

Transición energética  
Almacenamiento de energía  
Centrales reversibles



# Transición energética

## Almacenamiento de energía

### Centrales reversibles

---

El progreso de la humanidad se ha fundamentado en el aprovechamiento de la energía basándose en la ciencia y la tecnología. Los cambios económicos y sociales han sido definidos por la disponibilidad y coste de las diversas fuentes energéticas desde el fuego hasta la fisión nuclear.

**El progreso y crecimiento económico ha supuesto alcanzar mayores cotas de consumo de energía. Pero el uso masivo de energía ha producido externalidades negativas medioambientales y sociales.**

Aproximadamente dos tercios de las emisiones de gases de efecto invernadero de origen antropogénico, GEI, están producidas por la utilización de energía fósil que a su vez representa aproximadamente el 80% del total de la energía primaria del consumo humano, afectando de manera claramente negativa a la atmósfera y a los océanos.

El calentamiento global provoca impactos y condiciones climáticas anormales que afectan tanto a las generaciones presentes como a las futuras, teniendo cada vez más repercusión en nuestras economías, nuestro entorno natural, la salud y la vida cotidiana. El cambio climático pasa a ser el mayor desafío global y

urgente al que se enfrenta la sociedad, por lo que **la actual transición energética hacia una sociedad descarbonizada es un desafío sin precedentes que necesita de la implicación de gobiernos, reguladores, empresas y sector privado, inversores y consumidores... es decir del conjunto de la sociedad.** Para tener éxito en la lucha contra el cambio climático es necesario, entre otras cosas, un firme compromiso, una gobernanza global, proponer un sistema de mecanismos e incentivos y disponer de un conjunto de tecnologías e innovaciones. Se requerirán grandes recursos y el imprescindible protagonismo ciudadano para asegurar el crecimiento económico sostenible y bienestar ciudadano.

La toma de conciencia de la problemática de la sostenibilidad ambiental ha dado lugar a sucesivos acuerdos de carácter internacional, como el Protocolo de Kioto (COP 3, 2007), para lograr un crecimiento económico limpio y sostenible con el medio ambiente. Posteriormente, al denominado Acuerdo de París “Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2015” (COP 21), le siguieron la COP 24 celebrada en Katowice, 2018, y la COP 25 de Madrid,

diciembre de 2019, de escasos resultados prácticos, esperándose se concreten en la próxima COP 26 de Glasgow prevista para el próximo mes de noviembre, pero demorada hasta el 2021 a causa del COVID-19.

En Europa es la política energética y del clima la encargada de definir las principales líneas de actuación en los diferentes ámbitos estratégicos para dar respuesta a todos los citados retos. Descarbonizar completamente el sector energético es uno de ellos que requiere, como condiciones imprescindibles, el desarrollo tecnológico y la movilización de grandes inversiones. **Para alcanzar un sistema de generación eléctrica de cero emisiones juega a favor el disponer de soluciones renovables económicamente viables y una investigación solvente, pero se contraponen aspectos como el crecimiento de la población y las tasas crecientes de demanda de energía.**

Esta transición energética para el sector eléctrico ya empezó en la década pasada para la UE con la liberalización del mercado de electricidad, las medidas de fomento de las renovables y de la eficiencia energética, la introducción del comercio de emisiones de CO<sub>2</sub> y otras medidas para el cumplimiento de los objetivos del protocolo de Kioto (20-20-20 para el año 2020).

Tanto la Comisión Europea como el Gobierno Español y la Generalitat de Catalunya se han involucrado modificando las legislaciones para promover dicha transición energética tendente a la neutralidad climática y, en el sector eléctrico, un uso cercano al 74 % en 2030 y el

100% en 2050 en energías renovables.

En el sector eléctrico, todas las legislaciones inciden en una decidida apuesta por las renovables, lo que obliga a analizar el mercado eléctrico que tiene una característica que lo diferencia de otros mercados: la oferta de energía tiene que producirse en el exacto momento de la demanda. En un mercado interconectado la estabilidad de la red se logra con tecnologías gestionables capaces de mantener el equilibrio oferta - demanda.

El Informe de la Comisión de Expertos sobre Escenarios de Transición Energética del año 2018 puso de manifiesto la dificultad de alcanzar el objetivo de equilibrio renovables/ demanda final si no se alcanza un nivel suficiente de electrificación de la economía, pues actualmente la electricidad representa sólo el 25% de la demanda final de energía en España y el 26,5% en Cataluña.

Dado el alto grado de aleatoriedad del sol y del viento dichas energías resultan no gestionables en un alto porcentaje, por lo que hay que proveerse de capacidad de respaldo cuando faltan o capacidad de almacenaje cuando sobran si se quiere alcanzar un alto grado de eficiencia y seguridad en el sector eléctrico. **El almacenamiento es imprescindible para que la energía renovable sea gestionable, esto es, esté disponible cuando se necesita, por eso es una prioridad de la UE al ser el almacenamiento pieza fundamental para la integración de las energías renovables** que, además, necesita contar con el desarrollo de una mayor flexibilización y

descentralización de las redes de transporte y distribución inteligentes que se alcanzarán con la digitalización del sistema eléctrico. **El almacenamiento de energía es clave para aprovechar el valor total de nuestros diversos recursos energéticos renovables en aras de una mayor eficiencia.**

Aunque existen diversas tecnologías (ver Figura 1), el almacenamiento por bombeo hidráulico (gran potencia) y por baterías (mediana y pequeña potencia) son dos de las tecnologías complementarias que, a corto y medio plazo, jugarán un papel importante en el desarrollo y la expansión de una red progresivamente alimentada por energía renovable. A largo plazo, 2030, otros sistemas de almacenamiento como el hidrógeno verde, actualmente en fase de I+D, podrán incorporarse en sus específicas áreas de utilización en función de las rentabilidades que se alcancen.

En un futuro, para un correcto funcionamiento del sistema eléctrico, además de la gestión de la demanda, no solo habrá que hacer trasvase de energía entre las horas del día (día/noche), o semanalmente (laborables/festivos), sino que será necesario hacerlos entre las distintas estaciones, para lo cual el almacenamiento de energía de gran capacidad se hace imprescindible. Todo ello traerá consigo no solo la necesidad de remuneración del almacenamiento, sino también de la potencia disponible garantizada para cubrir las rampas de la curva generación/demanda que generan las renovables, así como de los servicios complementarios asociados a la gobernabilidad del sistema eléctrico.

**Las centrales hidroeléctricas reversibles o de almacenamiento por bombeo, permiten gravitatoriamente el almacenamiento de energía mediante el bombeo de agua desde un embalse inferior a otro embalse superior próximo, y su conversión de nuevo en energía eléctrica por turbinación.** Este ciclo hidráulico no consume recursos hídricos, a excepción de la evaporación que se produce en la superficie de los embalses, según siguiente esquema de funcionamiento de los embalses, según el esquema de funcionamiento de la Figura 2.

El almacenamiento de gran potencia a escala de la red de transporte o distribución (ver Figura 3) puede proporcionar diferentes beneficios técnicos y económicos debido a la prestación de un conjunto de servicios a todo el sistema eléctrico, pues las centrales hidroeléctricas reversibles se basan en una tecnología capaz de satisfacer las necesidades y servicios auxiliares por la gran rapidez de respuesta que demanda la red ante distorsiones en su funcionamiento.

Por otra parte, **el almacenamiento de energía con centrales hidroeléctricas reversibles permite aprovechar un gran número de embalses ya construidos y, una vez adecuados, obtener una regulación horaria (balance día/noche), semanal (laborables/festivos) y estacional (las cuatro estaciones del año)**, pues la energía renovable fotovoltaica tiene su máximo en verano y la eólica en primavera y otoño, siendo el invierno una estación de mínimos en energías renovables.



# Propuesta del Consell Assessor d'Infraestructures de Catalunya

---

En la actualidad, sin perder de vista la emergencia climática, no hay que obviar el momento en que nos encontramos con la crisis del COVID-19, pues después de una lucha sanitaria para contener la pandemia mediante el confinamiento, que ha producido un elevado coste social y económico por la interrupción de las actividades, le ha seguido el correspondiente aumento del desempleo y la caída del PIB.

El alcance de las consecuencias, desconocido por ahora, genera incertidumbre y paralización de decisiones, por lo que **es necesaria una estrategia rápida, clara y realista de salida de la crisis que, en el sector eléctrico, necesitará más que antes, tecnologías probadas y más inversión privada**, pues los fondos públicos serán prioritarios para dotar de mayor resiliencia a la sociedad en materia sanitaria, educacional etc. Todo ello hace que sea fundamental impulsar la competitividad de las empresas y su supervivencia para mantener el empleo y mejorar la empleabilidad de los ciudadanos en base a la confianza en un plan de salida y colaboración entre instituciones. Teniendo en cuenta la perspectiva de la UE y sus planes de recuperación referentes a la Transición Energética y Transformación Digital y, fundamentalmente,

de Relanzamiento de la Economía.

Para reforzar la citada línea de actuación que favorezca el cambio en el sector eléctrico hay que conseguir, aparte de fomentar el autoconsumo y la autogeneración, una rápida y mayor eficacia en la transición energética basada en las energías renovables mediante un sistema eléctrico, con redes inteligentes, eficiente, robusto y resiliente, adecuado a las características de esas energías y, por lo tanto, flexible y adaptable al binomio producción-demanda, con competitividad, seguridad y respeto con el medio ambiente por lo que el almacenamiento de energía, aprovechando las infraestructuras de embalses existentes, al igual que se hace en el resto del mundo, deviene imprescindible y se propone:

## 01

### **Seguridad jurídica y gobernanza energética estable**

La variabilidad de la producción de las principales fuentes de energía renovable (fotovoltaica y eólica), la incertidumbre de su predicción, los excedentes de generación no integrables en el sistema, así como la estabilidad de la red, la flexibilidad de operación y la regulación, hacen que el almacenamiento de energía mediante centrales reversibles cobre gran importancia ya que el sistema eléctrico no es sólo infraestructuras de generación, es necesaria una regulación del sistema, modelos de negocio claros y mercados eléctricos de energía y capacidad, todo ello para darle consistencia y calidad.

Igualmente, en la actualidad, existe una gran incertidumbre sobre la rentabilidad de las inversiones futuras por lo que se debería plantear una clara planificación, la estabilización del marco legal que proporcione seguridad jurídica y económica junto con la precaución de acompañar cualquier tipo de almacenamiento de energía con el crecimiento de las energías eólica y fotovoltaica, para no comprometer su rentabilidad como consecuencia de los vertidos de electricidad a que se podrían ver abocadas.

## 02

### **Adecuación de las tarifas eléctricas**

Las tarifas eléctricas tendrían que adecuarse para favorecer la transición energética mediante la electrificación de la economía, por lo que es necesario enviar una señal de precios eficiente al consumidor con la definición de una adecuada

metodología de cálculo de los peajes y cargos del sistema eléctrico teniendo en cuenta los costes ambientales y la fiscalidad. Es preciso clarificar a la mayor brevedad posible la remuneración del almacenamiento de energía, definiendo en el ámbito del operador del sistema eléctrico, los servicios a prestar por estas centrales, la modalidad de contratación y los ingresos a percibir.

Con el fin de garantizar las inversiones necesarias en flexibilidad que permitan el correcto funcionamiento del sistema eléctrico, incluyendo entre ellas las inversiones en almacenamiento por bombeo en centrales reversibles, es preciso que la política tarifaria incentive dichas inversiones.

## 03

### **Agilización de permisos administrativos y eliminación de barreras**

Es preciso un apoyo decidido de la Administración hacia estas infraestructuras de bombeo. Para ello hay que superar la actual descoordinación entre los diferentes niveles de la Administración.

Solo así será posible alcanzar las previsiones del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) para el 2030 en relación a la disponibilidad de mayor capacidad de centrales reversibles de bombeo (ver Figura 4).

En consecuencia, para lograr un pleno desarrollo de bombeo del almacenamiento mediante centrales hidroeléctricas reversibles aportando



flexibilidad al sector eléctrico, se requieren apoyos para la eliminación de barreras de mercado, regulatorias y administrativas que lo ralentizan, así como el reconocimiento económico de la importante misión que desempeñarán en el futuro.

## 04

### **Fomento de la colaboración público-privada (CPP)**

La transición energética será consumidora de recursos financieros importantes. Y los problemas de escasez son bien conocidos en economía, por lo que hay que evitar la comisión de costosos errores. El desprecio a las economías de escala, el aprendizaje de tecnologías o el despliegue de las redes encarecerán el intenso proceso de cambio y transición energética que conlleva el replanteamiento y transformación de todo el sector energético.

De los 241 mil millones de € del actualizado borrador del PNIEC, el Gobierno mantiene la voluntad de seguir potenciando las inversiones del sector privado de modo que éstas sean el 80% del total. Esta voluntad se tiene que plasmar en la adopción de las medidas necesarias para que así sea, más aún en la etapa post Covid-19. El Consell Assessor d'Infraestructures de Catalunya en su tercer documento "La colaboración público-privada, un modelo necesario" puso de manifiesto la necesidad de una serie de actuaciones para que sea efectiva una CPP, que sería de directa aplicación a casos como estas infraestructuras de almacenamiento de energía por bombeo, pues el sector privado realiza la inversión, la financia y explota durante el periodo concesional bajo la inspección de la

Administración y con sujeción a la concesión o a las cláusulas del pliego de condiciones del concurso correspondiente.

## 05

### **Aceptación social**

Se precisa una aceptación social de esta transición energética que requiere una comprensión tanto de su necesidad como de la equidad en el reparto de los costes. Es por ello por lo que la política energética tiene que adoptar un papel didáctico para hacer comprender a la sociedad civil los caminos y tecnologías más eficientes para lograr una transición que requiere el esfuerzo de todos. Hay que tener en cuenta, a pesar de las corrientes de opinión de distintas "modas" y discursos mediáticos, que en cualquier transición energética se tiene que garantizar, mediante tecnologías suficientemente probadas la Accesibilidad (la energía debe ser asequible para las familias y competitiva para las empresas); la Seguridad (mantener la continuidad y calidad de servicio aún con máximas demandas y condiciones extremas); y el mínimo Impacto Ambiental (minimizar emisiones GEI, NOx, partículas, residuos...)

**Por lo que se pone de manifiesto, desde los primeros pasos de la planificación de la transición energética, la necesidad de introducir en el marco normativo reglas efectivas que den seguridad jurídica, y que propicien actuaciones financieramente sostenibles y atractivas para inversores y, en general, para todos los operadores de este importante sector de la economía.**

Figura 1: Tecnologías de Almacenamiento.

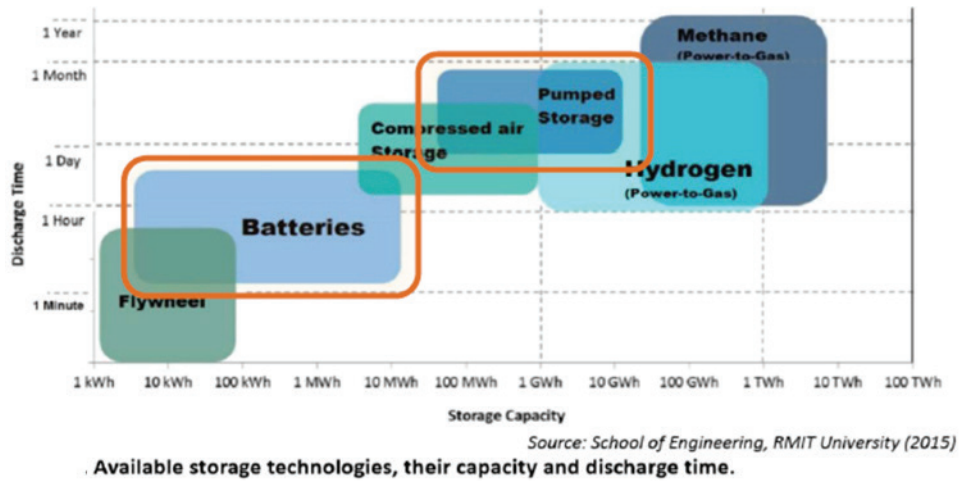


Figura 2: Esquema de funcionamiento central Reversible.



Figura 3: Potencia de centrales de bombeo en el mundo

**PUMPED HYDROPOWER STORAGE WORLDWIDE**

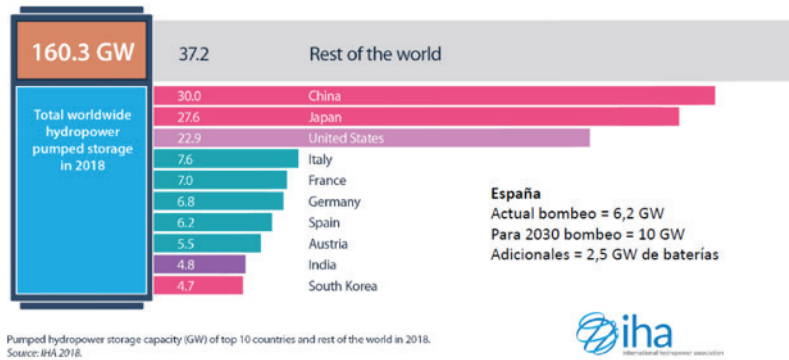


Figura 4: Previsiones de potencia del PNIEC

Parque de generación del Escenario Objetivo (MW)				
Año	2015	2020*	2025*	2030*
<b>Eólica (terrestre y marítima)</b>	22.925	28.033	40.633	50.333
<b>Solar fotovoltaica</b>	4.854	9.071	21.713	39.181
<b>Solar termoeléctrica</b>	2.300	2.303	4.803	7.303
<b>Hidráulica</b>	14.104	14.109	14.359	14.609
<b>Bombeo Mixto</b>	2.687	2.687	2.687	2.687
<b>Bombeo Puro</b>	3.337	3.337	4.212	6.837
<b>Biogás</b>	223	211	241	241
<b>Otras renovables</b>	0	0	40	80
<b>Biomasa</b>	677	613	815	1.408
<b>Carbón</b>	11.311	7.897	2.165	0
<b>Ciclo combinado</b>	26.612	26.612	26.612	26.612
<b>Cogeneración</b>	6.143	5.239	4.373	3.670
<b>Fuel y Fuel/Gas (Territorios No Peninsulares)</b>	3.708	3.708	2.781	1.854
<b>Residuos y otros</b>	893	610	470	341
<b>Nuclear</b>	7.399	7.399	7.399	3.181
<b>Almacenamiento</b>	0	0	500	2.500
<b>Total</b>	<b>107.173</b>	<b>111.829</b>	<b>133.802</b>	<b>160.837</b>

<b>Cargo</b>	<b>Nombre</b>
Presidente	Francisco Gutiérrez Ferrández
Vicepresidente	Joaquim Llansó Nores
Vocal	Ramon Arandes Renu
Vocal	Josep Gassiot Mata
Vocal	Pere Macías Arau
Vocal	Gonzalo Martín Borregón Boguña
Vocal	Maria Jesús Montoro Chiner
Vocal	Pablo Nobell Rodríguez
Vocal	M <sup>a</sup> Belén Noguera de la Muela
Vocal	Valentí Pich Rosell
Vocal	Ramon Serra Masip
Vocal	José Vicente Solano Salinas
Vocal	Ferran Travé Piqué
Vocal	Josep Túnica Buirá
Vocal coordinador	Juan Manuel Manrique Gual
Secretario	Salvador Guillermo Viñeta
Secretario adjunto	Ignasi Puig Abós

**Documento elaborado por el Grupo de Trabajo  
de Transición energética. Almacenamiento de energía.**

---

Ponente      Carlos Chica Moreu

---

Vocales      Ramón Arandes Renú  
                  Josep Dolz Ripollès  
                  Juan Ramón Domínguez  
                  Francisco Gutiérrez Fernández  
                  Juan Manuel Manrique Gual  
                  Gonzalo Martín Borregón  
                  Maria Jesús Montoro Chiner

---