



vitecfv # 44. ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

DR.C. DANIEL STOLIK

24 JULIO 2021

ARTÍCULO PUBLICADO EN JULIO 2021 EN EL BOLETÍN DE FRE DE CUBAENERGÍA-MINEM.

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

La mayor parte del manejo tecnológico de las distintas acciones relacionadas con la energía y su utilización se realizan en forma instantánea, como en los casos de uso final (calor, electricidad, transporte), pero también es utilizada en forma diferida, después de un tiempo de ser generada mediante almacenamiento, o acumulación, tema que se expone y analiza a continuación, en su relación con el aporte que brinda a la paulatina y muy necesaria soberanía energética del país.

TIEMPOS DE ACUMULACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR.

Las energías primarias (fósiles, biomasa, viento y solar) en la corteza y superficie terrestre, con excepción de la energía nuclear (que se produce por reacción *in situ*), provienen del Sol, las que de acuerdo con el tiempo de acumulación a partir del momento de recibir la radiación solar se clasifican en **no renovables (fósiles)** y **renovables**.

Las **no renovables**, acumulan la energía del Sol en un tiempo relativamente largo. En el caso del **carbón** se trata de un proceso de acumulación química de la energía solar mayor de 100 000 años. En **el petróleo y el gas** la acumulación de la energía solar en forma química es mayor de 1 millón de años.

En el caso de las **renovables**, la acumulación de la energía solar ocurre en un tiempo relativamente corto. Se diferencian en **contemporáneas** e **instantáneas**.

Entre las **contemporáneas** encontramos a **la madera**, cuyo tiempo de acumulación lo define el tiempo en que crecen los árboles, como por ejemplo 10 años. La madera al final se quema para producir calor. También tenemos la **biomasa de cultivos**; estos son los cultivados por el hombre, con tiempos de acumulación entre uno y varios años. Para la biomasa de la caña de azúcar, el bagazo, la acumulación es aproximadamente de un año. La **hidrogenaria** se origina por la diferencia de potencial en la altura del agua acumulada en épocas de lluvia, al mover las turbinas que producen la generación de energía eléctrica, en períodos de lluvia menores o iguales a 1 año. La energía del viento (**eólica**) se origina por las diferencias de temperatura y presión de la atmósfera, caracterizado por una energía que se acumula en varios días y que en forma cinética de velocidad del viento hace rotar las paletas acopladas a un generador eléctrico.

En el grupo de las **instantáneas** tenemos la **Termo solar** que produce directamente calor por radiación solar; que también se puede utilizar en la producción de vapor de agua para mover turbinas de generación eléctrica, en un recorrido que puede durar desde algunos minutos hasta menos de 1 hora. Tenemos también a la energía solar **fotovoltaica** (FV), que es la más instantánea; se produce por la conversión de la radiación electromagnética del Sol en electricidad, en fracciones de segundos en el dispositivo electrónico denominado celda solar fotovoltaica.

PRINCIPALES SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

El uso final de la energía se realiza en forma instantánea como la quema de combustible fósil para producir electricidad, iluminación cuando se enciende un bombillo, calor para cocción, o electricidad cuando se está viendo la TV. Pero se complementa con la necesidad de acumularla, como cuando se almacena combustible fósil en tanques y cisternas, pero también sobre todo para cubrir las intermitencias de la eólica y la FV, o sea, hacerlas "despachables". El tema es amplio por lo que

concentraremos el análisis en uno de los problemas más actuales e importantes del almacenamiento de energía, se trata de la generación de electricidad y su íntima relación con la transición energética y la meta de lograr el 100% del consumo energético con fuentes renovables de energía. Ello permitiría disminuir paulatinamente una enorme erogación de moneda convertible en nuestro país por importación de combustibles fósiles. Este objetivo se refiere tanto al **transporte** como a la **generación de electricidad**.

Es importante recordar que la energía eléctrica no se puede almacenar de forma directa, sino en forma química, calor, mecánica, etc. A continuación se examinan algunas de las fuentes a través de las cuales se almacena la energía para convertirlas posteriormente en electricidad en forma diferida.

BOMBEO DE AGUA.

La acumulación se produce desde un embalse situado a menor altura hacia otro más alto, desde donde por diferencia de potencial se hace pasar por una turbina para generar electricidad. Posee una larga vida útil (más de 50 años). En forma directa (instantánea) aproximadamente aporta el 16% de la generación mundial de electricidad y algo más del 40% de la generada por todas las fuentes renovables de energía (FRE), de las que un 9% se genera en forma diferida por bombeo de agua. El potencial hidráulico de Cuba es discreto y por supuesto hay que aprovecharlo al máximo posible.

BATERÍAS

La que más velocidad de crecimiento muestra. Dispositivos muy utilizados en la vida cotidiana: celulares, computadoras, etc., para el transporte eléctrico y para mitigar la intermitencia por generación eléctrica FV y eólica (fuentes de más rápido crecimiento mundial y que coincide con las de más potencial en Cuba). Las baterías continúan disminuyendo sus costos, cada año aumenta el número de vehículos eléctricos. En la medida que aumenta la penetración FV se requiriere aumentar el almacenamiento, en uso diferido de electricidad (centralizada y distribuida). Las de almacenamiento eléctrico son estacionarias más pesadas, a diferencia de las de transporte que son móviles. Las estacionarias se encarecen más por necesitar equipamiento de control inteligente para la gestión en su vinculación con la red eléctrica. Aunque el costo de ambas continúa disminuyendo, todavía significa una buena parte de las inversiones. Son varios los tipos de baterías que se producen, entre ellos sobresalen las de litio, pero tecnologías de otras variantes continúan desarrollándose mundialmente. Las de litio contienen un alto contenido de níquel y también de cobalto, aunque este último, muchos productores lo están tratando de evitar por su alto costo, aspecto que más bien es una oportunidad para Cuba, para un posible e importante encadenamiento de producirlas en Cuba, tanto para el transporte como para la generación eléctrica. En próxima vitezfv analizaremos el tema más detalladamente

HIDRÓGENO

El hidrógeno es el mejor de todos los combustibles, no contamina, pero actualmente más de 95% del que se produce a nivel mundial, sobre todo para procesos industriales, es a partir del gas natural y del carbón. También se obtiene por electrólisis y de hacerlo con electricidad procedente de FRE y mayores eficiencias, puede convertirse con el transcurso de los años en el combustible del futuro, para el transporte y para la generación eléctrica. Según pronósticos esto puede ser realidad antes de 2040, aspecto a tener en cuenta para el desarrollo de la transición energética en Cuba para 2050.

ALMACENAMIENTO TÉRMICO.

Tiene varias alternativas, solo nos referiremos a la concentración solar térmica (CSP), para la generación de electricidad, mediante calentamiento de sales fundidas, alcanzar

temperaturas de 390 °C y suministrar el calor necesario mediante vapor para generar y extender la generación eléctrica en ausencia de radiación solar, como en los sistemas lineales parabólicos o en los heliostatos. A pesar de la oportunidad que ofrece para paliar la intermitencia FV, realmente esta opción ha tenido un discreto desarrollo en pocos países, sobre todo EE.UU. y España. En 2020 solo China instaló solar térmica concentrada para producir electricidad FV. En la siguiente tabla se muestra como la CSP es solo una pequeña parte de la generación total FV, en 2020: 21,1 GW CSP vs. 760 GW FV

CSP anual y acumulada vs. FV acumulada entre 2010 y 2020

año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Anual	1,2	2,5	2,0	3,3	0	0,7	0,7	0,5	4,9	3,4	1,0
Acumulado	2,0	4,5	6,5	9,8	9,8	10,5	11,2	11,7	16,6	20,1	21,1
FV total	39	70	100	138	178	228	305	407	512	621	760
% CSP:FV	5%	6,4%	6,5%	7,1%	5,5%	4,6%	3,6%	2,5%	3,2%	3,2%	2,8%

OTRAS FORMAS DE ACUMULACIÓN DE ELECTRICIDAD

AIRE COMPRIMIDO.

Se desvía la producción eléctrica sobrante a una central de compresión de aire que lo introduce en una caverna subterránea, acuífero o mina. Cuando es necesaria la electricidad, se cambia el sentido del flujo y se extrae el aire comprimido para producir la energía al mover las turbinas y generar electricidad.

SUPERCONDENSADOR

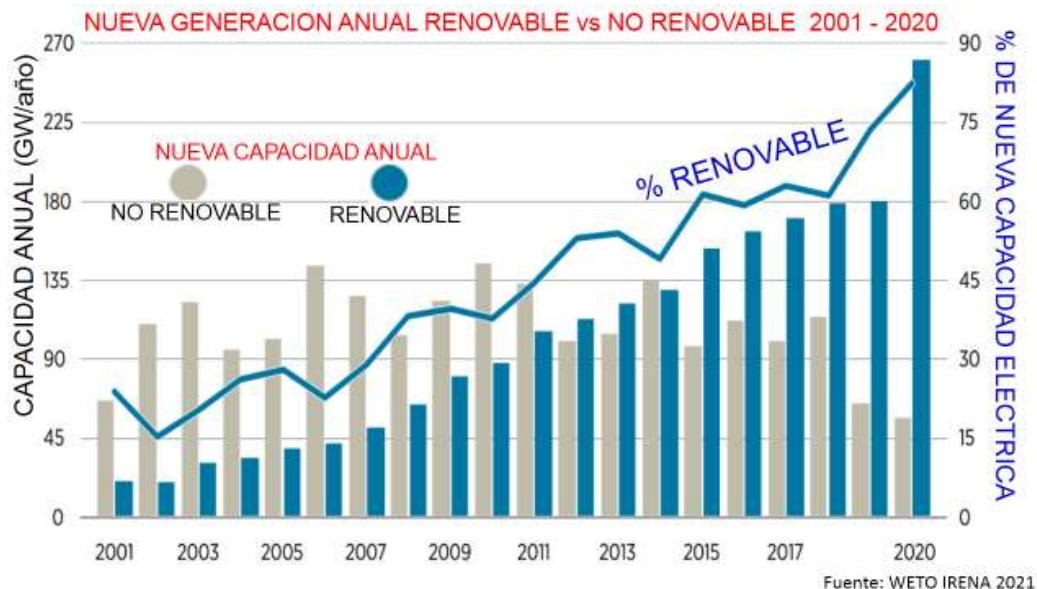
Dispositivos que pueden almacenar grandes cantidades de energía, a diferencia de las baterías, pueden cederla rápidamente. Los supercondensadores entregan casi instantáneamente la energía eléctrica que almacenan.

VOLANTES DE INERCIA.

Almacenamiento de energía cinética mediante la aplicación de una resistencia a un disco metálico giratorio. Posee altos costos de fabricación, pero con una vida útil muy larga.

RENOVABLES VS. NO RENOVABLES.

En los últimos 20 años las nuevas instalaciones anuales de generación eléctrica por FRE han ido desplazando a las no renovables en un proceso paulatino de transición energética que incluye la seguridad energética y la complementación de la generación eléctrica debido a las intermitencias FV y Eólicas.



En términos de potencia instalada las fuentes de generación de electricidad que más rápido se desarrollan son la FV, seguida por la eólica. En capacidad de energía (GWh) se debe tener en cuenta un mayor factor de planta de la eólica. El predominio mundial de la eólica y la FV continuará aumentando. También debe ser así para Cuba, por lo que es sumamente importante definir bien los pasos de la transición energética para Cuba y su relación con el almacenamiento, pero también con otras medidas de generación instantánea, como las plantas flexibles que emplean combustibles fósiles que deben ir disminuyendo, dándole paso a las FRE y a los comportamientos necesarios de los almacenamientos.

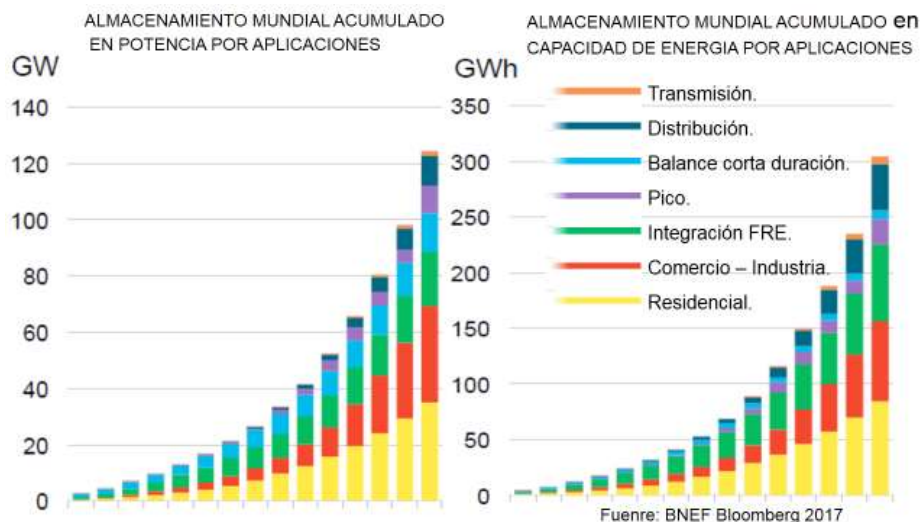
CURVA DE CARGA

El consumo de electricidad del sector residencial mundialmente muestra, en mayor o menor medida, 3 picos, el más acentuado es el vespertino nocturno. La curva de carga para el sector residencial en Cuba no es la excepción, pero la curva total final de carga en Cuba sigue mostrando 3 picos, debido a que el consumo eléctrico del sector residencial es de cerca del 60% a diferencia de este aspecto en el ámbito internacional, con el aporte de otros sectores que aplanan dicha curva.

DIVERSIDAD DE SERVICIOS DE ALMACENAMIENTO ELÉCTRICO

La utilización del almacenamiento eléctrico debe ir incrementándose con el aumento de las instalaciones FV y Eólicas. Depende de dónde, en cuánto y para qué servicio en particular se aplica, que incluye en gran medida por donde se conecta la generación por fuente de almacenamiento eléctrico y con qué objetivo se instala. Puede ser en algún lugar de la red eléctrica (antes del metro contador del cliente) o utilizar en autoconsumo, después del metro contador. En general se cumple con distintas distribuciones y objetivos por aplicaciones, como:

- Balance de corta duración: entre suministro y demanda, como la frecuencia de la red, manejado por el operador del sistema eléctrico.
- Industrial-comercial: para autoconsumo en industrias y comercios.
- Transmisión: sistema modular para almacenamiento de refuerzo a la transmisión.
- Integración ER: de almacenamiento conectado a la instalación renovable y gestionar la salida para una mejor integración a la red; puede tener requisitos en rangos de corta duración como controles de rampas.
- Distribución: sistema modular para almacenamiento, para reforzar la distribución.
- Residencial: para autoconsumo residencial.
- Capacidad de pico: para proveer capacidad en picos del sistema.



En la figura anterior se muestran los pronósticos de los aportes al respecto hacia 2030, donde el hincapié de cada aplicación cambia notablemente por países (ver anexo del libro Energía FV para Cuba). En la estrategia de desarrollo energético en Cuba se deben precisar las tendencias a lograr por cada aplicación.

CONCLUSIÓN

El transporte eléctrico precisa hasta cerca de un 100% de baterías, puede también utilizar pilas de combustible en hidrógeno y en un futuro hidrógeno para transporte pesado. Para mitigar las intermitencias FV las baterías estacionarias son algo más caras para garantizar el control y la gestión de red. Cuando el aumento de la penetración FV es pequeña la red eléctrica no precisa de tanta acumulación, a no ser para estabilizar frecuencia. Para continuar aumentando la penetración también se deben analizar diversas acciones como, aumentar los consumos diurnos de los sectores, compatibilizar carga- radiación, (bombeo de agua, frigoríficos, etc.), instalaciones híbridas FV-eólica-diésel, plantas termoeléctricas flexibles de mayores eficiencias con carácter de transición energética, aprovechar los mínimos técnicos para permitir aumentar las instalaciones FV.

Mientras tanto se deberá ir aumentando las instalaciones de baterías mediante las distintas aplicaciones (transmisión, distribución, más allá del contador, etc.). Hacia 2030 se espera que los costos de las baterías disminuyan a menos de 70 USD/kWh, pero una gran oportunidad sería producir nacionalmente las baterías para el transporte y la electricidad.

En la próxima vitecfv profundizaremos el tema del almacenamiento.

Dr.C. Daniel Stolik