



**CENER**

CENTRO NACIONAL DE  
**ENERGÍAS RENOVABLES**

---

# ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO EN LAS SMART GRIDS

Gabriel García Naveda

III WORKSHOP SMART GRIDS, 10 Enero 2014, Madrid



1. CENER

## Visión

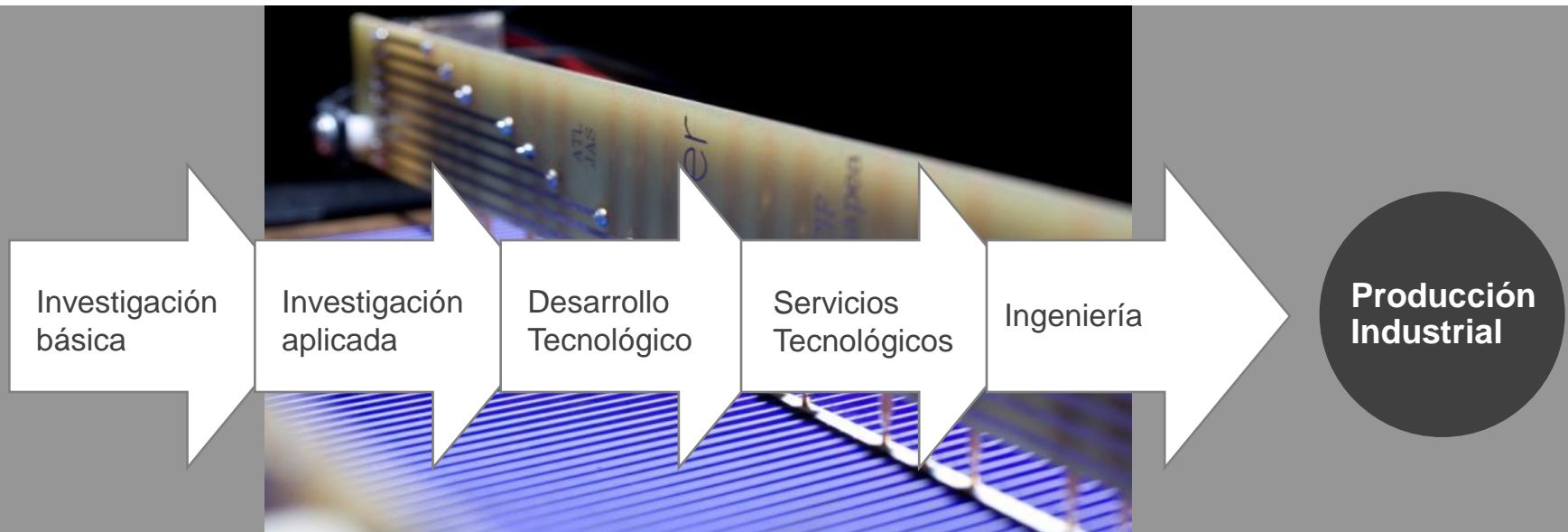
Ser un centro de investigación de excelencia en el campo de las energías renovables con proyección internacional.

---

## Misión

Generar conocimiento en el campo de las energías renovables y transferirlo a la industria para impulsar el desarrollo energético sostenible.

## 1. CENER



Proyectos I+D  
Certificación  
Ensayos

## 1. CENER

---

### Actividades

Investigación aplicada, transferencia de tecnología, ...

---

Servicios de evaluación, homologación, acreditación y certificación.

---

### Áreas

Eólica

---

Biomasa

---

Solar Fotovoltaica

---

Solar Térmica

---

Integración en Red de Energías Renovables

---

Energética Edificatoria

CENER en cifras

## 1. CENER

---

21,2 M€

El presupuesto anual de 2012 es de 21,2 M€  
Objetivo: 60% autofinanciación.

---

200

200 empleados entre investigadores, técnicos  
y personal de apoyo.

---

100 M€

Las inversiones totales (2002-2012) ascienden  
a más de 100 M€.

---



Presencia en los cinco continentes.

# Infraestructuras

## 1. CENER



**Sede**  
Sarriguren



**Laboratorio de  
Ensayo de  
Aerogeneradores**  
Sangüesa




**CB2G**  
Aoiz



**Microrred**  
Sangüesa

**Delegación**  
Sevilla



## 2. Contexto del almacenamiento



## 2. Contexto del almacenamiento

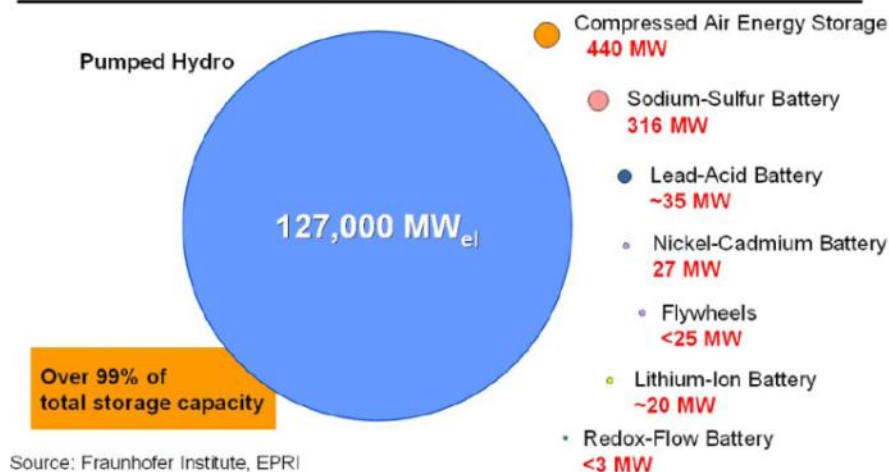
---

- El almacenamiento de energía ha formado parte durante décadas del sistema eléctrico, generalmente, en forma de almacenamiento físico de combustible o centrales de bombeo.
- El desarrollo de las renovables y los objetivos europeos 20/20/20 son las principales razones del creciente interés sobre el almacenamiento
- El nuevo concepto de red que debe integrar las renovables no gestionables de manera distribuida, precisa de otro modelo de almacenamiento que debe responder en tiempo y lugar a estos nuevos requerimientos.
- El desarrollo del almacenamiento irá de la mano de una mayor integración de renovables a diferentes escalas

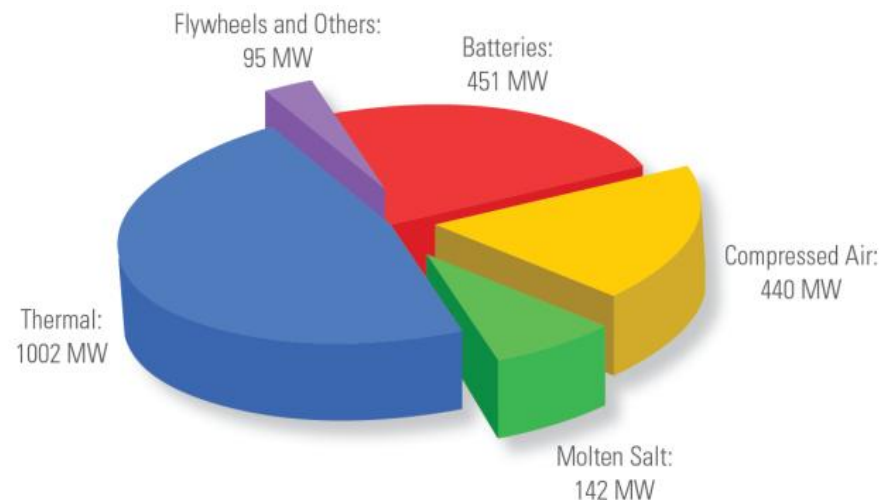
## 2. Contexto del almacenamiento

- Capacidad instalada de almacenamiento eléctrico ~127 GW
- Capacidad instalada de almacenamiento térmico ~1 GW

### Worldwide installed storage capacity for electrical energy



Fuente: EPRI, 2012



Fuente: CESA

## 2. Contexto del almacenamiento

---

### ¿Qué aporta el almacenamiento de energía?

Menores costes de capital

Puede suministrar o absorber energía en momentos puntuales haciendo un uso más eficiente de la red y reduciendo la necesidad de infraestructuras

---

Mayor penetración de renovables

Suavizando la variabilidad de las renovables, avanza hacia un sistema eléctrico más verde y sostenible

---

Fiabilidad

Su rápida respuesta ante incidencias hace la red más robusta

### 3. Aplicaciones



### 3. Aplicaciones

---

## Regulación de tensión o frecuencia

Ante una variación de estos parámetros, el almacenamiento ayuda a la regulación de la tensión y la frecuencia de la red, absorbiendo o entregando energía

---

## Spinning reserve

Ante una indisponibilidad de la red, el sistema debe dar suministro hasta que el equipo de backup pueda entregar energía. Evita que el backup deba estar consumiendo energía en modo espera.

### 3. Aplicaciones

---

## Calidad de energía

El sistema de almacenamiento colabora para mantener las condiciones de calidad de la red (armónicos, transitorios, etc.)

---

## Capacity firming

Se trata de amortiguar las variaciones de las renovables en la red, ya sea para cubrir la demanda instantánea, para evitar rampas a otros sistemas de generación o para mantener la estabilidad de la red



**CENER**

CENTRO NACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO DE  
INDUSTRIA, ENERGÍA  
Y TURISMO

MINISTERIO DE  
ECONOMÍA Y  
COMPETITIVIDAD

**Ciemot**  
Centro de Investigaciones  
Energéticas, Medioambientales  
y Tecnológicas



**Gobierno  
de Navarra**

### 3. Aplicaciones

---

Load levelling

Peak shaving

Energy  
arbitrage

Esta estrategia se basa en almacenar energía durante periodos de baja demanda para inyectarla en periodos de alta demanda. De este modo, se hace un uso más eficiente de la red, evitando el uso de sistemas de generación más caros y la necesidad de infraestructura de transporte y distribución.

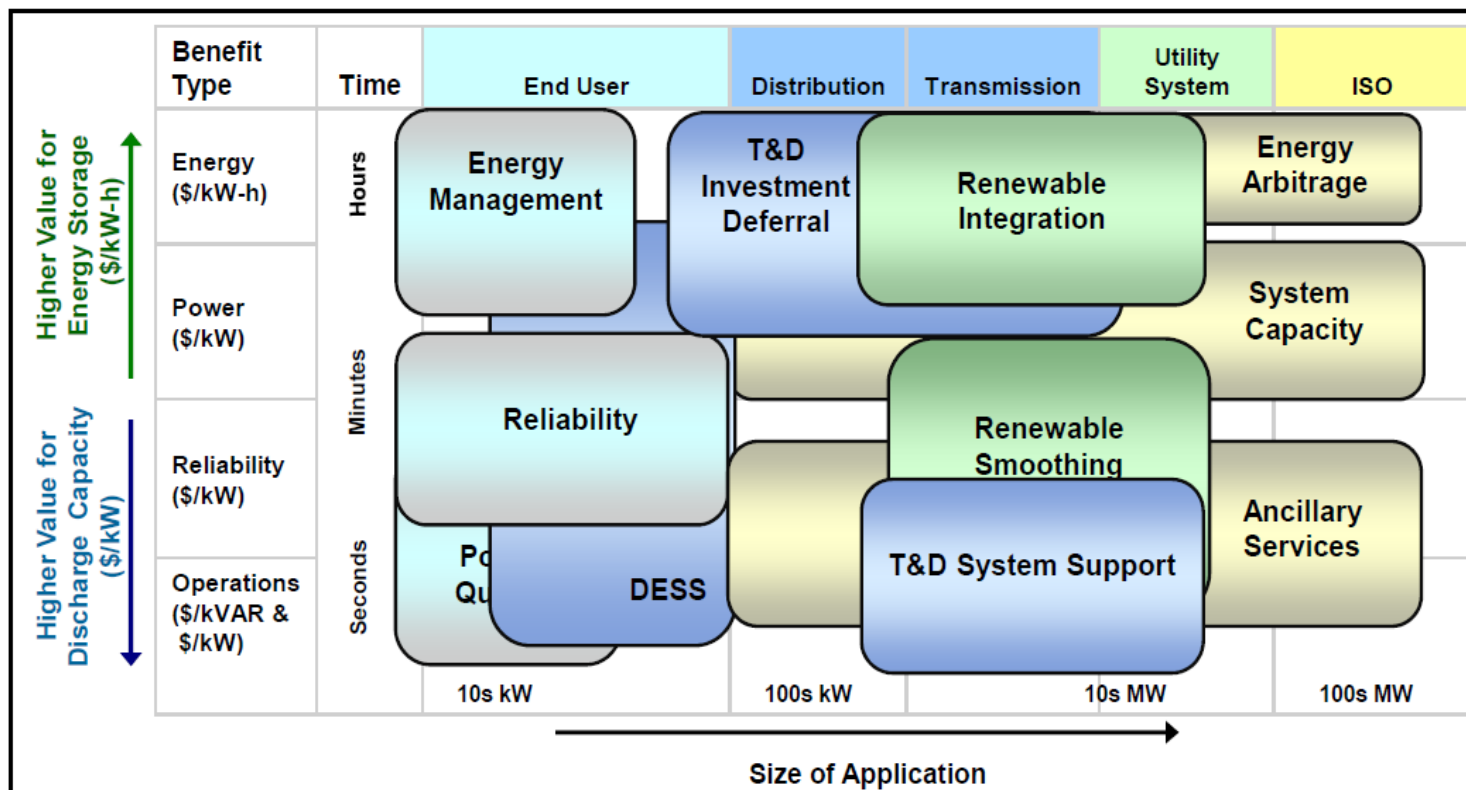
Desde el punto de vista del consumidor, el beneficio puede estar relacionado con la potencia contratada necesaria o la optimización del consumo respecto a tarifas horarias.

---

Otras

Reducción de excedentes de renovables  
Aumento del factor de capacidad de la generación  
Sistemas aislados  
Black start / Arranque autónomo

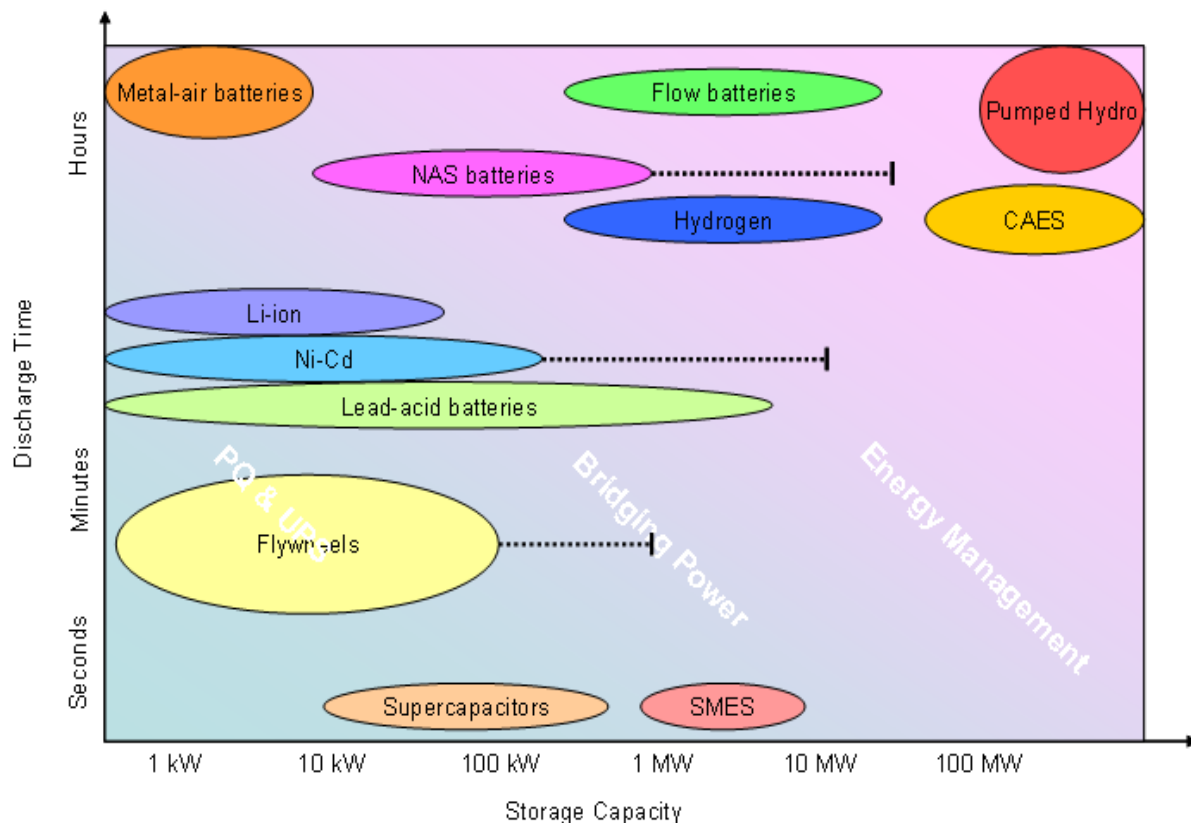
### 3. Aplicaciones



Operational Benefits Monetizing the Value of Energy Storage for timescales between seconds and hours. Source: EPRI




### 3. Aplicaciones



Aplicaciones por tecnologías – Energía vs Potencia. Fuente: CENER

## 4. Tecnologías

An abstract graphic on the right side of the page, composed of several overlapping, curved, geometric shapes. The colors include various shades of blue (from dark to light), green, yellow, orange, red, and purple. The shapes are layered, creating a sense of depth and movement. The overall composition is modern and dynamic.

## 4. Tecnologías

---

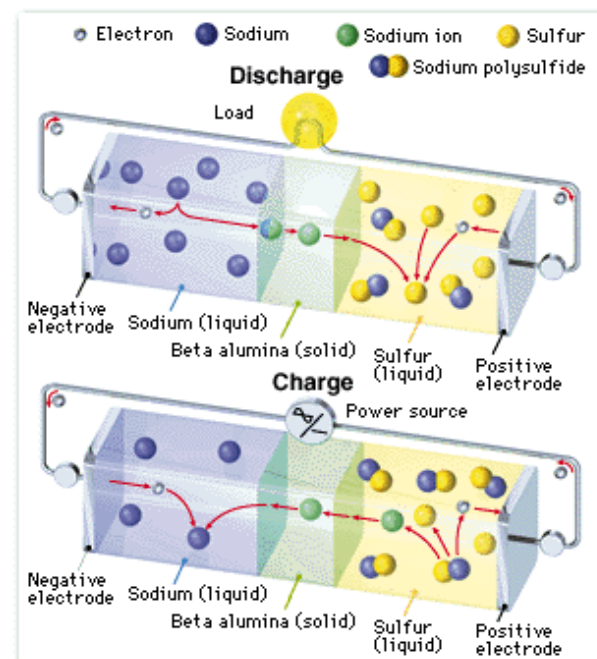
# Tecnologías disponibles

- Baterías
- Supercondensadores
- Volantes de inercia
- Gestión de la demanda
  - Vehículo eléctrico
  - Hidrógeno (electrólisis)
  - Almacenamiento térmico

## 4. Tecnologías

# Baterías

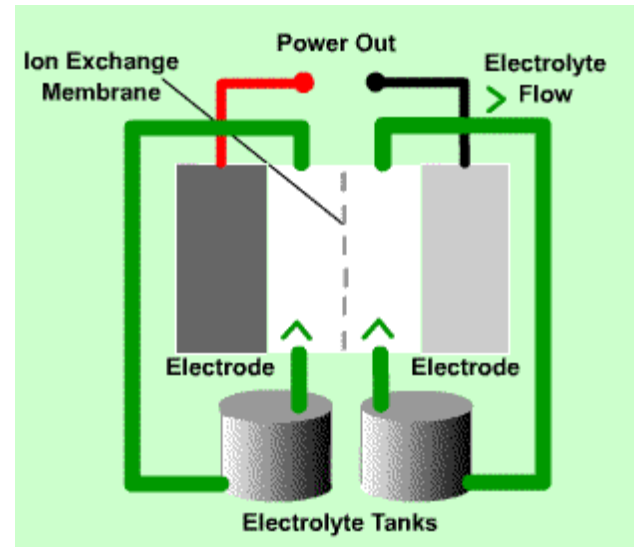
- La electricidad se almacena como energía química en celdas electroquímicas
- Diferentes tipos según los reactivos o pares redox
  - Plomo-ácido (Pb)
  - Sulfuro de sodio (NaS)
  - Níquel (Ni)
  - Litio (Li)
  - Metal/Aire (Zn, Mg, etc.)
- Características:
  - Respuesta rápida, flexibilidad
  - Alta eficiencia de ciclo carga/descarga, tecnologías maduras
  - Algunas son tóxicas o contaminantes, baja densidad energética por peso y volumen
  - Alto coste y vida útil limitada



## 4. Tecnologías

# Baterías de flujo

- La electricidad se almacena como energía química en electrolito líquido bombeado de los tanques a los stacks
- Varios tipos: Vanadio, ZnBr



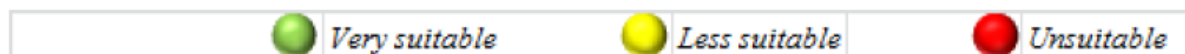
- Características
  - Flexibilidad y alta eficiencia
  - Potencia y capacidad son independientes (normalmente 4 horas)
  - Baja densidad energética y tecnologías en desarrollo
  - Alto coste

## 4. Tecnologías

# Baterías

- Aplicaciones:

Application	Pb acid	Ni/MH	Na/S	Na/NiCl <sub>2</sub>	Redox Flow	Li/ion	Super capacitor
Time-shift	●	●	●	●	●	●	●
Renewable integration	●	●	●	●	●	●	●
Network investment deferral	●	●	●	●	●	●	●
Primary Regulation	●	●	●	●	●	●	●
Secondary Regulation	●	●	●	●	●	●	●
Tertiary Regulation	●	●	●	●	●	●	●
Power System start-up	●	●	●	●	●	●	●
Voltage support	●	●	●	●	●	●	●
Power quality	●	●	●	●	●	●	●



Fuente: EASE/EERA

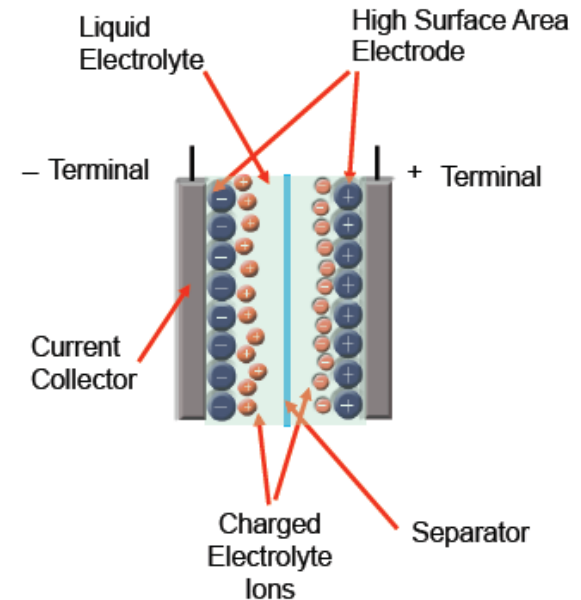
## 4. Tecnologías

# Supercondensadores

- Un condensador electroquímico es un dispositivo que almacena energía eléctrica en una doble capa formada entre una superficie conductora y un electrolito

- Características

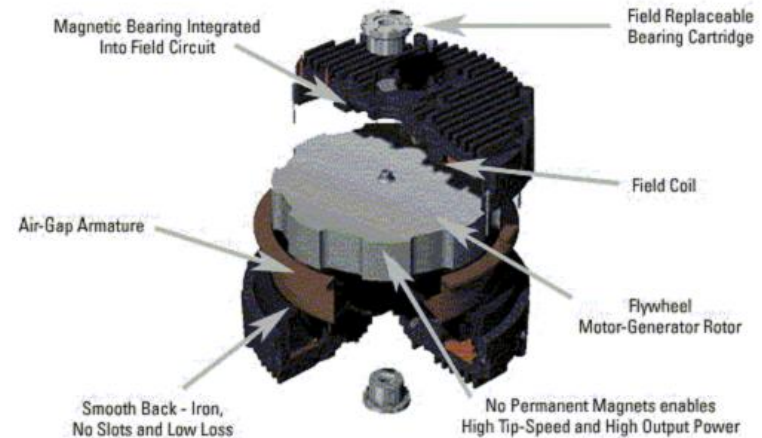
- Carga/descarga ultrarrápida y alto número de ciclos
- Puede operar a muy bajas temperaturas (-25°C)
- Limitada capacidad de almacenamiento
- Alta eficiencia



## 4. Tecnologías

# Volantes de inercia

- Almacenan energía cinética en un disco/cilindro en rotación
- Características
  - Larga vida útil (20 años), miles de ciclos
  - Rápida respuesta, alta eficiencia
  - Equipos seguros
  - Altos CAPEX, bajos OPEX



Source: Active Power



## 4. Tecnologías

---

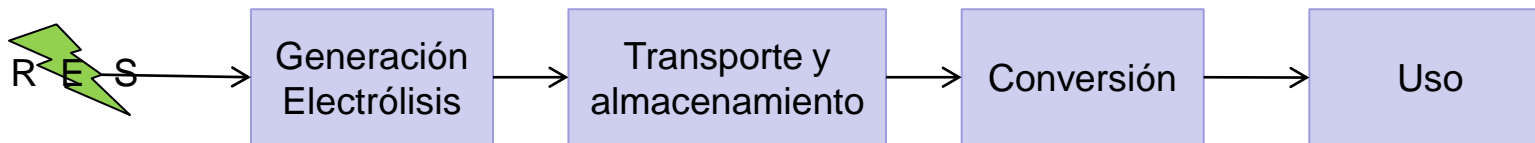
# Gestión de la demanda - Vehículo eléctrico

- Limitaciones
  - La disponibilidad de los vehículos y su estado de carga son imprevisibles
- Necesidades de I+D
  - Sistemas de control de flotas y comunicación con los vehículos

## 4. Tecnologías

# Gestión de la demanda - Hidrógeno

- Al igual que la electricidad, el hidrógeno es un vector energético  
Hidrógeno  $\longleftrightarrow$  Electricidad
- La energía se almacena en forma de combustible
- La generación de hidrógeno a partir de renovables se hace generalmente a través de la electrólisis del agua
- Permite almacenamiento estacional
- Cadena tecnológica



## 4. Tecnologías

---


# Gestión de la demanda - Almacenamiento térmico

- La energía se almacena como calor o frío en sólidos o fluidos
- Mecanismos
  - Calor sensible (temperatura)
  - Calor latente (cambio de fase)
  - Almacenamiento termoquímico
- Aplicación de calor y frío para climatización de edificios o procesos industriales

## 4. Tecnologías

---

- Hay que casar las necesidades de cada aplicación, con las características que ofrece cada tecnología de almacenamiento para seleccionar la mejor opción en cada caso
- La electrónica de potencia puede suponer una limitación a los servicios ofrecidos por una tecnología
- El sistema de control y comunicaciones de la smart-grid puede igualmente introducir retrasos, limitando la capacidad de respuesta de estos sistemas
- El marco regulatorio y de mercado son factores clave



5. ATENEA micro-grid

Estado actual

## 5. ATENEA micro-grid

**Microrred orientada a aplicaciones industriales.**

**Arquitectura AC con una potencia de 100 kW aproximadamente.**

**Cubre parte de los consumos eléctricos del Laboratorio de Ensayo de Aerogeneradores - LEA- y del alumbrado del polígono industrial Rocaforte.**

**También puede ser utilizada como banco de ensayos para nuevos equipos, sistemas de generación, almacenamiento de energía, estrategias de control y sistemas de protección.**

**Puede operar en modo aislado y en modo conectado a la red.**



Estado actual  
**5. ATENEA  
micro-grid**



**CENER**

CENTRO NACIONAL DE  
ENERGÍAS RENOVABLES



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO DE  
INDUSTRIA, ENERGÍA  
Y TURISMO

MINISTERIO DE  
ECONOMÍA Y  
COMPETITIVIDAD

**Ciemat**  
Centro de Investigaciones  
Energéticas, Medioambientales  
y Tecnológicas



**Gobierno  
de Navarra**



Equipamiento  
5. ATENEA micro-grid

**GENERACIÓN**



**G- Turbina eólica 20 kW  
full-converter**



**G- Instalación Fotovoltaica 25 kWp**



**G- Generador Diesel 55 kVA y  
Microturbina de Gas 30 kW  
(además del aprovechamiento térmico)**



## Equipamiento

### 5. ATENEA micro-grid

#### SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO



S- Baterías de Plomo-Ácido, 50 kW x 2 horas



S- Batería de flujo, 50 kW x 4 horas

Equipamiento

## 5. ATENEA micro-grid

### SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO



S- Baterías de Ion-Litio, 30 kW x 1/2 hora



S- Supercondensadores 30 kW, 4 sg

# Equipamiento

## 5. ATENEA micro-grid

### CARGAS



L- Cargas trifásicas 120 kVA



L- Luminaria del polígono industrial y oficinas - LEA -



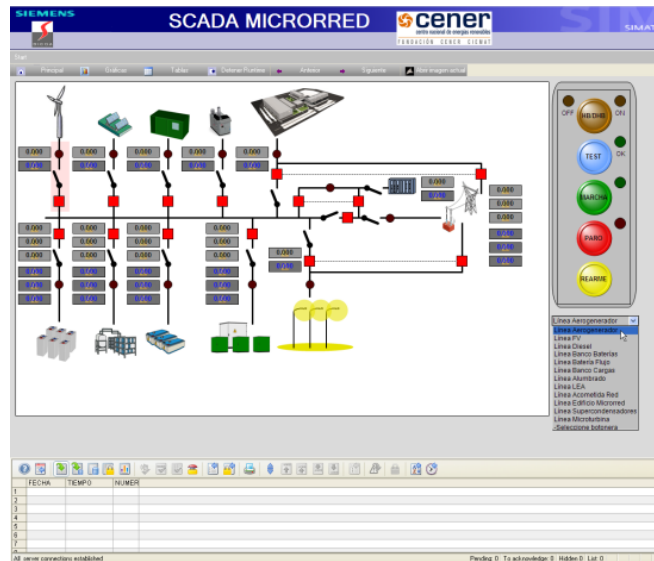
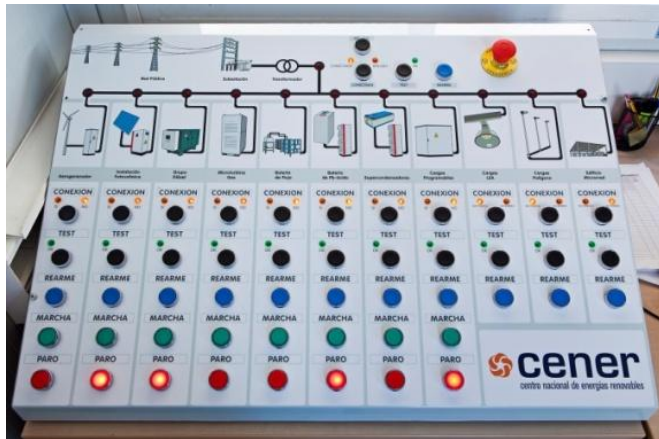
L/S- Vehículo eléctrico



# Equipamiento

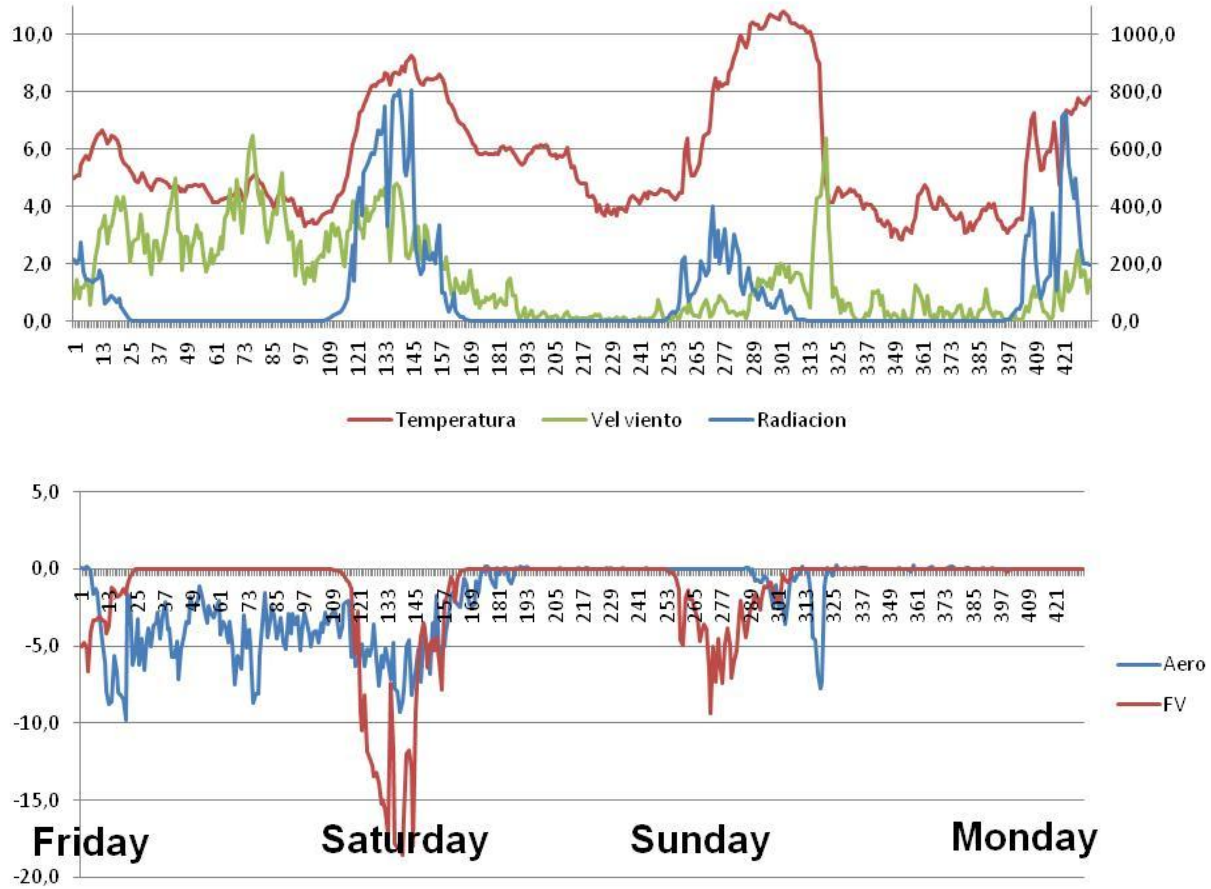
## 5. ATENEA micro-grid

# CONTROL Y SISTEMA DE GESTIÓN



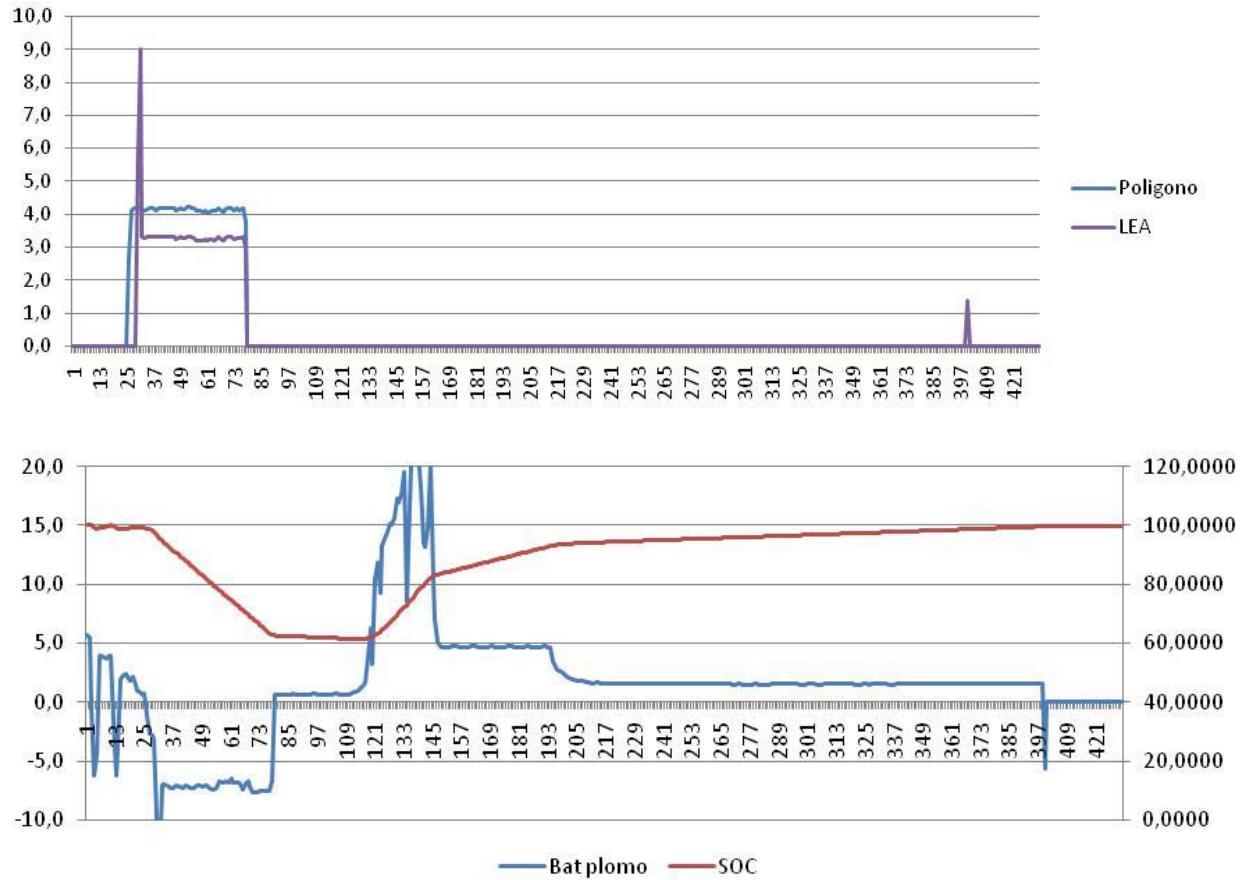
# Ensayos

## 5. ATENEA micro-grid



# Ensayos

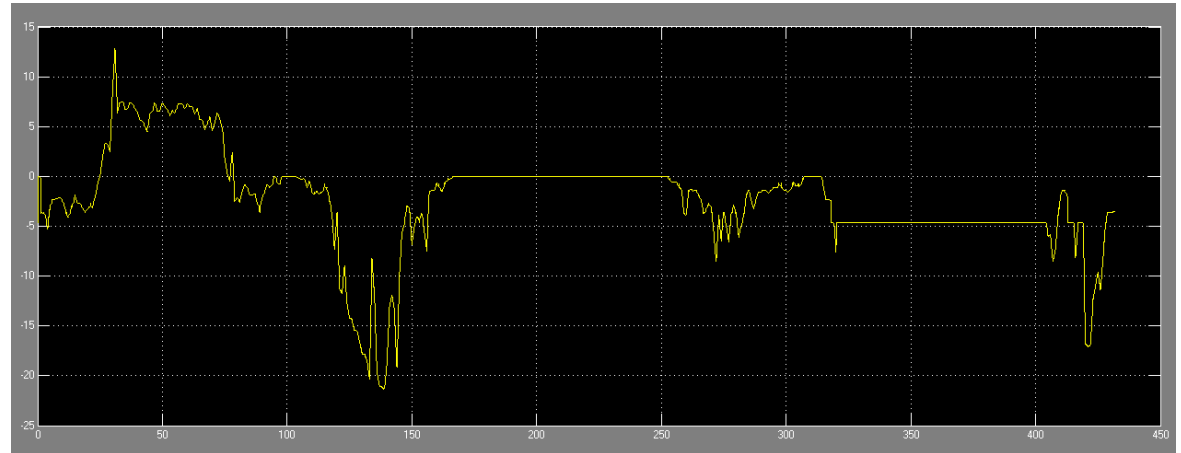
## 5. ATENEA micro-grid



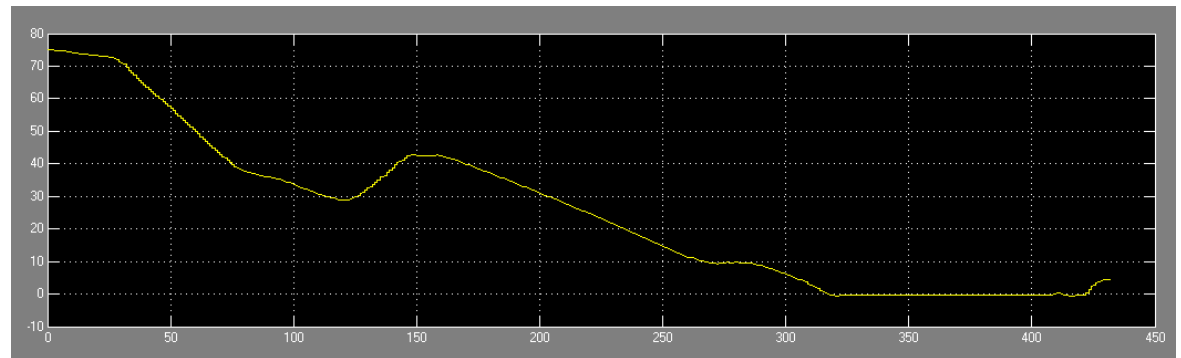
Simulaciones

## 5. ATENEA micro-grid

Simulations – Redox  
Flow Battery



Power and State of  
Charge





## 6. Proyecto BATTERIE





## 6. Proyecto BATTERIE

Proyecto Interreg Área Atlántica – Transporte

[www.batterie.eu.com](http://www.batterie.eu.com)

Smart-mobility en entornos urbanos se basa en vehículos eléctricos  
Su operación se integra en las smart-grids como un elemento más,  
lo que puede ensayarse en la microrred de CENER

- Actividades del proyecto
  - Smart-technologies y combustibles alternativos
  - Intermodalidad
  - Políticas y comportamiento humano
  - Herramienta web de plan de viaje para vehículo eléctrico



INVESTING IN OUR COMMON FUTURE



# BATTERIE

## 6. Proyecto BATTERIE



CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES



Ciemot  
Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas





7. EASE

**EASE** es la asociación europea del almacenamiento de energía

Fomenta el despliegue del almacenamiento a nivel europeo y global como un instrumento para ofrecer servicios y mejorar la flexibilidad del sistema energético

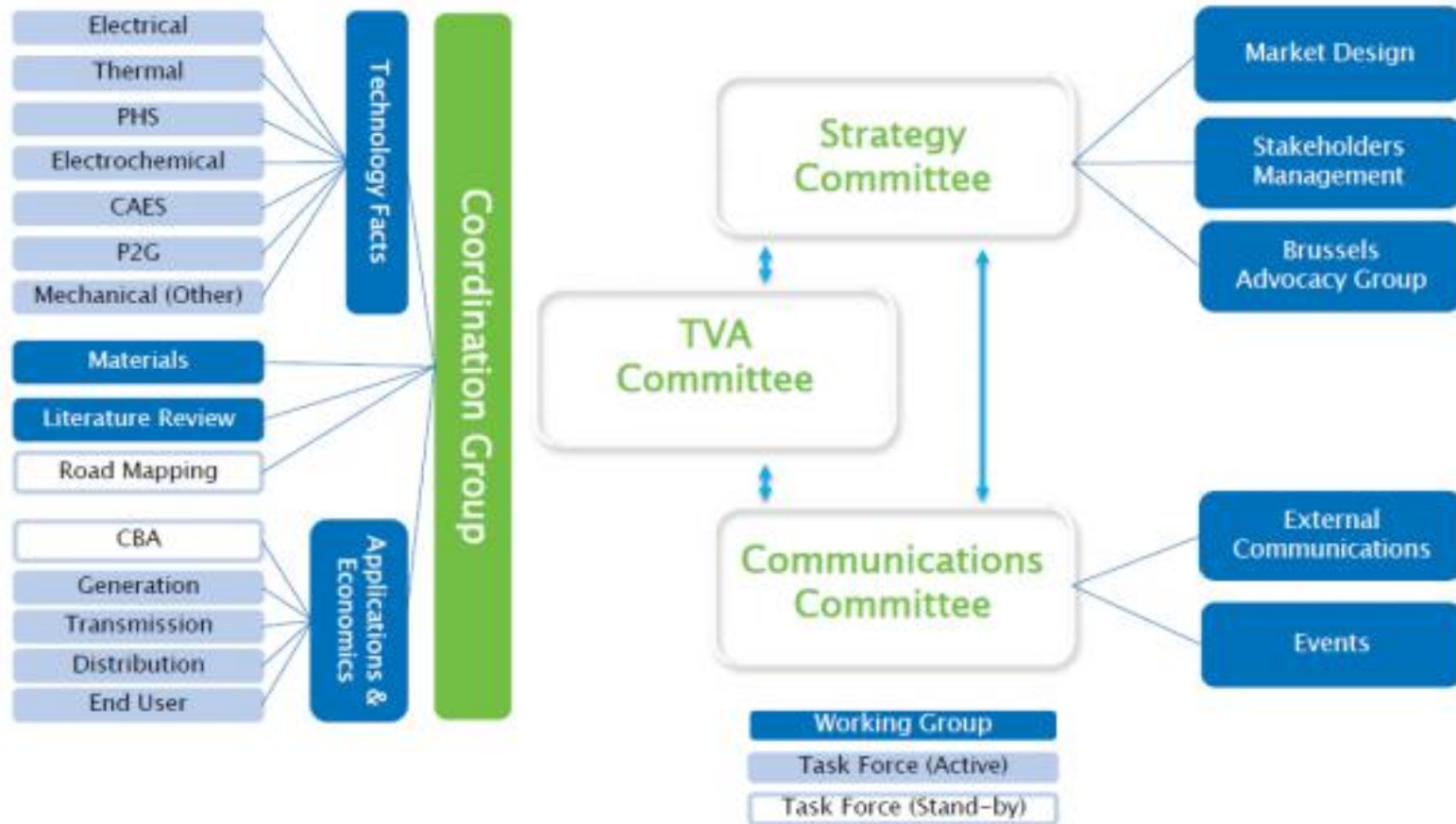


Creada en Sept 2011 ha participado en trabajos reseñables como:

- *Contribution of EASE to ENTSO-E's Cost-Benefit Analysis methodology for Energy Storage*
- *Joint EASE/EERA recommendations for a European Energy Storage Technology Development Roadmap towards 2030*

## 7. European Association for Storage of Energy

[www.ease-storage.eu](http://www.ease-storage.eu)



# CENER

CENTRO TECNOLÓGICO  
DE ALTA CUALIFICACIÓN Y  
PRESTIGIO INTERNACIONAL,  
ESPECIALIZADO EN LA  
INVESTIGACIÓN APLICADA  
Y EL DESARROLLO Y  
FOMENTO DE LAS  
ENERGÍAS RENOVABLES  
HIGH QUALIFICATION  
AND INTERNATIONAL  
RECOGNITION  
TECHNOLOGICAL  
CENTRE, SPECIALIZED  
IN APPLIED RESEARCH  
AND DEVELOPMENT,  
AND PROMOTION OF  
RENEWABLE ENERGIES.

CONTACTO  
CONTACT

SEDES CENER  
CENER'S HEADQUARTERS

Ciudad de la Innovación, 7  
31621 Sarriguren  
Navarra, España  
T +34 948 25 28 00

[info@cener.com](mailto:info@cener.com)  
[www.cener.com](http://www.cener.com)

