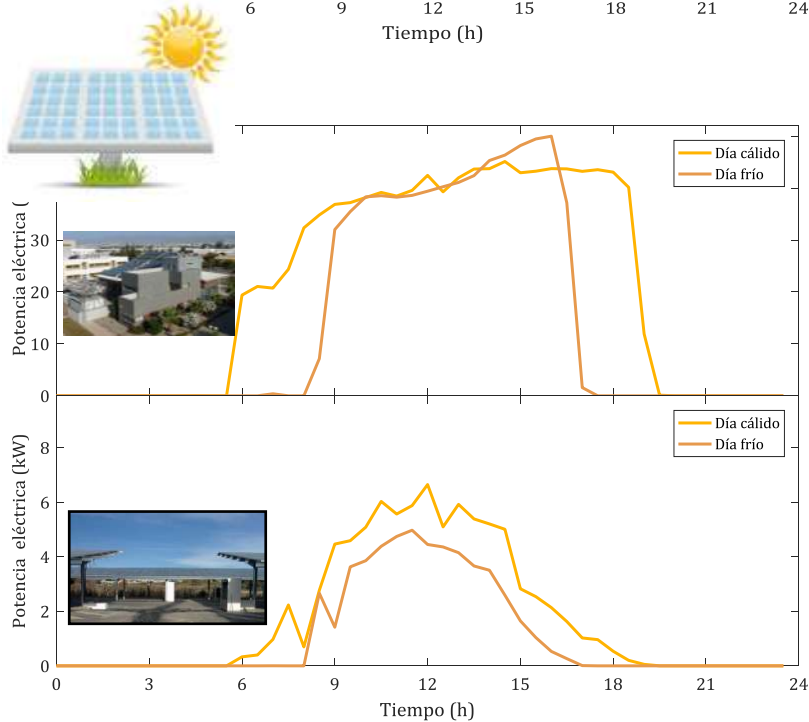
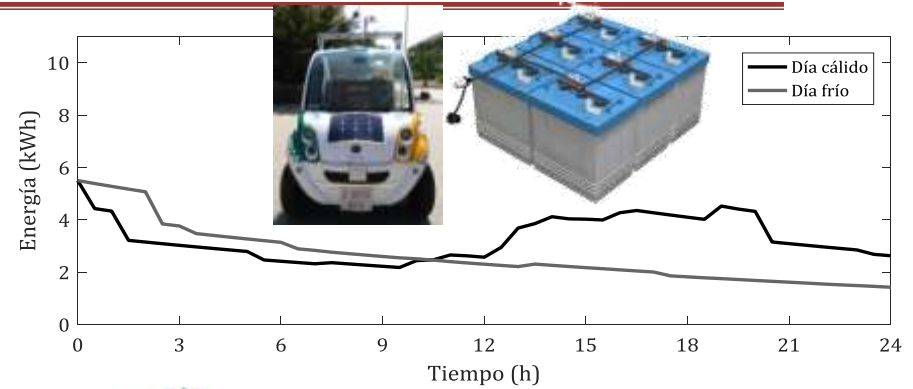
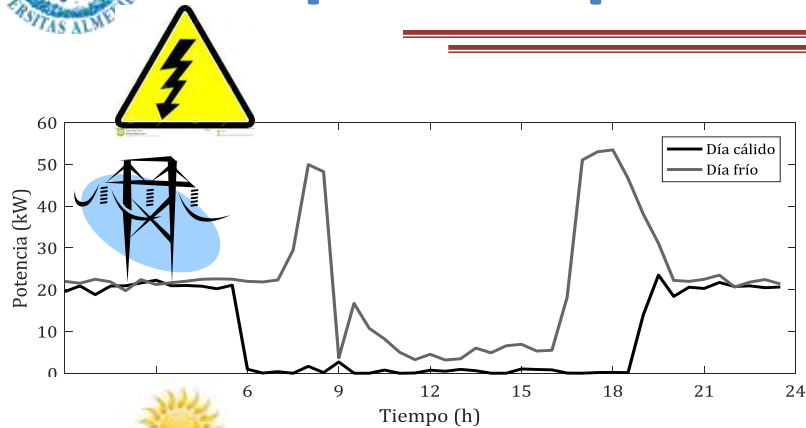


Propuesta para el problema completo





Propuesta para el problema completo





Propuesta para el problema completo



Cantidad total suministrada de recursos

Recurso		Día cálido	Día frío
Energía eléctrica		231,66 kWh	509,42 kWh
Energía eléctrica fotovoltaica (parking)		497,03 kWh	334,95 kWh
Energía eléctrica fotovoltaica (CIESOL)		42,08 kWh	25,93 kWh
Energía térmica solar (CIESOL)		21,48 kWh	4,84 kWh
Energía térmica solar (desaladora)		28,17 kWh	11,33 kWh
Agua de mar		8,61 m ³	3,57 m ³
Propano (desaladora)		1,07 kg	68,06 kg
Propano (invernadero)		0,85 kg	87,80 kg
Agua potable		6,38 m ³	3,61 m ³
Biomasa		131,83 kg	157,19 kg





Conclusiones



- En un entorno de producción agrícola, se encuentran sistemas que **conforman distritos**, con usos y objetivos diferentes que, por lo tanto poseen necesidades energéticas y de otros recursos distintas.
- Si se utilizan energías renovables es necesario **gestionar convenientemente el uso eficiente de la energía disponible** en cada uno de los entornos y que coordine el flujo de energía entre ellos.
- Este tipo de problema se deben abordar desde un punto de vista de control automático con arquitecturas de **control jerárquico multiobjetivo** utilizando técnicas como el **control predictivo** o el enfoque de los **Energyhubs**.

APLICACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES A LA AGRICULTURA INTENSIVA



Gestión energética en entornos productivos agrícolas con apoyo de energías renovables

Almería, 29 de noviembre 2016