

Hydrogen Fuel Cell

The Long Duration Modular Storage System (LDMS) is an answer to the increased need for flexible, reliable capacity products on carbon constrained systems with increased need for capacity. Lithium-Ion batteries are excellent for meeting capacity needs for up to four hours, but battery capital costs grow in direct proportion to the amount of energy stored. They become impossibly expensive for bridging extended periods when renewable resources may be in short supply, particularly during winter cold snaps that may last for days.

Benefits:

The LDMS system uses as-available renewable energy when in ample supply to create and store gaseous hydrogen. Stored hydrogen is used to provide power for twenty or more hours from hydrogen-fueled power plants, either combustion turbines or fuel cells. There are no carbon dioxide emissions. The only emissions from fuel cell power is clean water.

The modularity of LDMS is in the ease with which the system can be expanded in hydrogen production capability, storage capacity, and generating facilities. It is a critical piece of the decarbonization puzzle.

Celdas/Pila de combustible de hidrógeno

El hidrógeno es el elemento más simple y abundante en el universo. Es un componente importante del agua, el petróleo, el gas natural y de toda la materia viva. A pesar de su simplicidad y abundancia, no es frecuente encontrar el hidrógeno de forma natural como gas en la Tierra. El gas de hidrógeno puede producirse a través de varios métodos, siendo los más comunes la reformación de gas natural (un proceso térmico) y la electrólisis. Cuando el hidrógeno se genera como hidrógeno molecular, puede utilizarse en motores de combustión interna o en dispositivos llamados celdas de combustible. En una celda de combustible, la energía del hidrógeno se convierte directamente en electricidad con alta eficiencia y pocas pérdidas de energía. El hidrógeno es un combustible limpio que al ponerlo dentro de una celda, produce calor y agua.

Obsidian Renewables LLC está desarrollando el Sistema de Almacenamiento Modular de Larga Duración

(LDMS, en inglés) como respuesta a la creciente necesidad de productos de almacenamiento de energía flexibles y confiables en sistemas de generación de energía con limitaciones de carbono. El sistema LDMS utiliza energía renovable disponible cuando existe en abundancia para crear y almacenar hidrógeno gaseoso. Este hidrógeno almacenado se utiliza para suministrar energía durante veinte o más horas a una turbina de combustión o a celdas de combustible.

Beneficios:

Menor costo que las baterías de ion de litio cuando las necesidades de capacidad superan las 4 horas. El costo de capital de las baterías aumenta de forma directamente proporcional a la cantidad de energía almacenada y se vuelve muy caro para enfrentar periodos largos cuando los recursos renovables pueden escasear, especialmente durante las olas de frío invernales que pueden durar días. El uso de hidrógeno en una turbina de combustión o

una celda de combustible no produce emisiones de dióxido de carbono, ya que la única emisión de energía de una celda de combustible es agua limpia.

El sistema LDMS está diseñado para que la capacidad de producción de hidrógeno, la capacidad de almacenamiento y la producción de energía, sean ampliadas fácilmente.

Solar Photovoltaic

Solar photovoltaic, or “solar PV”, generates electricity by using materials that absorb energy from sunlight and convert it into electrical energy. These are known as solar cells, which are connected in larger units known as “modules” or “panels”. One solar panel may produce anywhere from 400 to 600 watts of electricity. The solar panels are mounted to structures fixed to the ground and connected to inverters which convert direct current to alternating current.

Benefits:

Solar PV is a cost-effective form of renewable energy generation. It produces energy from an abundant and renewable source (the sun!), is scalable and highly modular (can be deployed in very small or very large applications) and has relatively low construction and operations and maintenance costs over its lifecycle.

While exact costs may vary based on many factors – including location, energy market structure, cost of capital, etc. – solar PV is

now among the lowest cost forms of large-scale electricity generation. The U.S Dept of Energy, Solar Energy Technology Office, August 2021 report cites that in 2020, large utility-scale systems produced electricity at a levelized (life-cycle) cost below 5¢/kWh in locations with average sunlight, and as low as 3.5¢/kWh in the sunniest parts of the country.

Large scale solar and solar plus battery projects can provide meaningful economic and tax benefits at the local and regional community level. Large projects require significant construction labor and services while they are being built, potentially employing several hundred workers at peak construction. Construction projects will utilize local and regional service providers for services such as heavy machinery, civil work, fencing and concrete, which helps to drive local spending on other services. During operations, project infrastructure helps to expand local property tax base, which provides additional revenue for community

services and education budgets. Additionally, projects require long term, full time operational jobs, which typically range from 3-5 positions for a solar-only project, to anywhere from 10-20 personnel for a large solar plus storage facility.

Large scale solar projects do require large swaths of land, typically around 5 acres per megawatt of installed capacity. Our projects range anywhere from 500 (100 MW) to 3,500 acres (700 MW). Solar projects can be sited on land for which there is not a better alternative use, and where impacts can be minimized. Solar PV facilities do not produce any waste or air emissions during operation. Solar projects are typically designed for a useful life of roughly 35 years, after which the site may be reclaimed, with all above-ground infrastructure removed and taken off-site. Much of the material in solar panels, as well as the mounting structures and high voltage equipment, may be salvaged and/or recycled.

Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica, o “solar PV” (en inglés), genera electricidad utilizando materiales que absorben la energía del sol y la convierten en energía eléctrica. Dichos materiales se conocen como células solares, que se conectan en unidades más grandes llamadas “módulos” o “paneles”. Un panel solar puede producir entre 400 y 600 watts de electricidad. Los paneles solares se instalan en estructuras fijadas al suelo y se conectan a inversores que convierten la corriente continua en corriente alterna.

Beneficios:

La energía solar fotovoltaica es una manera rentable de generar energía renovable, debido a que produce electricidad a partir de una fuente abundante y renovable: el SOL. La energía solar fotovoltaica es ampliable y altamente modular, lo que significa que se puede utilizar en cosas muy pequeñas o muy grandes, y tiene costos de construcción y mantenimiento relativamente bajos durante su ciclo de vida.

Aunque los costos exactos pueden variar por muchos factores, como la ubicación, la estructura del mercado energético, el costo del capital, etc., la energía solar fotovoltaica

es una de las formas de generación de electricidad a gran escala más económicas. Según un informe de la Oficina de Tecnología de Energía Solar del Departamento de Energía de los Estados Unidos publicado en agosto del 2021, en el año 2020, los sistemas de servicios a gran escala produjeron electricidad a un costo nivelado (ciclo de vida) inferior a 5 ¢/kWh en lugares con luz solar promedio, y tan bajo como 3.5 ¢/kWh en las partes más soleadas del país.

Los proyectos solares a gran escala y los proyectos solares con baterías pueden ofrecer beneficios económicos y fiscales significativos a nivel local y comunitario en la región. Los proyectos a gran escala requieren mano de obra y servicios de construcción importantes durante su desarrollo, algo que puede crear cientos de empleos en la parte más intensa de la construcción. Los proyectos de construcción contratarán a proveedores locales y regionales para servicios como maquinaria pesada, trabajos civiles, cercas y concreto, lo que contribuye a impulsar el gasto local en otros servicios. Durante su funcionamiento, la infraestructura del proyecto ayuda a expandir la base fiscal

local, generando ingresos adicionales para los servicios comunitarios y los presupuestos educativos. Además, los proyectos necesitan de empleos operativos a largo plazo y de tiempo completo, que generalmente varían entre 3-5 puestos para un solo proyecto solar, y hasta 10-20 personas para una instalación solar a gran escala con almacenamiento.

Los proyectos solares a gran escala requieren grandes franjas de tierra; por lo general unos 5 acres por megawatt de capacidad instalada. La extensión de nuestros proyectos varía entre 500 (100 MW) y 3,500 acres (700 MW), y pueden ubicarse en terrenos que no tengan un mejor uso alternativo y donde se puede minimizar el impacto ambiental. Las instalaciones de energía solar fotovoltaica no generan residuos ni emisiones de aire durante su funcionamiento. Suelen estar diseñadas para tener una vida útil de aproximadamente 35 años, después de la cual el sitio puede ser rehabilitado, y retirar toda la infraestructura del sitio. Gran parte del material en los paneles solares, así como en las estructuras de montaje y en los equipos de alto voltaje, se pueden recuperar y/o reciclar.

Battery Energy Storage Systems (BESS)

Battery energy storage systems (BESS) are forms of energy storage technology that collect electrical energy and store it for later use in batteries. BESS can be an effective complement to solar energy (and other forms of intermittent generation) by storing excess renewable energy during certain times of the day and discharging it later, such as during evening hours when electricity demand increases. The most common chemistry available for grid-scale BESS is lithium-ion. Other technologies include lead-acid, zinc and redox flow. BESS systems are typically comprised of prefabricated, containerized units. Battery storage is one of several forms of energy storage technology that can improve the flexibility and reliability of our electric grid.

Benefits:

Battery energy storage, especially when paired with wind or solar photovoltaic systems, provides a way to store renewable energy to help balance supply and demand on the grid. They are cost effective, can be

deployed within several years and occupy small land areas.

The U.S. Dept of Energy 2020 Grid Energy Storage Technology report cites the total installed cost of lithium-ion batteries in 2020 at \$362/kWh at a 100 MW facility. The same report predicts the costs will decrease by 2030 for similar facilities.

Large scale solar and solar plus battery projects can provide meaningful economic and tax benefits at the local and regional community level. Large projects require significant construction labor and services while they are being built, potentially employing several hundred workers at peak construction. During operations, project infrastructure helps to expand local property tax base, which provides additional revenue for community services and education budgets. Additionally, projects require long term, full-time operational jobs, which typically range from 10-20 personnel for a large solar plus storage facility.

Battery projects have a small footprint relative to other forms of generation. Depending on technology and design, a grid-scale battery project may require only 1 acre for every 100 to 200 megawatt hours of storage capacity. BESS equipment does not produce any waste or air emissions. Battery facilities are currently designed based on a useful life ranging from 20-25 years depending. At end of life, the equipment is dismantled and removed from site, all in compliance with applicable federal and local requirements that govern the safe transport and repurposing of used materials. Recycling of batteries is an emerging industry and can help to both reduce waste and improve supply chain dynamics.

Sistemas de almacenamiento de energía con baterías (BESS)

Los sistemas de almacenamiento de energía con baterías (BESS, en inglés) son formas de tecnología de almacenamiento de energía que acumulan energía eléctrica y la almacenan para ser usada posteriormente en baterías. Los BESS pueden ser un complemento eficaz para la energía solar (y para otras formas de generación intermitente) al almacenar el exceso de energía renovable durante ciertas horas del día y descargarla más tarde, como durante las horas nocturnas cuando aumenta la demanda de electricidad. La batería disponible que se utiliza con más frecuencia para los BESS a escala de red es el ion de litio. Entre otras tecnologías se incluyen la batería de plomo y ácido, de zinc y de flujo redox. Los sistemas BESS suelen estar compuestos por unidades prefabricadas y en contenedores. El almacenamiento de energía con baterías es una de varias formas de tecnología de almacenamiento eléctrico que pueden mejorar la flexibilidad y confiabilidad de nuestra red eléctrica.

Beneficios:

El almacenamiento de energía con baterías, sobre todo cuando se combina con sistemas eólicos o solares fotovoltaicos, ofrece una manera de almacenar

energía renovable para ayudar a equilibrar la oferta y la demanda en la red. Estos sistemas son rentables, se pueden utilizar durante varios años y ocupan pocas áreas de terreno.

Según el informe de Tecnología de almacenamiento de energía en la red del Departamento de Energía de los Estados Unidos publicado en el 2020, el costo total de instalación de baterías de ion de litio en el año 2020 fue de \$362/kWh para una instalación de 100 MW. El mismo informe predice que los costos de instalaciones similares disminuirán para el año 2030.

Los proyectos solares a gran escala y los proyectos solares con baterías pueden ofrecer beneficios económicos y fiscales significativos a nivel local y comunitario en la región. Los proyectos a gran escala requieren mano de obra y servicios de construcción importantes durante su desarrollo, algo que puede crear cientos de empleos en la parte más intensa de la construcción. Durante su funcionamiento, la infraestructura del proyecto ayuda a expandir la base fiscal local, generando ingresos adicionales para los servicios comunitarios y los presupuestos educativos.

Además, los proyectos necesitan de empleos operativos a largo plazo y de tiempo completo, que generalmente varían entre 10-20 personas para una instalación solar a gran escala con almacenamiento.

Los proyectos de baterías no abarcan mucho espacio en comparación con otras formas de generación de electricidad. Dependiendo de la tecnología y del diseño, un proyecto de batería a escala de red puede necesitar de solo 1 acre por cada 100 a 200 horas-megawatt de capacidad de almacenamiento. El equipo BESS no produce residuos ni emisiones de aire. Actualmente, las instalaciones de baterías están diseñadas con una expectativa de vida útil de entre 20 y 25 años, y al final de su vida útil, el equipo se desmantela y se retira del sitio, para cumplir con los requisitos federales y locales aplicables que rigen el transporte seguro y la reutilización de materiales usados. El reciclaje de baterías es una industria emergente que puede ayudar a disminuir los residuos y mejorar la dinámica de la cadena de suministro.

Pumped Storage

Pumped storage is a type of long duration energy storage. Think of it as a giant water battery. It converts electricity into stored energy by pumping water from a lower reservoir to an upper reservoir during low-demand or low-price periods. When demand is high, water in the upper reservoir is released to flow downhill by gravity through a turbine to produce electricity. The electricity is put back into the electric grid, providing communities with the power they need to support energy independence and resiliency.

Benefits:

Pumped storage provides reliability and security of the electric grid through flexible and fast responding energy storage. It can be used as a backup power source during emergencies and blackouts and help to balance supply and demand on the grid and serves as a helpful tool to complement the intermittent nature of renewable energy. Pumped storage has a long lifespan, making it a durable and reliable energy storage solution. With full-

power storage durations of up to eight hours or more, combined with typically larger capacity ratings, pumped storage can easily qualify as “firm” (dependable) capacity.

Pumped storage offers a competitive cost compared to other forms of energy storage, especially when accounting for the long expected useful life of the system. Pumped storage projects generally have a lower cost per kilowatt-hour (kWh) of storage capacity than large-scale battery projects when amortized over useful life/total throughput. The U.S. Dept of Energy 2020 Grid Energy Storage Technology report cites the 2020 total installed cost of pumped storage at \$250/kWh at a 100 MW facility.

Pumped storage hydropower facilities bring substantial economic benefits to the local community and serve as an important element of the region’s modernized and reliable energy infrastructure. Projects of 500 MW or larger can have a construction value of \$500 million plus and require the utilization of

approximately 500 direct full-time-equivalent construction jobs during the multi-year construction phase and approximately 35 long term jobs during operation.

Pumped storage has a relatively small footprint for its energy storage and generation capacity. Pumped storage facilities are built predominantly from local materials and are not dependent on the availability of rare-earth commodities. Because pumped storage projects are highly location dependent (they can only be sited in locations with the right combination of terrain, for instance), permanent above-ground footprint project can vary depending on the required size of the upper and lower reservoirs, access roads, and any transmission infrastructure that may be needed.

Pumped storage facilities have a very long useful life (which sets them apart from other forms of energy storage) in the range of 50+ years — similar to conventional hydropower.

Almacenamiento por bombeo

El almacenamiento por bombeo es un tipo de almacenamiento de energía de larga duración. Es como una especie de batería de agua gigante que convierte la electricidad en energía almacenada al bombear agua desde una represa inferior hasta una represa superior durante períodos de baja demanda o bajos precios. Cuando la demanda es alta, el agua en la represa superior se libera para fluir hacia abajo por gravedad a través de una turbina para producir electricidad. De esta manera, la electricidad vuelve a la red eléctrica y brinda a las comunidades la energía que necesitan para apoyar la independencia y la resiliencia energética.

Beneficios:

El almacenamiento por bombeo ofrece confiabilidad y seguridad a la red eléctrica mediante el almacenamiento flexible y rápido de energía. Puede utilizarse como fuente de energía de respaldo durante emergencias y apagones, lo que ayuda a equilibrar la oferta y la demanda en la red, y funciona como una herramienta útil para complementar la naturaleza intermitente de la energía renovable. El almacenamiento por bombeo tiene una larga vida útil, lo que lo convierte en una opción de almacenamiento de energía duradera y confiable. Con una

duración de almacenamiento a plena potencia de hasta ocho horas o más, combinadas con capacidades más grandes, el almacenamiento por bombeo se puede calificar como de capacidad “firme” (confiable).

Este tipo de almacenamiento ofrece un costo competitivo en comparación con otras formas de almacenamiento de energía, especialmente si se toma en cuenta la larga vida útil del sistema. Los proyectos de almacenamiento por bombeo suelen tener un costo menor por kilowatt-hora (kWh) en capacidad de almacenamiento, que los proyectos de baterías a gran escala cuando se amortizan a lo largo de la vida útil o del rendimiento total. Según el informe de Tecnología de almacenamiento de energía en la red del 2020 del Departamento de Energía de los Estados Unidos, el costo total de instalación del almacenamiento por bombeo en el 2020 fue de \$250 por kWh en un establecimiento de 100 MW.

Las instalaciones hidroeléctricas con almacenamiento por bombeo aportan beneficios económicos sustanciales a la comunidad local y se convierten en un elemento importante de la infraestructura energética modernizada y confiable de la región. Los proyectos de 500 MW o más pueden tener un

valor de construcción de más de \$500 millones y necesitan de unos 500 empleados de tiempo completo durante la fase de construcción que dura varios años, así como de unos 35 empleados a largo plazo durante para operar el establecimiento.

El almacenamiento por bombeo tiene una huella relativamente pequeña en comparación con su capacidad de almacenamiento y generación de energía. Estas instalaciones se construyen principalmente con materiales locales y no dependen de la disponibilidad de materia prima difícil de obtener. Debido a que los proyectos de almacenamiento por bombeo dependen en gran medida de su ubicación (por ejemplo, solo pueden ubicarse en lugares con la combinación adecuada de terreno), la huella permanente en la superficie puede variar según el tamaño necesitado para los embalses superiores e inferiores, las carreteras de acceso y cualquier infraestructura de transmisión que pueda ser necesaria.

Las instalaciones de almacenamiento por bombeo tienen una vida útil muy larga, de más de 50 años, similar a la energía hidroeléctrica convencional, lo que la distingue de otras formas de almacenamiento de energía.

Fusion

Fusion is the process the sun and stars use to make energy. Fusion occurs when two atoms combine under high heat and pressure. The products have less mass than the original two atoms, meaning energy is released in the process. Fusion is the opposite of fission. Fusion has the potential to release large amounts of energy and has a nearly limitless fuel supply.

Helion is on a mission to build the world's first fusion power plant. Going beyond research and development, we aim to put fusion on the grid this decade. Helion is currently building its seventh fusion prototype, Polaris, which is expected to demonstrate electricity production in 2024. After Polaris, we plan to deliver the world's first fusion power plant in Washington State in 2028.

Benefits:

- Fusion is clean. Fusion emits zero carbon and creates no long-lived waste.
- Fusion is reliable. The fusion process can produce energy day and night. It works regardless of weather conditions and has zero risk of meltdown.
- Fusion is abundant. The Earth's oceans contain enough fusion fuel to generate billions of years' worth of zero-carbon electricity.
- Because of the relatively small requirements for fuel and land, cost of production per kWh is expected to be lower than current commercially available power.

Economic benefits:

- Lower cost of power to the consumer
- Stable energy costs because the power generated is not reliant on weather conditions
- Abundant, clean, and affordable energy allows technology, manufacturing, and other energy-intensive business to operate profitably and sustainably in the local power grid

A Helion fusion power plant is expected to have smaller land requirements, lower volume of waste, and reduced air emissions when compared to other energy sources.

Fusion

La fusión nuclear es el proceso que utiliza el sol y las estrellas para generar energía, y se produce cuando dos átomos se combinan en altas temperaturas y presión. Los productos resultantes tienen menos masa que los dos átomos originales, lo que significa que se libera energía en el proceso. La fusión es lo opuesto a la fisión, tiene el potencial de liberar grandes cantidades de energía y cuenta con un suministro de combustible casi ilimitado.

La misión de Helion es construir la primera planta de energía de fusión del mundo. Helion busca ir más allá de la investigación y el desarrollo y tiene como objetivo integrar la fusión en la red eléctrica en esta década. Actualmente, Helion está construyendo Polaris, su séptimo prototipo de fusión, que se espera que demuestre la producción de electricidad en el 2024. Después de Polaris, Helion planea inaugurar la primera planta de energía de fusión del mundo en el estado de Washington en el 2028.

Beneficios:

- Limpia: No emite carbono y no genera residuos de larga duración.
- Confiable: El proceso de fusión puede generar energía de día y de noche. Funciona independientemente de las condiciones climáticas y no tiene riesgo de fusión nuclear.
- Abundante: Los océanos de la Tierra contienen suficiente combustible de fusión para generar electricidad sin carbono durante miles de millones de años.
- Debido a los pocos requisitos de combustible y terreno, se espera que el costo de producción por kWh sea inferior al de las fuentes de energía actualmente disponibles a nivel comercial.

Beneficios económicos:

- Menor costo de energía para el consumidor.
- Los costos de energía son estables ya que la generación de la misma no depende de las condiciones climáticas.
- La energía abundante, limpia y rentable permite que la tecnología, fabricación y otros negocios de alto consumo eléctrico, operen de manera rentable y sostenible en la red eléctrica local

Se espera que una planta de energía de fusión de Helion no requiera de mucha extensión de terreno, disminuya el volumen de residuos y las emisiones de aire en comparación con otras fuentes de energía.

Battery Storage

Form Energy is an energy storage technology and manufacturing company that is commercializing a new class of multi-day energy storage systems. Form Energy's first commercial product is an iron-air battery capable of continuously discharging electricity for 100 hours, at a total installed cost per unit of energy that is less than 1/10th of today's lithium-ion battery technology. Form Energy's battery can achieve these low costs by using iron, one of the most abundant and cheapest minerals, and utilizing a reinvented and optimized "reversible rusting" technology. Form Energy's iron-air battery is modular, safe, and can be sited anywhere on the grid. Compared to other energy storage systems, Form Energy's product benefits from there being no mechanism for thermal runaway (e.g. fire), it functions off of iron, an abundant and non-toxic element, and is highly recyclable. It also represents a battery life that is much longer than any other commercialized grid-scale battery system.

Benefits:

Form Energy's 100-hour battery system is designed to meet a variety of grid needs, including allowing for reliable grid operations in systems with high amounts of intermittent renewable generation, such as wind and solar. It can also be deployed to alleviate transmission constraints and requirements, and address system needs during multi-day severe weather events or other grid disruptions that can affect other generation output.

Form Energy has over 5 GWh of announced projects under contract and development, with our first project expected to come online in 2024 with Great River Energy in Minnesota. That project will be followed by another Minnesota project, and projects in Georgia, Virginia, New York, Colorado, and California. Form Energy is currently constructing its first high-volume manufacturing factory in Weirton, West Virginia, at the site of the former Weirton Steel plant. The facility will ultimately employ

more than 750 people and will have an annual production capacity of 500 megawatts of batteries when operating at full capacity.

Almacenamiento en baterías

Form Energy es una empresa de tecnología y fabricación de almacenamiento de energía que se encuentra comercializando un nuevo tipo de sistemas de almacenamiento de varios días. Su primer producto comercial es una batería de hierro-aire capaz de descargar electricidad continuamente durante 100 horas, con un costo total de instalación por unidad de energía que es menor a 1/10 de la tecnología actual de baterías de ion de litio. La batería de hierro-aire de Form Energy logra estos costos bajos utilizando hierro, uno de los minerales más abundantes y económicos, y aprovechando una tecnología de “oxidación reversible” reinventada y optimizada. Esta batería es modular, segura y se puede ubicar en cualquier lugar de la red eléctrica. En comparación con otros sistemas de almacenamiento de energía, el producto de Form Energy no necesita mecanismos para eventos térmicos no controlados (como incendios), funciona con hierro, un elemento abundante y

no tóxico, y es altamente reciclable. Además, posee una vida útil mucho más larga que cualquier otro sistema de batería comercializado a escala de red.

Beneficios:

El sistema de batería de 100 horas de Form Energy está diseñado para satisfacer las diferentes necesidades de la red eléctrica, que incluyen permitir operaciones confiables en sistemas con altas cantidades de generación renovable intermitente, como la eólica y solar. También puede implementarse para aliviar limitaciones y requisitos de transmisión, así como para abordar las necesidades del sistema durante eventos climáticos severos de varios días u otras interrupciones en la red que puedan afectar la producción de otras fuentes de generación.

Form Energy tiene más de 5 GWh de proyectos anunciados bajo contrato y en desarrollo, y se espera que el primer proyecto comience a operar en el 2024 con Great River Energy en Minnesota. A

este proyecto le seguirá otro en Minnesota y varios en Georgia, Virginia, Nueva York, Colorado y California. Hoy en día, Form Energy está construyendo su primera fábrica de gran escala en Weirton, Virginia Occidental (West Virginia), en el lugar de la antigua planta de Weirton Steel. La instalación empleará a más de 750 personas y tendrá una capacidad de producción anual de 500 megawatts de baterías cuando funcione a toda capacidad.

Lithium-ion Battery Storage

Lithium-ion is the most popular rechargeable battery chemistry used today.

Lithium-ion batteries power the devices we use every day, like our mobile phones, computers and electric vehicles. Lithium-ion batteries consist of single or multiple lithium-ion cells, along with a protective circuit board. They are referred to as batteries once the cell, or cells, are installed inside a device with the protective circuit board.

In a lithium-ion battery, lithium ions (Li+) move between the cathode and anode internally. Electrons move in the opposite direction in the external circuit. This migration is the reason the battery powers the device—because it creates the electrical current. While the battery is discharging, the anode releases lithium ions to the cathode, generating a flow of electrons that helps to power the relevant device. When the battery is charging, the opposite occurs: lithium ions are released by the cathode and received by the anode.

Benefits:

Energy Vault builds the B-VAULT™, a fully integrated short duration (2-6 hour) lithium-ion Battery Energy Storage Systems (BESS) designed for reliability, flexibility and availability. Lithium-ion batteries are a proven technology, which can be delivered more quickly than other storage methods. The batteries can be assembled for a wide range of power requirements, are easily transported, and can be configured to fit in most any site for AC or DC applications.

Energy Vault provides both Engineered Equipment Only (EEQ) B-VAULT sales as well as Full EPC project delivery. Market-wide, the installed EPC project cost usually falls within the ~\$300/kWh-\$500/kWh range.

A Battery Energy Storage System (BESS) is a 25-to-30-year asset. The installation of a BESS employs people, requires materials, equipment and services from local businesses and provides sales tax revenue to state

and local governments. The installation increases the tax value of the property and employs people to operate and maintain the equipment.

The B-VAULT™ provides among the most energy dense installations (in terms of energy per unit of project area) around the industry today. The system produces no appreciable emissions during operation. End of life asset disposal for lithium-ion batteries is a rapidly evolving industry; currently batteries can be removed safely and delivered to battery recycling facilities.

Almacenamiento en baterías de ion de litio

Las baterías de ion de litio son las baterías recargables más populares que se utilizan hoy en día, y alimentan los dispositivos que usamos a diario, como celulares, computadoras y vehículos eléctricos. Estas baterías están formadas por una o varias celdas de ion de litio, junto con una placa de circuito protectora.

En una batería de ion de litio, los iones de litio (Li+) se mueven internamente entre el cátodo y el ánodo, mientras que los electrones se mueven en la dirección opuesta en el circuito externo. Este movimiento es lo que alimenta el dispositivo, ya que crea la corriente eléctrica. Mientras la batería se descarga, el ánodo libera iones de litio al cátodo para generar un flujo de electrones que ayuda a alimentar el dispositivo. Y lo contrario ocurre cuando la batería se carga: el cátodo libera los iones de litio y el ánodo los recibe.

Beneficios:

Energy Vault fabrica el B-VAULT™, un sistema de almacenamiento de energía con baterías (BESS, en inglés) de iones de litio totalmente integrado y de corta duración (2-6 horas) diseñado para la confiabilidad, flexibilidad y disponibilidad. Las baterías de iones de litio son una tecnología verificada, que puede estar disponible más rápido que otros métodos de almacenamiento. Las baterías pueden ensamblarse para satisfacer una amplia gama de necesidades eléctricas, se transportan con facilidad y se pueden configurar para adaptarse a casi cualquier lugar con corriente alterna (AC) o continua (DC).

Energy Vault ofrece tanto la venta del B-VAULT con solo el equipo diseñado (EEQ, en inglés) como la entrega completa de proyectos de ingeniería, adquisición y construcción (EPC, en inglés). En el mercado general, el costo de instalación de un proyecto EPC suele ubicarse en un rango de \$300/kWh a \$500/kWh.

Un Sistema de almacenamiento de energía con baterías (BESS) es un activo con una vida útil de 25 a 30 años. La instalación de un BESS ofrece empleos, requiere de materiales, equipos y servicios de negocios locales y brinda ingresos por impuestos de ventas a los gobiernos estatales y locales. La instalación aumenta el valor fiscal de la propiedad y emplea a personal para operar y mantener los dispositivos.

El B-VAULT™ ofrece una de las instalaciones más sólidas de energía (en términos de energía por unidad de terreno del proyecto) en la industria hoy en día. El sistema no produce emisiones visibles durante su funcionamiento. La disposición al final de la vida útil de los activos para las baterías de iones de litio es una industria que evoluciona rápido; actualmente, las baterías pueden desecharse de manera segura y enviarse a establecimientos de reciclaje de baterías.

Gravity Energy Storage

Gravity Energy Storage Systems (GESS) are based on the principle of pumped hydro storage, the most widely deployed energy storage solution on the planet. Utilizing one of the universe's core forces – gravity - this system stores energy by lifting weights up a slope when energy is available and lowering them later when there is an increased need or value.

Benefits:

A GESS is beneficial because it does not need large volumes of water, construction of large civil works to store and transport water, or turbines to turn generators. GESS have been designed for 80+ percent roundtrip efficiency which does not decrease significantly over time. They also do not decrease in capacity if not used for long durations and there is no risk of explosive fire or chemical spill.

Gravity storage can be accomplished in various ways. Energy Vault is developing several ways to harness gravity by creating

high and low platforms for the weights in “Evy” and “EVx” systems. The EVy system utilizes natural slopes (hills, mountains) with a customized gondola like system that moves 37-metric-ton weights between the lower and upper stations with support cables. The EVx system can be used on flat ground by construction of a large tower or building to house the weights. The weights are raised and lowered by a motor generator at the top station. Multiple lines operate concurrently to ensure a seamless and continuous power supply. The system is designed for a 50-year life.

Pricing is dependent on the site topography and discharge duration. It's typically more competitive than equivalent pumped hydro storage solutions.

Depending on the size of the facility, dozens to hundreds of temporary jobs will be required during the construction phase with approximately a dozen permanent jobs required for long term operation and maintenance of the

facility. The system has been designed for a majority of the facility to be manufactured and installed at the project site using locally sourced soil, aggregate, steel fabrication and labor force. In this way, a substantial portion of the economic investment stays within the local community. Property taxes will create an annual flow of revenue to the state and county.

The EVy requires a “parking lot” of mobile masses at the top and bottom of a slope, similar to the upper and lower reservoir required for Pumped Hydro Storage. The EVy generates zero byproducts over the operational life of the system, so no waste or air emissions to be considered. Decommissioning of the system involves recycling salvageable materials like metal ropes, structural rebar and steel, motor generator winch system, and trollies.

Almacenamiento de energía por gravedad

Los Sistemas de almacenamiento de energía por gravedad (GESS, en inglés) se basan en el principio de almacenamiento del bombeo hidroeléctrico, que es la solución de almacenamiento de energía más utilizada en el planeta. Al utilizar una de las fuerzas fundamentales del universo: la gravedad, este sistema almacena energía levantando pesas en una pendiente, cuando la energía está disponible, y bajándolas más tarde cuando hay una mayor demanda o valor.

Beneficios:

Un Sistema de almacenamiento de energía por gravedad (GESS) es beneficioso ya que no se necesitan grandes cantidades de agua, construir grandes obras civiles para almacenar y transportar agua, ni turbinas para accionar generadores. Los GESS fueron diseñados para alcanzar una eficiencia del 80% o más, que no disminuye significativamente con el tiempo. Además, no reducen su capacidad si no se utilizan durante largos períodos de tiempo y no presentan riesgo de incendios explosivos o derrames químicos.

Energy Vault está desarrollando varias formas de aprovechar la gravedad mediante la creación de plataformas altas y bajas para las pesas en los sistemas “EVy” y “EVx”. El sistema EVy utiliza inclinaciones naturales (colinas, montañas) con un sistema de góndolas personalizado, que mueve pesas de 37 toneladas métricas entre las estaciones inferiores y superiores con cables de soporte. El sistema EVx puede utilizarse en terrenos planos mediante la construcción de una torre o edificio grande para alojar las pesas, que se elevan y descienden por un generador de motor en la estación superior. Actualmente, operan varias líneas al mismo tiempo para garantizar un suministro de energía continuo y sin interrupciones. El sistema está diseñado para tener una vida útil de más de 50 años.

El precio depende de la topografía del sitio y la duración de la descarga. Suele ser más competitivo que las soluciones equivalentes de almacenamiento hidroeléctrico por bombeo.

Según el tamaño de la instalación, se

requerirán docenas o cientos de empleados temporales durante la fase de construcción, con aproximadamente una docena de empleos permanentes para el funcionamiento y mantenimiento a largo plazo de la misma. El sistema fue diseñado para que la mayoría de la instalación sea fabricada e instalada en el lugar del proyecto utilizando tierra, grava, acero y mano de obra local. De esta manera, una gran parte de la inversión económica se queda en la comunidad local. Los impuestos a la propiedad generarán un flujo anual de ingresos para el estado y el condado.

Los sistemas EVy y EVx generan productos de desecho o emisiones atmosféricas a lo largo de su vida operativa. El desmantelamiento del sistema implica el reciclaje de materiales recuperables como cuerdas de metal, barras de refuerzo y acero estructural, sistemas de manivelas del generador del motor, y carriles.

Battery Hydrogen Fuel Cells (H-Vault)

The H-VAULT is a first-of-its-kind Battery + Hydrogen solution for ultra-long duration backup energy storage. The system pairs lithium-ion Battery Energy Storage Systems (BESS) with onsite hydrogen storage and fuel cells to provide a drop-in replacement for large community and industrial backup energy storage systems. The H-VAULT is a turnkey system managed by our proprietary energy deployment control system (VaultOS EMS) and ideally suited for seasonal, standby, and daily backup power needs. Designed for large applications requiring 48+ hours of continuous power, H-VAULT provides grid resiliency and reliability when the wider electrical grid is disrupted.

Benefits:

- **Multi-Day Duration:** Supplies ultra-long duration continuous power discharge and can be refueled during operation.
- **Always Ready:** Provides stable long-term energy storage with indefinite shelf life, avoiding the fuel replacement necessary of diesel.
- **Emission Free Operation:** Produces no hazardous local particulate emissions, smells, or point source GHG emissions of any kind.
- **“Black-Start” Capable:** Ensures safe repowering after a local loss of power with black-start and grid-forming capabilities.
- **Inherent Safety:** Leverages passive and active fire safety design along with industry-leading cybersecurity architecture.

H-VAULT pricing, including capital expenditures and a long-term service agreement (LTSA), are dependent on the site location and customer use case. Expenditures are typically competitive with comparable diesel back-up installations.

The typical H-VAULT project is expected to support dozens of site-based jobs over the course of construction. Operations and maintenance will require several full-time staff over an expected life of 25 years. The U.S. has provided substantial incentive to further support technology like H-VAULT as well as support renewable (green) hydrogen production.

The H-VAULT requires a similar physical footprint to that of a comparable backup diesel generator while producing no particulate or greenhouse gas emissions and no odor. Additionally, the H-VAULT is nearly silent during operation.

Celdas de combustible de hidrógeno (H-VAULT)

La H-VAULT es una solución única en su estilo que combina baterías más hidrógeno para ofrecer almacenamiento de energía de respaldo de ultra larga duración. Este sistema combina los sistemas de almacenamiento de energía con baterías (BESS, en inglés) de ion de litio con el almacenamiento de hidrógeno y celdas de combustible, ofreciendo una alternativa lista para usar en sistemas de almacenamiento de respaldo de gran escala para comunidades e industrias. La H-VAULT está administrado por un sistema de control de suministro de energía patentado (VaultOS EMS) y es ideal para necesidades de energía de respaldo estacional, en espera y de uso diario. La H-VAULT está pensada para usos grandes que requieran 48 horas o más de energía continua, y proporciona resiliencia y confiabilidad a la red cuando esta se ve interrumpida.

Beneficios:

- Varios días de duración: Suministra descargas

continuas de electricidad de ultra larga duración y se puede recargar mientras funciona.

- Siempre lista: Ofrece almacenamiento estable a largo plazo con una vida útil indefinida, evitando la necesidad de reemplazar el combustible.
- Operación libre de emisiones: No produce emisiones peligrosas de partículas locales, olores ni emisiones de gases de efecto invernadero de ninguna índole.
- Capacidad de “Arranque inmediato” (Black-Start): Garantiza una capacidad de encendido segura después de un apagón, gracias a su capacidad de arranque inmediato y adaptación en el sistema eléctrico.
- Seguridad: Aprovecha un diseño de seguridad contra incendios pasivo y activo, junto con una arquitectura líder en ciberseguridad en la industria.

El precio de la H-VAULT, incluyendo los gastos de capital y un acuerdo de servicio a largo plazo (LTSA, en inglés), depende de la ubicación y del uso del cliente. Los gastos suelen ser competitivos si se compara con instalaciones de respaldo que utilizan diésel.

Se espera que un proyecto típico de H-VAULT aporte docenas de empleos locales durante la construcción. La operación y el mantenimiento requerirán personal de tiempo completo durante 25 años, tiempo aproximado de vida útil para este sistema. Los Estados Unidos ha brindado importantes incentivos para apoyar tecnologías como la de H-VAULT, así como para respaldar la producción de hidrógeno renovable (verde).

La H-VAULT utiliza una huella física similar a la de un generador diésel de respaldo, pero no produce emisiones de partículas ni gases de efecto invernadero y no emite olores. Además, la H-VAULT funciona de manera casi silenciosa.

Geothermal

HotRock Energy Research Organization (HERO) engages in collaborative and transformative research into the science and technologies related to Enhanced Geothermal Systems (EGS) and other advanced geothermal energy technologies. We educate the public on the importance of such research in addressing societal issues of energy supply and climate change.

HERO is committed to reducing the environmental footprint of power generation and impact to pristine landscapes by engaging in collaborative and transformative research into the science and technologies related to Enhanced Geothermal Systems and other advanced geothermal energy technologies. We educate the public on the importance of such research in addressing societal issues of energy supply and climate change.

Benefits:

- Cost competitive electricity – An Enhanced Geothermal System (EGS) has low competitive energy costs between 5-6 cents per kilowatt-hour.
- Carbon-free flexible renewable power – Zero emission, 24/7 renewable electric power that can “load follow” (adjust for demand) to support intermittent renewable energy such as solar and wind.
- Job creation – Creates jobs and allows for coal power and other fossil fuel workers to transition into geothermal plant roles.

Types of Geothermal Systems:

Dry-steam power plants take advantage of natural underground sources of steam. The steam is piped directly to a power plant, where it is used to turn a turbine-generator.

Flash-steam power plants use naturally occurring sources of hot underground water, which is pumped into a low-pressure area where the water “flashes,” or evaporates rapidly into steam where it is used to turn a turbine-generator. Flash-steam power plants are the most common type of geothermal power plants.

Binary cycle closed loop power plants use the earth’s core heat to heat water that is circulating in a closed pipeline. The pipeline extends from the surface to several miles below the surface and then returns. The heated water exchanges its heat with a liquid organic compound that has a lower boiling point than water. The organic liquid, when heated, flashes to steam, which then turns a turbine-generator.

Energía geotérmica

La Organización de investigación de energía HotRock (Hero, en inglés) se dedica a la investigación colaborativa y transformadora en ciencias y tecnologías relacionadas con los sistemas geotérmicos mejorados (EGS, en inglés) y otras tecnologías avanzadas de energía geotérmica. También provee información al público sobre la importancia de dicha investigación para solucionar problemas sociales asociados con el suministro de energía y el cambio climático.

HERO está comprometido con la reducción de la huella ambiental que genera la energía y el impacto en paisajes, a través de investigaciones colaborativas y transformadoras en ciencias y tecnologías relacionadas con los sistemas geotérmicos mejorados y otras tecnologías avanzadas de energía geotérmica.

Tipos de sistemas geotérmicos:

Las plantas de energía de vapor seco aprovechan fuentes naturales de vapor subterráneo. El vapor se

dirige por una tubería hasta una planta eléctrica, donde se utiliza para hacer girar una turbina-generator.

Las plantas de energía de vapor de destello utilizan fuentes naturales de agua caliente bajo el suelo, que se bombea a una zona de baja presión donde el agua “destella” o se convierte rápidamente en vapor que se utiliza para hacer girar una turbina-generator. Estas plantas son el tipo más común de energía geotérmica.

Las plantas de ciclo binario de circuito cerrado usan el calor del núcleo de la Tierra para calentar agua que circula por una tubería que se extiende desde la superficie hasta varias millas por debajo del suelo y luego regresa a la superficie. El agua caliente intercambia calor con un compuesto orgánico líquido que tiene un punto de ebullición más bajo que el agua, y que al calentarse se convierte en vapor, que luego hace girar una turbina-generator.

Beneficios:

- Energía renovable flexible sin carbono: Energía eléctrica renovable las 24 horas, los 7 días de la semana, sin emisiones, que puede ajustarse a la demanda para respaldar fuentes intermitentes de energía renovable, como la solar y la eólica.
- Electricidad competitiva en costos: Un Sistema Geotérmico Mejorado (EGS) tiene costos energéticos bajos, entre 5 y 6 centavos por kilowatt-hora.
- Creación de empleo: Genera empleos y permite que los trabajadores de la energía del carbón y otros combustibles fósiles hagan la transición a trabajos en plantas geotérmicas.

Sustainable Fuels / Reciprocating Engines

Sustainable fuels are any fuel that can be combusted to produce renewable or non-emitting electricity. Examples include clean hydrogen, biodiesel, and ammonia. Sustainable fuels can be produced in a variety of ways; clean hydrogen, for example, can be produced by running water through an electrolyzer that is powered by solar energy. Sustainable fuels have the same reliability and availability benefits as traditional fossil fuels but without the associated greenhouse gas emissions. Sustainable fuels represent a highly scalable source of long-duration, seasonal energy storage. In a 100% renewable energy future, sustainable fuels can provide reliable, clean energy during “renewable energy droughts,” prolonged periods when intermittent solar and wind resources are unavailable.

Wärtsilä supplies reciprocating engine technology that can efficiently and flexibly utilize these fuels of the future. Think of reciprocating engines as car engines, but with 25,000 horsepower: they can start, stop, and go anywhere in between offline and full power in seconds. These characteristics are well-suited

to integrating variable wind and solar resources, whose output varies every second, so that there is always a reliable source of power for the grid. Today, Wärtsilä supports utilities with engines that can burn renewable natural gas, 100% biodiesel, and hydrogen/natural gas blends. Wärtsilä plans to develop 100% hydrogen- and ammonia-powered engines by 2026.

Benefits

- **Reliability:** Sustainable fuels can be utilized to produce electricity regardless of weather.
- **Scalability:** Sustainable fuels are highly scalable compared to conventional energy storage technology; for example, doubling the storage capacity of a biodiesel power plant simply requires doubling the size of the fuel storage tank.
- **Modularity:** Reciprocating engines are built in blocks of about 10 - 20 MWs. A 100 MW power plant may consist of 10 engines, meaning there is high unit redundancy, ensuring power will always be available.
- **Flexibility:** Because reciprocating engines can

provide 100% power in as little as 2 minutes, they are well-suited to balance the variability of wind and solar. This flexibility enables the maximum uptake of zero-cost wind and solar energy, and ensures fuels are only combusted when absolutely necessary.

According to a 2021 study performed by Hunter et al. at the National Renewable Energy Lab (NREL), hydrogen ranks amongst the cheapest leveled costs of electricity to provide multi-day energy storage, and is approximately 2-3 times cheaper than pumped hydro storage and lithium-ion battery storage.

Depending on the type of sustainable fuel, the environmental impacts will vary. The by-product of hydrogen combustion is water. Although biodiesel is renewable, it will still have a similar impact on air quality as regular diesel. Combustion products such as nitrogen oxides (NOx) can be remediated to comply with air quality standards using best available control technologies, such as selective catalytic reduction (SCR).

Combustibles sostenibles / Motores de pistón

Los combustibles sustentables son aquellos que pueden ser quemados para producir electricidad renovable o no emisora. Entre algunos ejemplos se incluyen el hidrógeno limpio, biodiésel y amoníaco. Estos combustibles pueden producirse de diversas maneras; por ejemplo, el hidrógeno limpio puede obtenerse al pasar agua a través de un electrolizador alimentado por energía solar. Tienen los mismos beneficios de confiabilidad y disponibilidad que los combustibles fósiles tradicionales, pero sin las emisiones de gases de efecto invernadero. Representan una fuente muy ampliable de almacenamiento de energía de larga duración y estacional. En un futuro de energía 100% renovable, los combustibles sustentables pueden ofrecer energía limpia y confiable durante “sequías de energía renovable”, que son períodos prolongados de tiempo en los que los recursos solares y eólicos intermitentes no están disponibles.

Wärtsilä suministra tecnología de motores de pistón que puede utilizar estos combustibles del futuro de manera eficiente y flexible. Estos motores de pistón se parecen a los motores de los automóviles, pero con 25,000 caballos de fuerza: pueden arrancar, detenerse y funcionar a su máxima capacidad en segundos. Estas características son perfectas para integrar

recursos eólicos y solares variables, cuya producción varía cada segundo, de modo que siempre haya una fuente confiable de energía. En la actualidad, Wärtsilä brinda su respaldo a servicios públicos con motores que pueden quemar gas natural renovable, biodiésel de 100% y mezclas de hidrógeno/gas natural. Wärtsilä planea desarrollar motores alimentados al 100% con hidrógeno y amoníaco para el 2026.

Beneficios:

- **Confiable:** Los combustibles sustentables pueden utilizarse para producir electricidad sin importar el clima.
- **Adaptable:** Comparados con la tecnología de almacenamiento de energía convencional, los combustibles sustentables son altamente ampliables. Por ejemplo, duplicar la capacidad de almacenamiento de una planta de energía de biodiésel requiere duplicar el tamaño del tanque de almacenamiento de combustible.
- **Ajustable:** Los motores de pistón se construyen en bloques de aproximadamente 10 a 20 MW. Una planta de energía de 100 MW puede estar conformada por 10 motores, lo que significa una gran redundancia unitaria que garantiza que siempre exista energía disponible.

- **Flexible:** Debido a que estos motores pueden suministrar el 100% de la potencia en tan solo 2 minutos, son ideales para equilibrar la variabilidad de la energía eólica y la solar. Esta flexibilidad permite la máxima absorción de energía eólica y solar de costo cero y garantiza que los combustibles solo se quemen cuando sea absolutamente necesario.

Según un estudio del 2021 realizado por Hunter et al. en el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL, en inglés), el hidrógeno se encuentra entre los costos nivelados más bajos de electricidad para ofrecer almacenamiento de energía para varios días y es de 2-3 veces más barato que el almacenamiento por bombeo y el almacenamiento con baterías de ion de litio.

El impacto ambiental variará dependiendo del tipo de combustible sustentable. El subproducto de la combustión del hidrógeno es el agua. Aunque el biodiésel es renovable, tendrá un impacto similar en la calidad del aire que el diésel regular. Los productos de combustión, como los óxidos de nitrógeno (NOx), pueden mejorarse para cumplir con los estándares de calidad del aire utilizando las mejores tecnologías disponibles, como la reducción catalítica selectiva (SCR, en inglés).

Fission – Advanced Modular Reactors

Fission occurs when a neutron slams into a larger atom, forcing it to excite and split into two smaller atoms—also known as fission products. Additional neutrons are also released that can initiate a chain reaction. When each atom splits, a tremendous amount of energy is released. Uranium and plutonium are most commonly used for fission reactions in nuclear power reactors because they are easy to initiate and control. The energy released by fission in these reactors heats water into steam. The steam is used to spin a turbine to produce carbon-free electricity.

Improving on previous nuclear energy technologies, advanced reactors have enhanced safety features, modular designs and a smaller footprint compared with traditional reactors. Their smaller size and ability to quickly ramp up and down makes them a perfect complement to intermittent renewable resources such as wind and solar, which rely on weather conditions to generate power.

X-Energy has developed the Xe-100, an 80-megawatt electric reactor that can be

deployed as a ‘four-pack’ 320 MWe power plant, and with a modular, scalable design, the output can be increased to 960 megawatts. Developed with a focus on safety, the Xe-100 utilizes TRi-structural ISOtropic (TRISO) particle fuel – the most robust encapsulated fuel – resulting in a design that is meltdown-proof and “walk-away safe.” The more energy dense high-assay low enriched uranium (HALEU) fuel also allows for longer periods of operation, as well as a much smaller plant footprint and safety perimeter, compared to traditional plants. Module size and weight allows transportability using existing road and rail infrastructure, leading to improved install time and cost controls. Advanced SMRs can be used for power generation, process heat, desalination, and in other industrial applications that have traditionally relied on power from fossil fuels.

Detailed cost estimates have been developed and are being refined. The cost of production is contingent on the number of modules deployed and is expected to reflect the value of the technology’s

many attributes including carbon-free, firm generation that is , dispatchable, flexible and scalable.

Recent studies estimate the average SMR could create thousands of jobs and generate more than \$1 billion in economic activity. Currently, the U.S. nuclear energy industry generates 20 percent of the country’s electricity and supports half a million employees with salaries that are 30 percent higher than local averages. In addition to higher salaries, nuclear energy employees have higher rates of unionization and provide substantial employment opportunities for veterans.

Like traditional nuclear power plants, SMRs generate electricity without producing greenhouse gas emissions, making them an ideal clean energy resource. New nuclear technologies also require far less land and water compared to other resources, due to their safety and security enhancements. Depending on the design and desired output level, the expected land-use footprint for an SMR is between 20-80 acres.

Fisión - Reactores modulares avanzados

La fisión ocurre cuando un neutrón choca con un átomo más grande, forzándolo a despertarse y dividirse en dos átomos más pequeños, también conocidos como productos de fisión.

Asimismo, se liberan neutrones adicionales que pueden iniciar una reacción en cadena. Cuando cada átomo se divide, se libera una cantidad enorme de energía. El uranio y el plutonio son los elementos utilizados con más frecuencia para las reacciones de fisión en reactores nucleares, ya que son fáciles de iniciar y controlar. La energía liberada por la fisión en estos reactores convierte el agua en vapor para producir electricidad sin emisiones de carbono a través de una turbina giratoria.

Al mejorar las tecnologías de energía nuclear anteriores, los reactores avanzados cuentan con características de seguridad mejoradas, diseños modulares y un menor impacto ambiental en comparación con los reactores tradicionales. Su tamaño más pequeño y capacidad para aumentar y disminuir rápidamente los hace complementos perfectos para recursos renovables intermitentes que dependen de las condiciones climáticas para generar energía, como la energía eólica y solar.

X-Energy desarrolló el Xe-100, un reactor eléctrico de 80 megawatts que puede usarse como una

planta de energía de “cuatro unidades” de 320 MWe, y con un diseño modular y ampliable, que puede aumentar la producción de electricidad a 960 megawatts. Este reactor fue desarrollado con la seguridad en mente, y para ello utiliza combustible de partículas TRI-estructural ISOTrópico (TRISO), el combustible encapsulado más resistente, lo que resulta en un diseño a prueba de fusión y seguro. El combustible de uranio de bajo enriquecimiento y alta calidad (HALEU) más resistente también permite períodos de funcionamiento más largos, así como un tamaño de planta y un perímetro de seguridad mucho más pequeños en comparación con las plantas tradicionales. El tamaño y peso del módulo permite su fácil transporte en la infraestructura de carreteras y ferrocarriles existente, algo que lleva a un mejor tiempo de instalación y control de costos. Los reactores modulares pequeños (SMR, en inglés) avanzados se pueden utilizar para la generación de energía, procesamiento de calor, desalinización y en otros usos industriales que tradicionalmente dependen de la energía de los combustibles fósiles.

Se desarrollaron estimaciones de costos detalladas y se están refinando. El costo de producción depende del número de módulos instalados y se espera que refleje el valor de

todas sus ventajas tecnológicas, incluida la generación estable de energía libre de carbono, flexible y ampliable con capacidad de suministro.

Estudios recientes estiman que un SMR promedio podría crear miles de empleos y generar más de mil millones de dólares en la actividad económica. Actualmente, la industria de energía nuclear del país genera el 20% de la electricidad y mantiene a medio millón de empleados con salarios que son un 30% más altos que el promedio local. Además de los salarios más altos, los empleados de la energía nuclear tienen tasas más altas de sindicalización y ofrecen importantes oportunidades de empleo para los veteranos.

Al igual que las plantas tradicionales de energía nuclear, los SMR generan electricidad sin producir emisiones de gases de efecto invernadero, lo que los convierte en una fuente ideal de energía limpia. Las nuevas tecnologías nucleares también requieren una menor cantidad de agua y de terreno en comparación con otros recursos debido a sus mejoras de seguridad. Según el diseño y el nivel de producción deseado, se espera que su huella de uso en el terreno sea de entre 20 y 80 acres.

Wind Energy

From Dept. Of Energy Wind Technology Office Website

Human civilizations have harnessed wind power for thousands of years. Early forms of windmills used wind to crush grain or pump water. Now, modern wind turbines use the wind to create electricity.

Today's wind turbines consist of a tall steel tower that supports a turbine rotor and generator and consist of 100's of different components.

A wind turbine turns wind energy into electricity by using the aerodynamic force from the rotor blades, which work like an airplane wing or helicopter rotor blade. When wind flows across the blade, the air pressure on one side of the blade decreases. The difference in air pressure across the two sides of the blade creates both lift and drag. The force of the lift is stronger than the drag and this causes the rotor to spin. The rotor connects to the generator, either directly (if it's a direct drive turbine) or through a shaft and a series of gears (a gearbox) that speed up the rotation and allow for a

physically smaller generator.

This translation of aerodynamic force to the rotation of a generator creates electricity.

Utility scale wind turbines are big. The most efficient wind turbine blades average 210 feet long, and turbine towers average over 320 feet tall—taller than the Statue of Liberty. The average nameplate capacity of turbines is also increasing, meaning they have more powerful generators. The average capacity of utility-scale wind turbines installed in 2022 was 3.2 megawatts (MW).

Benefits

Wind energy is affordable. Wind prices for power contracts signed in the last few years are 1.5–4 cents per kilowatt-hour.

Wind energy is an important source of electricity. The DOE Wind Technology Office reports that in 2022, wind energy supplied more than 10% of total U.S. electricity generation, and in Washington state wind energy makes up about 6 percent of all electricity used (WA State Dept of Commerce 2021 IRP). In

2022 Washington wind energy capacity was 3407 MW.

Many of the components of wind turbines installed in the United States are manufactured here, with more than 500 wind-related manufacturing facilities across the country. The U.S. wind industry currently employs more than 125,000 people, including 23,543 in manufacturing and 45,088 in construction.

Direct Land Use - To find out what's happening in the real world, researchers at the National Renewable Energy Laboratory, NREL, surveyed 172 large-scale wind power projects to see how much land they're really using. The direct land use is a measure of the area of such things as the concrete tower pad, the power substations and new access roads. In the United States, the direct land use for wind turbines comes in at three-quarters of an acre per megawatt of rated capacity. That is, a 2-megawatt wind turbine would require 1.5 acres of land.

Energía eólica

Información extraída de la página web de la Oficina de tecnología eólica del Departamento de Energía

La civilización humana ha aprovechado la energía eólica durante miles de años. Las primeras formas de molinos de viento se utilizaron al triturar granos o bombear agua. Ahora, las turbinas eólicas modernas usan el viento para generar electricidad. Las turbinas eólicas de hoy en día están en una torre alta de acero que sostiene un rotor de turbina y un generador con cientos de componentes diferentes.

Una turbina eólica convierte la energía eólica en electricidad utilizando la fuerza aerodinámica de las aspas del rotor, que funcionan como el ala de un avión o como las aspas del rotor de un helicóptero. Cuando el viento pasa por las aspas, la presión del aire en un lado de la misma disminuye. La diferencia de presión de aire en ambos lados del aspa produce fricción y esto hace girar el rotor. El rotor está conectado al generador, bien sea directamente (si es una turbina de accionamiento directo) o a través de un eje y una serie de engranajes (una caja de cambios) que aceleran la rotación y permiten utilizar

un generador más pequeño. Esta transformación de la fuerza aerodinámica a la rotación de un generador crea electricidad.

Las turbinas eólicas a nivel de servicios públicos son grandes. Las aspas más eficientes alcanzan los 210 pies de longitud, y las torres llegan a más de 320 pies de altura, más altas que la Estatua de la Libertad. La capacidad nominal promedio a nivel de servicios públicos también está aumentando, lo que significa que tienen generadores más potentes. La capacidad promedio de las turbinas a nivel de servicios públicos instalados en el 2022 fue de 3.2 megawatts (MW).

Beneficios:

La energía eólica es económica. El precio de energía eólico establecido en contratos energéticos firmados en los últimos años es de 1.5 a 4 centavos por kilowatt-hora.

Este tipo de energía es una fuente importante de electricidad. La Oficina de tecnología eólica del Departamento de energía de los Estados Unidos informa que, en el 2022, la energía eólica suministró más del 10% de la generación total de electricidad en el país, y en el estado de Washington representa aproximadamente el 6% de toda la electricidad utilizada (Plan Integrado de Recursos 2021

del Departamento de comercio del estado de WA). En el 2022, la capacidad de energía eólica en Washington fue de 3,407 MW.

Muchos de los componentes de las turbinas eólicas instaladas en Estados Unidos son de fabricación nacional, con más de 500 instalaciones de fabricación vinculadas a la energía eólica en todo el país. La industria eólica emplea actualmente a más de 125,000 personas, incluidas 23,543 en la industria de fabricación y 45,088 en la construcción.

Uso directo del terreno: Para conocer lo que está sucediendo en el mundo, los investigadores del Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL, en inglés), realizaron una encuesta a 172 proyectos de energía eólica a gran escala para ver cuánto terreno están utilizando. El uso directo del terreno es una medida del área de componentes, como la plataforma de torre de concreto, las subestaciones de energía y las nuevas vías de acceso. En Estados Unidos, el uso directo del terreno para las turbinas eólicas se encuentra en 3/4 de acre por megawatt. Es decir, una turbina de 2 megawatts necesitaría 1.5 acres de terreno.

Hydrogen

Douglas County PUD is building a renewable or green hydrogen pilot project in Baker Flats, East Wenatchee. Initially, the facility will use 5MW of renewable power to produce 2,000kg of green hydrogen per day. The site infrastructure can phase up to 80MW capacity. Hydrogen is created through a process that separates the hydrogen and oxygen molecules in water through electrolysis. The process is energy intensive with about 80% of the input costs being electricity.

Hydrogen is a colorless, odorless, tasteless, non-toxic gas which is lighter than air. While hydrogen is not prevalent in the PNW, it is used in many industrial processes such as steel production, chemical industry and computer chip manufacturing. Hydrogen is also used in fertilizers and food processing. Transportation fuel and fuel cells are the most common residential applications.

Benefits:

The 5MW pilot project will provide efficiencies and flexibility to Douglas PUD operations at their Wells Hydroelectric Project. Generation requests can be sent to the hydrogen electrolyzer to reduce the mechanical adjustments necessary at the Wells Hydroelectric Project to balance the grid. This will reduce the maintenance necessary on the turbine units and associated equipment. When power prices are low and there is an abundance of generation, low cost power can be used to create a valuable product rather than being sold at a loss on the market.

Douglas PUD has been an innovator in the utility industry. As the state looks toward low and zero emission technologies, the utility and its customer want the PUD to be prepared for the future.

This project has been in the works for several years with the first hurdle cleared with the passage of SB 5588 in 2019 authorizing PUDs to produce and sell renewable hydrogen.

Hidrógeno

El PUD del condado de Douglas está construyendo un proyecto piloto de hidrógeno renovable o verde en Baker Flats, East Wenatchee. Inicialmente, la instalación utilizará 5 MW de energía renovable para producir 2,000 kg de hidrógeno verde por día. La infraestructura del sitio puede aumentar su capacidad hasta 80 MW. El hidrógeno se crea a través de un proceso que separa las moléculas de hidrógeno y oxígeno en el agua mediante la electrólisis. El proceso consume bastante energía y cerca del 80% de los costos de entrada son para la electricidad.

El hidrógeno es un gas incoloro, inodoro, insípido y no tóxico que es más ligero que el aire. Aunque este recurso no abunda en el noroeste del Pacífico (PNW), se utiliza en muchos procesos industriales, como la producción de acero, la industria química y la fabricación de chips de computadora. El hidrógeno también se utiliza en

fertilizantes y procesamiento de alimentos. Su uso residencial más común se encuentra en el combustible para transporte y las celdas de combustible.

Beneficios:

El proyecto piloto de 5 MW brindará eficiencia y flexibilidad a las operaciones del PUD del condado de Douglas en la presa Wells. Las solicitudes de generación pueden enviarse al electrolizador de hidrógeno para reducir los ajustes mecánicos necesarios de dicho proyecto y equilibrar la red de servicio eléctrico. Esto reducirá el mantenimiento en las turbinas y otra maquinaria. Cuando los precios de la electricidad sean bajos y exista un excedente de generación, se puede usar la energía a bajo costo para crear un producto valioso en lugar de venderse a un precio negativo (de pérdida) en el mercado.

El PUD de Douglas ha sido un factor innovador en la industria de servicios públicos. A medida que el estado busca tecnologías

de bajas y cero emisiones, la empresa de servicios públicos y sus clientes quieren que el PUD esté preparado para el futuro.

Este proyecto ha estado en marcha durante varios años y superó el primer obstáculo con la aprobación de la ley SB 5588 en 2019, que autoriza a los Distritos de servicios públicos (PUD, en inglés) a producir y vender hidrógeno renovable.