

Formas de almacenamiento de energía eléctrica no químicas para energías renovables y su futuro

Demetrio Manuel Roa Perdomo

Notas del autor

Demetrio Manuel Roa Perdomo, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León

Esta investigación ha sido financiada por el propio alumno

La correspondencia relacionada con esta investigación debe ser dirigida a Demetrio Roa
Universidad Autónoma de Nuevo León, Pedro de Alba S/N, Niños Héroes, Ciudad Universitaria,
San Nicolás de los Garza, N.L.

Contacto: demetrio.roap@uanl.edu.mx

Formas de almacenamiento de energía eléctrica no químicas para energías renovables y su futuro

Introducción

En este mundo lleno de innovación y nuevas tecnologías, es simplemente asombroso, a la vez que decepcionante el darse cuenta de que los métodos de almacenamiento de energía que utilizamos actualmente son basados en los mismos principios arcaicos de los primeros almacenes energéticos, haciendo que estos no sean eficientes, prácticos o baratos, lo que nos hace vivir en un mundo donde la energía que usamos en cada momento, está siendo generado al momento la mayoría de las veces.

Notemos ahora que las energías renovables provienen de fuentes intermitentes, por lo tanto, el diseño de almacenamiento que requieren debe ser muy específico, flexible y adaptado a las necesidades de la fuente a través de la cual se obtiene la energía. Haciendo que el desarrollo de los distintos métodos de almacenamiento de energías renovables sea una de las mayores limitantes actuales cuando se habla de tratar de vivir en un mundo 100% basado en las energías renovables, ya que al no ser posible controlar cuando se generan, o no estas, llegamos a un punto en el cual nos es claro ver que encontrar maneras eficientes de almacenarlas es crucial para movernos y acercarnos a un mundo más sustentable.

Tomando en cuenta las características mencionadas previamente se han desarrollado distintas formas de almacenar la energía renovable, siendo los siguientes algunos ejemplos solo algunos de estos casos:

1. Modelo CAES

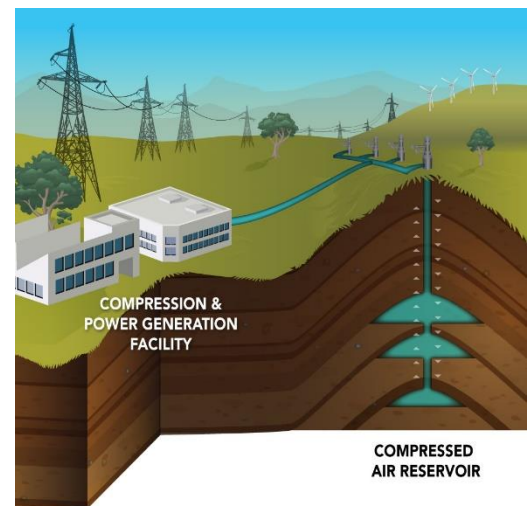
La primera vez que se implementó este método de almacenamiento de energía fue en una planta de 290 MW desarrollada por E.ON-Kraftwerk en Huntorf, Alemania en 1978. La intención de la planta era ayudar a cargas de la red a través del almacén de electricidad en forma de aire presurizado durante la noche que era cuando la demanda de energía era baja, y soltarla cuando la demanda aumentara, sorprendentemente esta planta aun funciona y se usa como de reserva, que demuestra la durabilidad de este tipo de almacenes.

Cabe aclarar que, para poder implementar la energía eólica y/o solar, así como otras fuentes de energía renovable, como un sistema eléctrico de potencia, se requiere de un proceso de

conversión eficaz. Actualmente los sistemas de almacenamiento de energía mediante aire comprimido, CAES, por sus siglas en inglés (*Compressed Air Energy Storage*), han demostrado ser amigables con el ambiente y comercialmente factibles. Y ya son utilizados en países como Estados Unidos y Alemania desde hace 2 años con mayor regularidad.

El funcionamiento de este tipo de almacenamiento es simple, consiste en comprimir aire que se encuentra a presión atmosférica, durante periodos de baja demanda, utilizando la energía renovable en cuestión. Aire que será almacenado en reservas subterráneas como: cavernas de sal, acuíferos confinados, minas abandonadas, etc. Para que en los periodos de intermitencia este aire comprimido pueda ser liberado hacia unas turbinas y al expandirse en el interior, generen a través del movimiento, energía eléctrica.

En el caso específico de la primera planta de este tipo construida, el aire comprimido es almacenado en cavernas que tardan 8 horas en llenarse a un ritmo de 108kg por segundo. De esta manera cuando la electricidad es necesaria, el aire comprimido es expulsado y calentado por gas natural, la expansión del aire activa una turbina de 32MV por 2 horas, después de las cuales la caverna tiene que volver a llenarse.



La diferencia clave entre esta primera planta y las que vinieron después de esta, es que otras tienden a tener enfoque adicional en retener el calor producido por el proceso de compresión, lo que aumenta la eficiencia de la planta.

También es importante mencionar que a pesar de que el sistema de potencia causa que haya del 2% al 3% de pérdida de energía, se considera que los SMES son muy eficientes, esto ya que sus pérdidas son muy bajas comparadas con las de otros sistemas de almacenamiento de energía, haciendo que, de usarse para almacenar la energía creadas por algo así como una planta hidroeléctrica para momentos en los que esta energía se necesite, a la vez que el flujo de agua sea menos intenso, pues se puede optar por activar una de estas plantas para suministrar la energía requerida, o realmente en combinación con cualquier otro método de energía renovable sería eficiente de utilizarse de maneras eficaces a la vez que amigables con el ambiente, tal vez tratando de evitar el tener que calentar el aire con gas natural y optar por hacer que haya mayor presión.

2. Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES)

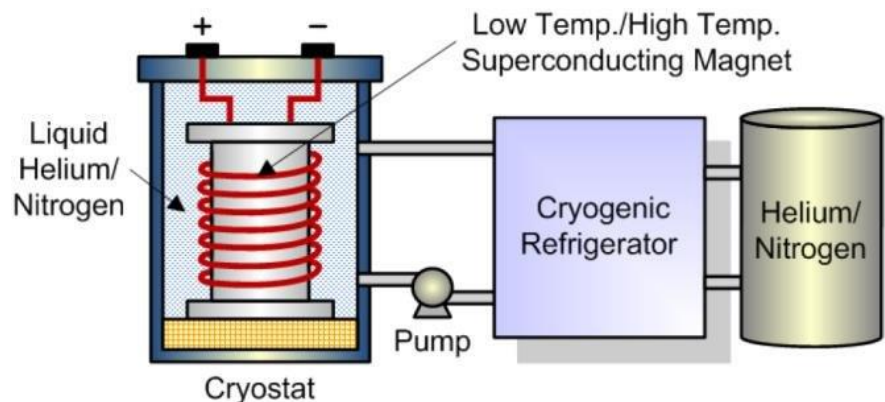
Gracias al fenómeno de la superconducción, descubierto alrededor del año 1911, y propuesto como un método de almacenamiento diurno hasta 1969, podemos implementar los SMES en la actualidad, con aplicaciones que podemos apreciar claramente reflejada en mejorar el nivelamiento de las cargas, dar estabilidad dinámica y transitoria, para tener un flujo de corriente continuo con voltajes constantes.

Antes de hablar de los SMES cabe aclarar que lo que conocemos como la superconducción es en pocas palabras, un fenómeno de la mecánica cuántica en el cual a diferencia de otros conductores ordinarios como el cobre o la plata, los cuales no tendrán resistencia igual a 0 ni aunque la temperatura baje hasta lo cercano al 0 absoluto por sus impurezas, lo que tenemos en superconductores es que la resistencia descenderá bruscamente a 0 cuando el material se enfríe por debajo de la temperatura crítica, lo que nos dará un fenómeno en el cual de tener una corriente eléctrica que fluye en una espiral de cable super conductor esta seguirá girando sin fuente de alimentación.

Con lo antes mencionado, es posible ver que los SMES están diseñados para almacenar energía dentro de un campo magnético; dada una corriente que fluye a través de una bobina superconductor, así logran tener respuesta y brindar respaldo desde las fracciones de segundo hasta varias horas. Existen dos formas de realizar la conversión de energía en un SMES:

- Usar un “current source converter” (CSC) para conectar la etapa de carga/descarga de la bobina.
- Usa un “voltage source converter” (VSC) para conectar el “chopper” con la etapa carga/descarga de la bobina.

Los modos de carga/descarga/standby son establecidos controlando el voltaje en la bobina, marcando cuando debe empezar a liberarse o almacenarse la energía. Los SMES actualmente van desde 1MW hasta



10MW y son diseñados para proveer energía en el corto plazo.

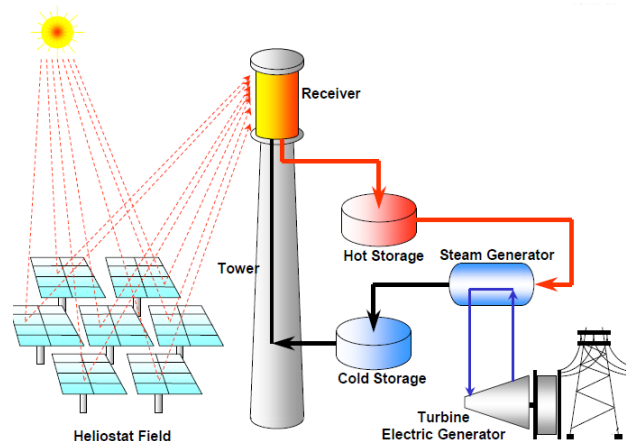
Es preciso que para poder hacer el almacén de la circulación de corriente en el anillo superconductor, se necesitan temperaturas muy bajas, tan bajas que están por debajo de incluso la temperatura crítica de superconductividad del material.

3. Almacenamiento térmico CSP

Los almacenamientos de tipo térmicos son muy amplios, ya que al incluir las tecnologías que almacenan energía térmica o calor, se podría decir que a grandes rasgos estas son todas aquellas en las cuales el sistema cuenta y se basa con la capacidad de algunos materiales para absorber calor, mantenerlo durante un determinado tiempo, solo para ser expulsado después, dicho de otra manera, nos basamos en la reversibilidad de reacciones termodinámicas.

Estos sistemas ya son utilizados en conjunto con plantas generadoras de energías renovables en países como Alemania, España, Estados Unidos y Escandinavia, de manera que la energía térmica es usualmente acumulada por medio de un colector solar, el cual envía este calor a los depósitos de calor a través de una tecnología llamada “Energía Solar por Concentración”, o CSP por sus siglas en inglés.

Esta tecnología de “Energía Solar por Concentración” utiliza elementos ópticos en forma de espejos para concentrar la energía solar, la cual se convierte a temperaturas térmicas de alrededor de 300° C y de 600° C, una vez que este así es cuestión de decidir que alimentara este calor, puede y tienden a ser turbinas generalmente de vapor o aire caliente que producen electricidad.



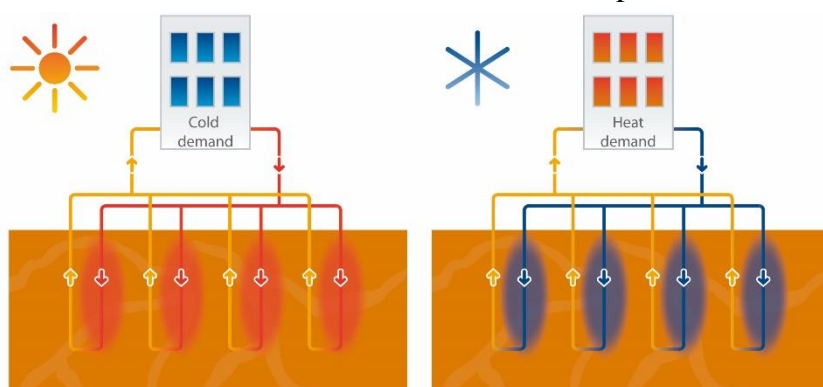
Sin embargo, cuando se trata de almacenar la energía del calor para ser usada después, se tienden a utilizar sal fundida como el método de almacenaje del calor recolectado.

Un ejemplo claro de una planta de este tipo es la planta Gemasolar en Sevilla, España, la cual tiene 19.9 MW, y el reconocimiento de ser la primera planta de este tipo a escala comercial del mundo. La manera en que funciona esta planta es que, es capaz de generar energía durante 15 horas en

ausencia de luz solar, así resolviendo el problema de suministrar energía cuando se necesita, y no en el momento, además de contribuir en gran medida al desarrollo de las energías renovables al usar un método muy innovador para almacenar energía solar.

4. Almacenamiento Termico UTES

Continuando con los métodos de almacenamiento de energía basados en el almacén de calor, tenemos lo que conocemos como el “Underground Thermal Energy Storage”, este método de almacenamiento de energía se basa en un simple razonamiento, y si tuviéramos la habilidad de almacenar el exceso de calor en el verano para dar calor en el invierno, o viceversa, si pudiéramos



utilizar el frío del invierno para hacer soportables los calores de verano.

Usualmente este tipo de almacenes, se enfocan en el almacén de calor, esto aplicando calor a un espacio bajo tierra, ya sean estas

perforaciones, acuíferos, cavernas o simples hoyos, en los cuales usualmente usamos agua para almacenar esta energía por la conveniencia que implica usarla, cabe mencionar que mientras que las perforaciones son hechas por hombres, podemos optar por usar acuíferos, cavernas u hoyos naturales para dejar un impacto menor en la naturaleza.

Y a pesar de que es posible usar cavernas u hoyos para almacenar energía térmica en grandes cantidades, los intentos de instalar o usar estos métodos de almacén de energía han sido limitados dado que la cantidad de dinero que se debe de invertir es muy grande.

Aunado a esto, el que este método de almacén de energía funcione, depende en gran medida de la geografía que rodee, así como las necesidades locales, ya que este método de almacenamiento de energía se vuelve impráctico cuando se rebasa la temperatura en la que el agua hierve dado que se tendría que empezar a considerar la presión del vapor.

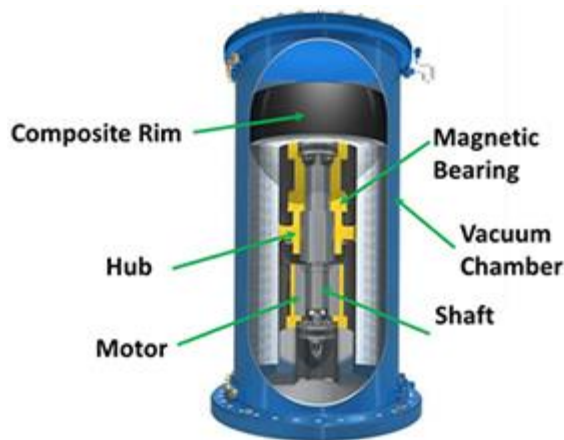
Se mencionó que es posible usar esto no para guardar energía térmica, si no para lo opuesto, limitar esta, ya que, en el caso de acuíferos, podemos aplicar agua fría solo para usarla después cuando sea necesaria.

Para finalizar podemos mencionar que se puede aprovechar la energía térmica generada por el planeta en sus capas profundas para mantener la temperatura del agua constantemente alta, sin el temor perdida de energía, o incluso aplicar el calor generado por la tecnología mencionada antes de “Energía Solar por Concentración” y usarla para mantener esta agua constantemente caliente.

5. Flywheel Energy Storage (FES)

Los Flywheels son implementados para compensar las fluctuaciones de potencia a baja escala. Se basan en un funcionamiento semejante al de los ultra-capacitores con la secuencia de carga y descarga. En este tipo de almacenamiento lo que se hace a grandes rasgos es almacenar mucha

energía usando un disco con mucha masa y diámetro girando a gran velocidad.



La manera en la que es posible que no se pierda la energía, incluso con gran rapidez, es que eliminamos los rozamientos que tiene el disco con cojines magnéticos que evitan todo contacto que en conjunto con un vacío en la cámara que contiene el disco, permiten se reduzca la fricción a casi nada.

Este mecanismo de almacenamiento de energía tiene dos etapas:

-Etapas de carga: en los momentos de poca demanda opera como motor girando a altas velocidades. La energía almacenada depende principalmente del momento de inercia y del cuadrado de la velocidad de rotación del flywheel, a su vez el momento de inercia depende del radio, masa y altura del rotor empleado.

-Etapas cuando la energía es requerida: se libera por el controlador al enviar una señal al *drive* provocando una desaceleración al inyectar corriente, la cual aplica un movimiento opuesto a la dirección de rotación generando un torque electromagnético.

Este sistema es especialmente efectivo usando fibra de carbono, dado que es resistente, y es posible hacerlo girar hasta 100,000 rpm. A su vez, es especialmente bueno en vehículos ya que es capaz

de dar grandes aceleraciones y absorber con la misma efectividad, no cuenta con efecto de memoria, y comparado a baterías químicas almacena más energía por peso.

Solo es cuestión de usar un poco de imaginación para darse cuenta de que esto combinado con una turbina eólica sería ideal para poder hacer que todas las revoluciones que de uno de estos ventiladores se use incluso sin la presencia de aire.

Conclusión

A pesar de que actualmente no contamos con los medios necesarios para hacer una transición completa a un mundo que depende enteramente de las energías renovables, es solo cuestión de tiempo antes que se vuelva más eficiente económicamente, a la vez que practico para el plantea el utilizar estos métodos de obtener energía, y como tal el desarrollo y optimización de métodos de almacenes energéticos jugaran un papel crucial en el desarrollo de este futuro.

Por lo que es reconfortante ver que las alternativas de almacenaje de energía no solo ya están presentes, si no que están siendo activamente utilizadas, solo es cuestión de esperar antes de que sean más rentables, incontables industrias ya se pueden beneficiar de estas tecnologías en este momento, pero tal vez y solo tal vez, si optimizamos estas tecnologías nosotros como ingenieros, finalmente se terminen de convencer y ayudaremos a dar un gran cambio al mundo actual.

Referencias

Alonso, A. P. (2020b). *Diseño de capas de conversión sobre acero para almacenamiento de energía*.

Dialnet.unirioja.es. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=287037>

Mejía, A. E., & Londoño, M. H. (2011). Sistemas de almacenamiento de energía y su aplicación en energías renovables. *Scientia et Technica*, 1(47), 12–16.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4517879>

Para, M., Al, O., De, T., Cristian, G., Silva, A., Profesor, R., Sofía, G., Lemus, R., Castillo, M., & Plott, R. (2016). *UNIVERSIDAD DE CHILE FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE AIRE COMPRIMIDO DENTRO DE FORMACIONES GEOLÓGICAS EN CHILE*.

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/141114/Sistemas-de-almacenamiento-de-energia-mediante-aire-comprimido-dentro-de-formaciones-geologicas-en-Chile.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Silva Ríos, C. A. (2016). Sistemas de almacenamiento de energía mediante aire comprimido dentro de formaciones geológicas en Chile. *Repositorio.uchile.cl*.

<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/141114>

Whitlock, R. (2020, 17 junio). *Compressed Air Energy Storage (CAES) Systems*. INTERESTING ENGINEERING. Recuperado 24 de noviembre de 2021, de

<https://interestingengineering.com/compressed-air-energy-storage-caes-systems>

Superconducting magnetic energy storage. (1983, 1 septiembre). IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore. Recuperado 24 de noviembre de 2021, de <https://ieeexplore.ieee.org/document/1456995>

colaboradores de Wikipedia. (2019, 20 septiembre). *Superconducting Magnetic Energy Storage*. Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado 24 de noviembre de 2021, de https://es.wikipedia.org/wiki/Superconducting_Magnetic_Energy_Storage

colaboradores de Wikipedia. (2021, 15 octubre). *Superconductividad*. Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado 24 de noviembre de 2021, de <https://es.wikipedia.org/wiki/Superconductividad>

Tecnologías de Almacenamiento de Energía y Factibilidad en Chile. (s. f.). Tecnologías de Almacenamiento de Energía y Factibilidad En Chile. Recuperado 24 de noviembre de 2021, de https://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno12/almacena/Almacenamiento_Termico.html

colaboradores de Wikipedia. (2021, 7 octubre). *Batería inercial*. Wikipedia, la enciclopedia libre. Recuperado 24 de noviembre de 2021, de https://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_inercial

Imágenes utilizadas

Compressed Air Energy Storage. (s. f.). [Ilustración]. Pacific Northwest National Laboratory.

https://caes.pnnl.gov/images/Base_v4-02.jpg

Hussain, S. (s. f.). *Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES)* [Ilustración].

ResearchGate. [https://www.researchgate.net/profile/Suhail-Hussain-](https://www.researchgate.net/profile/Suhail-Hussain-4/publication/329768714/figure/fig2/AS:705354677645312@1545181068483/Super-magnetic-energy-storage-SMES-system-design-66.jpg)

[4/publication/329768714/figure/fig2/AS:705354677645312@1545181068483/Super-magnetic-energy-storage-SMES-system-design-66.jpg](https://www.researchgate.net/profile/Suhail-Hussain-4/publication/329768714/figure/fig2/AS:705354677645312@1545181068483/Super-magnetic-energy-storage-SMES-system-design-66.jpg)

Steinfeld. (2007). *Energía Solar por Concentración* [Ilustración]. Concentración Solar de Potencia.

<https://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno13/consolar/sites.google.com/site/concentracionso-lardepotencia/tecnologias-actuales.html>

Underground Thermal Energy Storage. (s. f.). [Ilustración]. IF Technology.

https://www.iftechnology.com/wp-content/uploads/2018/07/Bodemwarmtewisselaars_engels.jpg

Beacon Power, LLC. (s. f.). *Flywheel Energy Storage* [Ilustración]. Energy Storage Association.

https://energystorage.org/wp/wp-content/uploads/2019/06/flywheel_1.jpg