

Impactos de la generación distribuida en redes de distribución

Impacts of distributed generation in distribution networks

Juan Carlos Anchundia-Morales
janchundia4517@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-7607-9363>
Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo-
Ecuador

Alejandro Javier Martínez-Peralta
alejandro.martinez@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1176-5001>
Universidad Técnica Luis Vargas
Torres de Esmeraldas, Ecuador

Jorge Daniel Mercado-Bautista
jmercado0070@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-6055-1670>
Universidad Técnica de Manabí,
Portoviejo, Ecuador

María Isabel Vásquez-Constantine
maria.vasquez@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-6343-6317>
Universidad Técnica Luis Vargas Torres de
Esmeraldas, Ecuador

Josselyn Catalina Mantilla-Ordóñez
josselyn.mantilla.ordonez@utelvt.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-2774-1066>
Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" –
Ecuador-Esmeraldas

RESUMEN

El presente ensayo tuvo como objetivo evaluar los impactos positivos y negativos del acoplamiento de las tecnologías solares al sistema eléctrico. La mayor destrucción del efecto invernadero no solo socava el equilibrio general del ecosistema, sino que también representa una gran amenaza para la protección de los asentamientos humanos. Para ampliar la huella humana en el tiempo, la ciencia utiliza los medios para desarrollar nuevos métodos de co-gestión con el entorno natural en el que viven. El consumo de energía a partir de recursos fósiles es muy dañino porque los gases emitidos contribuyen al cambio climático, también lo es la generación de electricidad a gran escala con grandes presupuestos operativos, que combinados con los esquemas eléctricos actuales dificultan la electrificación. En el área total de servicio, aunque registrado en el extranjero, hay más del 20% de clientes sin energía eléctrica. La metodología fue una investigación aplicada con un nivel de interpretación transversal y un diseño no experimental.

Palabras claves: generación distribuida, energía solar, impactos.

ABSTRACT

The objective of this essay was to evaluate the positive and negative impacts of the coupling of solar technologies to the electrical system. The further destruction of the greenhouse effect not only undermines the overall balance of the ecosystem, but also poses a great threat to the protection of human settlements. To expand the human footprint over time, science uses the media to develop new methods of co-management with the natural environment in which they live. The consumption of energy from fossil resources is very harmful because the gases emitted contribute to climate change, so is the generation of electricity on a large scale with large operating budgets, which combined with current electrical schemes make electrification difficult. In the total service area, although registered abroad, there are more than 20% of customers without electricity. The methodology was an applied investigation with a level of transversal interpretation and a non-experimental design.

Keywords: distributed generation, solar energy, impacts.

INTRODUCCIÓN

Al mejorar sus condiciones de vida, las personas también aumentan sus posibilidades de alcanzar la más alta calidad de vida; y en estas formas de estar cómodo, la electricidad se convierte en una herramienta importante para impulsar cambios y avances tecnológicos en el mundo físico, y por lo tanto, junto con estos avances, parece observarse una tendencia mundial hacia el uso de fuentes de energía renovables, incluida la energía solar fotovoltaica, por lo que estas fuentes de energía no convencionales pueden tener capacidades de generación alta, media y baja.

De esta forma, se pronostica que la red de distribución de media tensión enfrentará diversos desafíos, como el crecimiento de la generación distribuida (GD), el aumento de la demanda de electricidad y las redes de distribución, por lo que su definición surge en la producción de energías renovables, cualquier tipo de producción de energía (energía solar, eólica) cerca de la carga de consumo del usuario final.

Es importante agregar que tal concepto de GD se remonta a muchos años atrás y puede entenderse como un medio de producción que permite crear una interconexión con puntos directos del plan eléctrico iniciado por la operación de DC centrales eléctricas en la red se utiliza, consiguiendo así un equilibrio entre la producción y la demanda de energía eléctrica, de forma que la generación de distribución eléctrica a pequeña escala se integra en la red tradicional como elemento de eficiencia productiva y de gestión, lo que también contribuye a la reducción de la producción de gases de efecto invernadero y por ende a la mitigación del cambio climático, que ya no es un simple vínculo con el transporte de la electricidad generada (González Longatt, 2014).

Cabe señalar que se han desarrollado significativamente las redes de transmisión y distribución a gran escala formadas por grandes centrales eléctricas, que incluyen el arreglo básico del proceso normal de electrificación, incluyendo la producción, transmisión, distribución y comercialización, de acuerdo a los recursos y potencialidades en la región conectando varias centrales se logrará así un aumento en la continuidad del suministro, por lo que estos sistemas interconectados serán posibles a través de la mencionada generación distribuida, pudiendo tomar en cuenta

que las futuras redes eléctricas se basará en la complementariedad de la GD con las redes convencionales; desde esta perspectiva, la combinación de celdas solares y generación distribuida se ve como un avance importante en la eficiencia y sostenibilidad de los servicios eléctricos (Ramírez y Avilio, 2014).

Sin embargo, el método de mejora no es solo tratar de darse cuenta de cómo el sistema eléctrico se está desarrollando rápidamente con la ayuda de las nuevas tecnologías, sino también comprender el impacto positivo o negativo de este método de producción (fotocélulas) en la red de distribución eléctrica convencional, mostrando así el punto de servicio estándar de calidad descrito que cumple con las normas técnicas, legales y de usabilidad, al tiempo que garantiza una red segura para los usuarios (por ejemplo, empleados u operadores).

En este caso Ecuador no escapó, así que tomen nota de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (2017) ya que muestra que el 16% de los ecuatorianos no cuentan con energía eléctrica en sus casas, según datos de 2011 del Apoyo al Sector Rural. En las zonas rurales, esta cifra aumenta al 22%, lo que también muestra que la Dirección General de Electrificación Rural aún tiene casi 500.000 hogares en las zonas rurales que carecen de proyectos de electrificación de servicios públicos. Los módulos solares deben instalarse en todos los hogares. Sin embargo, los ecuatorianos son mayoritariamente conscientes de esto. Las áreas rurales y urbanas utilizarán energía renovable no convencional de baja potencia con pequeños volúmenes de carga, ambos aislados de las redes tradicionales, lo que puede promover tecnologías de energía renovable y así lograr eficiencia energética y facilitar el uso de energía renovable.

Ahora bien, la demanda de energía eléctrica de los habitantes de la región cada día va en aumento, y con ello el costo de la energía para satisfacer esta demanda en la matriz energética del país, se utiliza la energía eléctrica que producen las centrales térmicas, el calentamiento global se ve exacerbada por la producción de gases de efecto invernadero. Se puede observar que esta solución no es la más adecuada, por lo que se buscan métodos menos contaminantes, más económicos y más eficientes en la generación distribuida, también conocida como generación in situ, que consiste básicamente en generar electricidad conectándose directamente a la red de distribución. O pequeñas unidades de potencia instaladas en consumidores de media tensión (T.M.). Además, se agregó que dicha generación distribuida puede lograrse utilizando energía solar renovable, cuya principal ventaja es el aprovechamiento de la radiación solar para producir electricidad mediante conversión térmica a alta temperatura y conversión fotovoltaica (Fernández, 2015).

El uso de esta práctica puede lograr un uso eficiente de la electricidad y reducciones significativas de los gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global. Sin embargo, la red de media tensión desconocen las innovaciones actuales en la tecnología de integración de GD o las implicaciones técnicas, económicas, regulatorias y sociales que tendrá esta integración. A partir de los resultados cuantitativos y cualitativos obtenidos, es posible analizar las ventajas y desventajas de los usuarios de energía piezoeléctrica en las ciudades mencionadas para promover el autoconsumo de energía eléctrica. En este caso, se estima que el desarrollo y crecimiento del sector energético en las redes de media tensión provocará de la misma manera desastres climáticos, lo cual es resultado del cambio climático y en parte de la producción de gases de efecto invernadero, como todos los países de la producción nacional de energía en la región. En este sentido, es importante determinar las implicaciones técnicas de la interconexión y penetración de la energía solar renovable en los sistemas tradicionales de redes de media tensión.

Por otra parte, las normas electrotécnicas que se presenten para la introducción de dichas tecnologías deberán ser evaluadas de la misma manera con el objetivo de promover el autoconsumo de las pequeñas industrias. Por lo tanto, la GD será una buena alternativa para mitigar el impacto del cambio climático, por lo que es importante cuantificar el impacto ambiental reflejado, que incluye también impactos económicos y sociales. Para cumplir con esta tarea, es necesario definir y distinguir los términos indicadores de impacto técnico, ambiental, económico, regulatorio y social, mencionados anteriormente en esta introducción, de otros términos relacionados.

De acuerdo con esta idea, el efecto de cortocircuito del sistema de generación distribuida, la estabilidad transitoria del sistema de media tensión distribuida y el estado estacionario del efecto de frecuencia pueden analizarse en el marco del impacto técnico para determinar el impacto de distribución de generación en lo tradicional.

En cuanto al impacto económico, también se analizará la posibilidad económica de los usuarios de implantar un sistema de media tensión dividida, teniendo en cuenta la tendencia a la baja de los costes de la tecnología fotovoltaica. También es importante analizar la normativa ecuatoriana en cuanto a la producción de energía solar distribuida, destacando que no existe una normativa específica para este tipo de producción, solo algunas propuestas legislativas que solo prevén el uso de esta tecnología. Por otro lado, las implicaciones académicas, que se analizarían de forma equivalente al modelado eléctrico de redes de media tensión y generación distribuida a cargas específicas, utilizando algunas herramientas informáticas para sistemas de potencia, quedarían para consideraciones de ingeniería eléctrica.

Teniendo en cuenta los enfoques anteriores, este estudio tiene como objetivo identificar los impactos técnicos, ambientales, económicos, regulatorios y sociales para facilitar la implementación y uso de esta nueva tecnología, facilitar el autoconsumo inmediato y al mismo tiempo facilitar la media tensión cubrada, producción individual de energía a pequeña escala energía en unidades para ser eficiente en un conjunto de sistemas eléctricos.

Generación Distribuida

En cuanto a la generación distribuida (GD), Barnejo (2005) señaló que históricamente la idea dominante fue que los sistemas energéticos eficientes deben basarse en grandes centrales eléctricas y largas líneas de transmisión. Este sistema centralizado parte de una base técnica donde se justifica un precio fijo independientemente del coste del servicio por usuario. Pero esto ya no es así por una serie de razones: la reestructuración industrial, la insostenibilidad del modelo actual, el envejecimiento de las centrales eléctricas tradicionales y la necesidad de un suministro seguro. Debido a estos factores, se está adoptando un nuevo sistema de generación de energía pequeña, a saber, la generación distribuida (GD), a medida que aumente la generación local, la producción de electricidad sin duda estará más distribuida de lo que está ahora.

Carvajal (2012) agregó que la generación distribuida es la producción y almacenamiento de energía eléctrica en un área pequeña y lo más cercana posible al centro de carga, con la posibilidad de comprar y vender energía eléctrica a través de un sistema interconectado o de manera aislada. La importancia de GD ha pasado a primer plano en los últimos años a medida que muchos países liberalizaron sus mercados de electricidad y comenzaron a promover el desarrollo de tecnologías de próxima generación. Otro factor que impulsa el creciente interés en la generación distribuida es la inversión en desarrollo sostenible, ya que a menudo se asocia con la producción de energía limpia. Por otro lado, la GD puede contribuir a la seguridad energética aumentando la confiabilidad del sistema. La contribución de la GD actualmente depende en gran medida de las políticas energéticas diseñadas para alentar a los usuarios a utilizar fuentes de energía alternativas a precios razonables.

Zarco (2019) afirma que la GD es una forma de producción de tecnología de energía renovable que genera electricidad en el mismo lugar donde se consume, de acuerdo con ciertas disposiciones técnicas y reglamentarias establecidas en la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica. En los últimos años, DG ha descubierto una tecnología de energía solar capaz de "democratizar" la electricidad llevándola a todos los rincones, la luz solar para consumo de electricidad"; esta es la clave para que cualquier comunidad, por pequeña que sea, pueda utilizar esta tecnología, ya sea en la Costa, Sierra, Galápagos y Oriente.

El mantenimiento y la operación requeridos del equipo DG es increíblemente simple; requiere paneles solares, inversores, pequeñas estructuras de montaje, cableado y un sistema de comunicación simple. La vida útil de los pequeños sistemas fotovoltaicos DG es de hasta 25 años, excepto el inversor, que debe reemplazarse dentro de los 10 años debido a la operación frecuente.

Castillo y Davidovich (2016) afirman que la generación distribuida es una forma de generación donde los consumidores o usuarios generan su propia energía y se conectan a la red de distribución. El término se utiliza de diversas formas en el derecho, la jurisprudencia y la doctrina. Por otro lado, cabe mencionar que la generación distribuida se refiere a la generación a pequeña escala que se conecta a una red de distribución cercana a su consumo. Esto asegura que, al reducir el flujo de energía, se reducen las pérdidas de la red. Una aplicación muy extendida de la producción compartida es la utilización de la electricidad obtenida para consumo propio; es decir, los productores-consumidores utilizan energía de producción propia en sus aparatos eléctricos, que satisfacen plenamente sus propias necesidades en el lugar de su producción.

De igual forma, Sánchez (2014) cita a la Agencia Internacional de Energía (AIE) que define la generación distribuida como la generación de energía conectada a una red de distribución de bajo voltaje y la vincula a motores eléctricos, microturbinas y microturbinas, celdas de combustible conectadas y energías renovables. El mismo autor menciona luego que la generación distribuida, según el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) de EE.UU. y Canadá, es electricidad producida en instalaciones más pequeñas que las grandes centrales eléctricas actuales para que el sistema eléctrico pueda conectarse a en cualquier momento.

Generación Centralizada vs Generación Distribuida

La visión de Valencia (2008) es favorable cuando se trata de fabricación centralizada y distribuida, y existen cinco categorías tradicionales de problemas de fabricación; la construcción y en el desmantelamiento; el funcionamiento; el servicio; el ambiente, y lo social.

La construcción de una gran central eléctrica es un proyecto a largo plazo destinado a satisfacer las necesidades futuras esperadas, la democratización de la electricidad, las necesidades futuras esperadas, cada proyecto es diferente, cada vez requiere diseño y construcción exclusivo que se requiere un gran terreno, que permite el paso de los cables de red de otros predios y sus efectos detallados al estudio ambiental del área de instalación. Esto trajo como consecuencia dos inconvenientes: en primer lugar, aumentaron de por sí largo tiempo de construcción, y, en segundo lugar, provocaron reacciones y divisiones entre la población. Hoy, la oposición a los megaproyectos se está extendiendo no solo en los países desarrollados, sino también en los países en desarrollo como India y China.

La electricidad se produce de tal manera que es necesario mantener una larga red de transmisión y distribución en grandes centrales eléctricas ubicadas lejos del punto de consumo con suficientes transformadores para manejar los cambios de voltaje.

Este gran sistema requiere energía para operar, y esta energía forma parte de las pérdidas del sistema. Además, el sistema debe garantizar que algunos de sus componentes estén siempre disponibles en situaciones de emergencia. Por lo general, en la generación de energía, esto se logra con un banco de respaldo de la misma capacidad

que el generador más grande que opera en el sistema, de modo que, si uno de ellos falla, el sistema puede continuar brindando un servicio de carga adecuado.

En los países desarrollados, los problemas fueron identificados como calidad de servicio y seguridad de suministro. Todo el mundo ha experimentado apagones o apagones durante las horas pico o momentos de alta demanda. Por ejemplo, en verano, se encienden varios acondicionadores de aire a la misma hora del día. Hoy en día, parte de la vida cotidiana se basa cada vez más en mecanismos electrónicos u ordenadores, por lo que la fiabilidad del suministro eléctrico es un requisito imprescindible.

Los eventos adversos ocurridos muestran que las grandes centrales eléctricas son vulnerables a los ataques terroristas y que las interrupciones provocadas por los desastres naturales se incrementan por dos motivos: el agravamiento y desarrollo de los fenómenos del cambio climático. Una sociedad cada vez más informatizada donde incluso una pequeña caída de voltaje puede causar grandes pérdidas económicas.

Además del impacto ambiental durante la construcción y operación, la generación de electricidad es la principal fuente de emisiones de CO2 a la atmósfera. En todo el mundo, 1800 millones de personas no tienen acceso a ninguna forma de energía comercial. La mayoría de ellos vive en países subdesarrollados con infraestructura pobre o inexistente. Llevar extensas redes de transporte a áreas remotas o mal controladas puede hacerlas imposibles o prohibitivamente caras de mantener y operar. Por lo tanto, es poco probable que los proyectos tradicionales de generación de energía satisfagan las crecientes necesidades de estas personas. La Figura 1 a continuación muestra una comparación entre la generación centralizada y distribuida que ilustra gráficamente lo anterior.

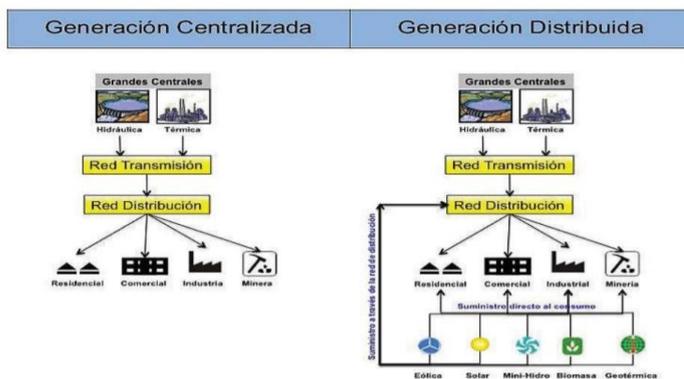
Inarquia (2014) planteó que la generación de electricidad en el sistema energético se realiza en centrales, ya sea energía fósil, energía nuclear o energías renovables como la energía térmica o fotovoltaica, haciendo que el sistema energético sea solar. La operación está regulada, pero es gratuita, lo que significa que las estaciones no solo son propiedad de las grandes compañías eléctricas, sino que cualquiera puede generar electricidad y verterla a la red, una vez que se genera la electricidad, debe ser transportada.

El transporte se realiza por cables a través de torres de alta tensión, que son gestionados por empresas de cada país. Cuando la electricidad llega cerca del punto de suministro, la distribución de electricidad es responsable de asegurarse de que la electricidad llegue al punto de demanda. La gestión de esta actividad está distribuida geográficamente. Finalmente, el empleado de marketing es el responsable de emitir las facturas de suministro eléctrico y cuantificar los servicios prestados en importes monetarios, y además hay comerciantes de electricidad en todas las regiones del mundo.

Todos, incluido el sistema eléctrico doméstico, se ven afectados por igual, el principal problema del modelo de generación centralizado son las pérdidas, pero ¿por qué se producen estas pérdidas? Esto se debe a que las centrales eléctricas no son 100% eficientes, y una vez que se genera la electricidad, se debe transportar cientos de kilómetros. Si las centrales están hechas de residuos fósiles, además de ser ineficientes, hay que comprar fósiles, ya sea petróleo o carbón, lo que los hace aún más contaminantes. Por otro lado, si la fuente de energía es renovable, el costo inicial asociado con la fuente de energía es cero porque el aire y el sol son recursos naturales gratuitos.

Por ejemplo, podemos ver que 36 unidades de energía eólica, que es una fuente de energía renovable, se convierten en 22 unidades cuando se convierte en electricidad y se divide en 20 unidades para encender una simple bombilla. Si se trata de una planta fósil residual, las 63 unidades de gas natural se convierten en 44 unidades cuando se convierte en electricidad, 22 unidades cuando se pasa por una planta de ciclo combinado y 20 unidades cuando se distribuye, y se puede observar que cuando se habla de fuentes de energía no renovables se necesita el doble de materia prima. La generación distribuida reduce las pérdidas por la eficiencia de los equipos de producción de energías renovables y la reducción de las distancias de transporte. Otro posible modelo del sistema eléctrico es el modelo distribuido, que consiste en generar electricidad en casa, por ejemplo, usando paneles solares en el techo, y cuando necesitas electricidad la usas.

Figura 1. Generación centralizada y generación distribuida



Fuente: Consultoría de construcciones bioclimáticas, eficiencia energética y energías renovables (2014).

La pregunta a responder es ¿por qué apoyar la producción compartida y el autoconsumo? En primer lugar, la promoción del uso limpio y eficiente de la electricidad (lo que significa cambiar la cultura de la sostenibilidad) y la reducción de pérdidas durante la distribución de electricidad.

En definitiva, todos estos cambios supondrán también un ahorro en la factura, lo que se traducirá en beneficios económicos para los consumidores una vez recuperada la inversión inicial. La generación distribuida es una buena opción porque el país tiene muchas horas de sol y autoconsumo.

La Consultoría de Edificaciones Bioclimáticas, Eficiencia Energética y Energías Renovables (2012) plantea que la situación energética no es solo un problema para México, sino también para el orden mundial. El petróleo, el gas natural y el carbón ya no son suficientes para satisfacer las crecientes necesidades energéticas del mundo. El mayor problema es que se supone que el sistema estructural energético actual está basado en unidades sin darse cuenta de que puede haber otro.

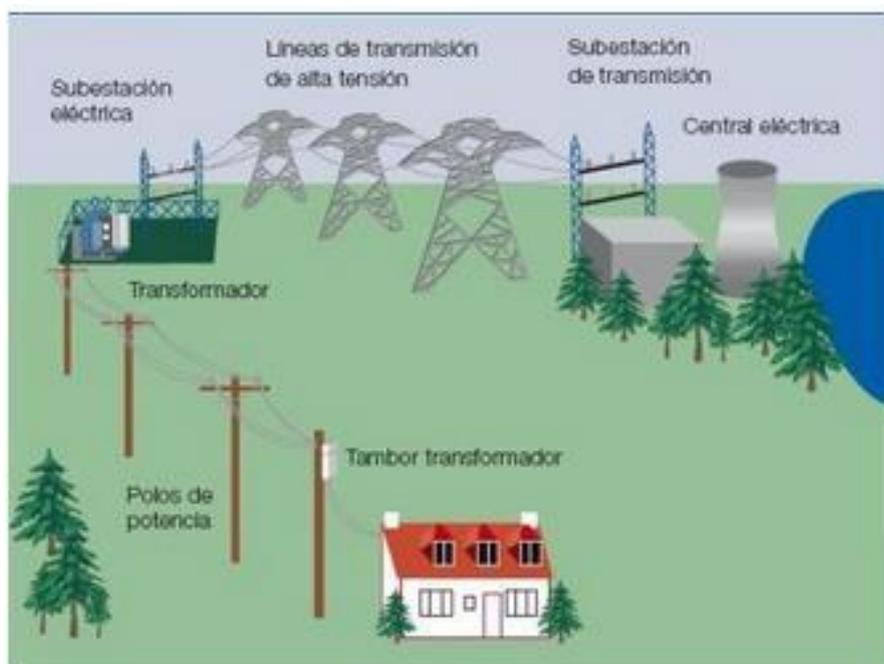
Así es como funciona: primero, los camiones diésel de servicio pesado extraen grandes cantidades de carbón, lo muelen y lo cargan en camiones diésel que se conducen a la planta de energía. Suele estar a cientos de kilómetros de distancia. Aquí, el carbón se quema junto con el dióxido de carbono y varios otros contaminantes para liberar calor.

El calor calienta el agua, que crea vapor y hace girar una turbina, que finalmente produce electricidad. Luego, la electricidad se transporta a lo largo de cientos de kilómetros a través de líneas eléctricas de alto voltaje. Finalmente, el voltaje cae en la estación transformadora y se envía a través de cables a la casa para conectarse al televisor.

No es un sistema sencillo, pero funciona para que todos los vecinos puedan ver la televisión, escuchar la radio, etc. Debido a la energía utilizada por todos los dispositivos o perdida por los cables, estos dispositivos recibirán menos del 65% de la energía original (lo que indica que no es un sistema eficiente).

Esto se denomina sistema de generación centralizado en el que la electricidad se produce en grandes cantidades de forma centralizada y luego se distribuye a través de líneas de transmisión a una gran cantidad de hogares y empresas, consulte la Figura 2.

Figura 2. Generación centralizada vs generación distribuida

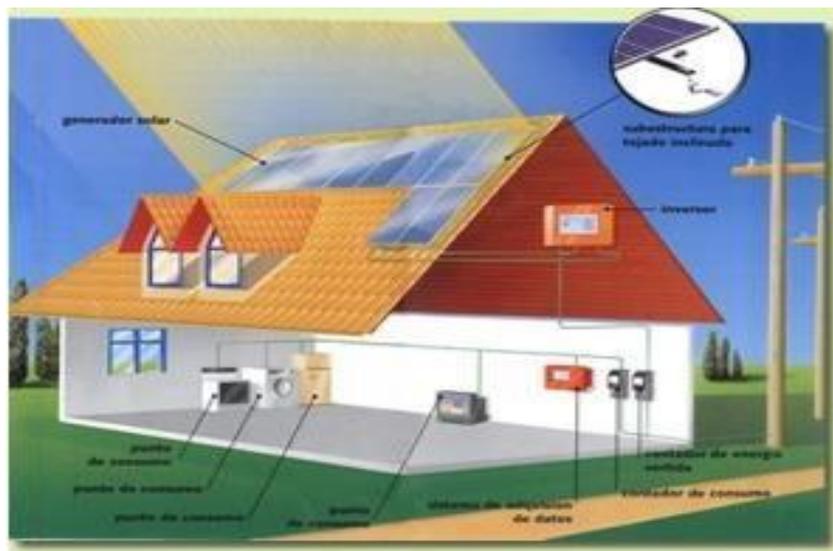


Fuente: Consultoría de Construcciones Bioclimáticas, Eficiencia Energética y Energías Renovables (2012)

Por otro lado, ¿existen sistemas de energía distribuida donde la energía se genera en lugar de consumirse, cuáles son sus ventajas? Primero, elimina las pérdidas de energía durante el transporte, también conocidas como pérdidas parásitas, que representan casi el 65% de la producción total, y es mucho más simple que los sistemas centralizados de generación de energía. El sistema de generación distribuida más popular es el panel solar. Este es un sistema de energía renovable en el hogar, por lo que una de sus ventajas es que no emite dióxido de carbono al generar energía, ya que la fuente es el sol.

Por el momento, aún no son competitivos con los sistemas centralizados en cuanto a sus precios, pero siempre que el costo de producción de esta tecnología disminuya, podrá superar la curva de competencia en un futuro cercano, desplazando sistemas obsoletos a un sistema centralizado pequeño pero muy eficiente, vea la Figura 3.

Figura 3. Sistema de generación distribuida



Fuente: Consultoría de Construcciones Bioclimáticas, Eficiencia Energética y Energías Renovables (2012).

Generación Distribuida Renovable

El Ministerio de Hacienda de Argentina (2019) afirmó que las energías renovables como la energía solar, la energía eólica, el agua de lecho de río y la energía de la biomasa se utilizan para producir electricidad para el autoconsumo y es hora de inyectar los excedentes de energía a la red de distribución. Las unidades de generación distribuida, como paneles solares, pequeñas turbinas eólicas u otras tecnologías, se pueden instalar en la industria, las pymes y los hogares, ahorrando costos de servicios públicos de electricidad y ayudando a mitigar el cambio climático. E

n este particular, Strashorra (2015) afirma que la generación distribuida consiste en generar electricidad cerca o en el mismo punto de consumo, en contraposición al concepto de generación centralizada, que actualmente es la forma dominante en las redes. Se basa en grandes centrales eléctricas, que suelen estar ubicadas lejos de los centros de consumo.

El crecimiento de la GD se deriva de la necesidad de una mayor capacidad de generación, la saturación de las redes de transmisión y distribución actuales y la entrada de energía renovable a gran escala. La GD cubre cualquier tipo de producción (y almacenamiento) de electricidad, pero es interesante cuando se trata de la producción de energía renovable. Los principales sistemas de producción de energía son: energía solar, cogeneración, eólica, microturbinas de gas, hidroeléctrica, generadores y biomasa.

Información Tecnológica (2002) destaca que se considera energía renovable a la energía obtenida de fuentes renovables como el viento, el calor y la luz solar, las cascadas y la biomasa. Estos recursos pueden utilizarse para generar electricidad, pero su uso depende de la abundancia, la madurez, la tecnología disponible y, en algunos casos, el interés y la aceptación de los usuarios finales.

Desde una perspectiva ambiental, la electricidad producida a partir de fuentes renovables reduce las emisiones en comparación con las fuentes convencionales y ahorra usos de carbón, gas natural, uranio y combustibles fósiles que no tienen alternativas y que podrían ser vitales para las generaciones futuras. La energía eólica o solar no produce emisiones, mientras que la producción de biomasa tiene un balance de CO₂ cero (siempre que haya sustitución de balance), ya que las emisiones de la combustión se compensan con la extracción de CO₂. El proceso de fotosíntesis que ocurre durante el crecimiento de las plantas.

Desde el punto de vista socioeconómico, la producción de energía renovable compartida brinda oportunidades comerciales y beneficios económicos para los residentes locales. También cabe señalar que la energía renovable es una parte fundamental del desarrollo sostenible y puede considerarse una estrategia a largo plazo en la planificación empresarial. Solo la energía solar distribuida renovable está involucrada en este estudio, algunas de las tecnologías renovables de generación distribuida son: generadores fotovoltaicos, aerogeneradores, microturbinas, biomasa.

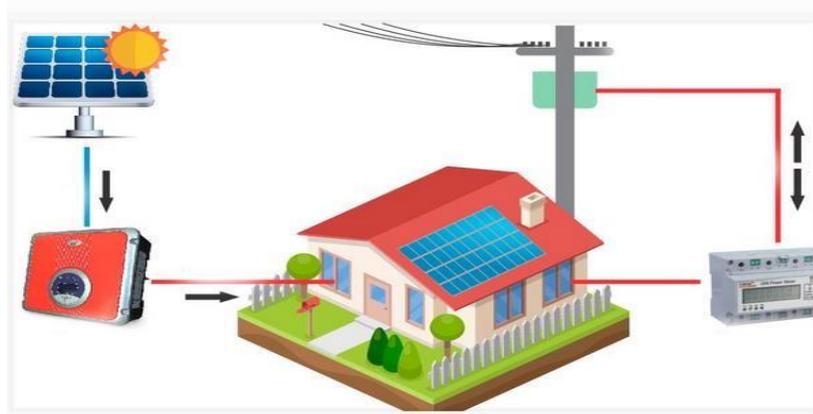
El sistema solar fotovoltaico interconectado a la red

Generadores fotovoltaicos

De acuerdo con Nadezhda (2019), los sistemas conectados a la red son aquellos que no requieren de baterías para almacenar la energía producida, ya que la energía en estos sistemas es alimentada y almacenada en la red de la CFE a través de medidores bidireccionales.

Las principales ventajas de este tipo de sistemas son que son más baratos, proporcionan energía 100% limpia, tienen un rápido retorno de la inversión en la fase inicial de inicio del proyecto y tienen una vida útil de menos de 25 años, esto significa que no tienen costos de mantenimiento ya que solo necesitan limpieza, son ideales para uso residencial y de oficinas, incluso para grandes empresas e industrias, ver Figura 4.

Figura 4. Sistema de generación distribuida solar



Fuente: Nadezhda (2019)

Por otro lado, Dexen Energy (2019) informa que un sistema de paneles solares conectado a la red es simplemente un sistema conectado a la red de CFE, por lo que utiliza electricidad tanto del sistema de paneles solares como de la red. Por lo tanto, un sistema solar conectado a la red no tiene que satisfacer todas las necesidades eléctricas del hogar. Si es necesario, la casa puede obtener electricidad de la red cuando los paneles solares no están produciendo la máxima eficiencia, como en días nublados o por la noche. Además, si los paneles de la casa producen más energía de la necesaria, el exceso de energía se alimenta a la red y se le paga. Por lo tanto, conectar los hogares a la red implicará la participación de cada propietario y su proveedor del sistema de paneles solares. En primer lugar, los proveedores de sistemas solares deben conocer las leyes locales de interconexión.

Las leyes de interconexión son reglas y procedimientos que se aplican específicamente cuando los sistemas de energía renovable, como los paneles solares, se conectan a la red. Las leyes de interconexión establecen condiciones que deben cumplir los propietarios del sistema y las empresas de servicios públicos. Comenzando con un sistema conectado a la red, su proveedor de energía solar trabajará con CFE para realizar el proceso de interconexión y medición de la red. En cuanto a su funcionamiento, los paneles solares captan los rayos del sol y los convierten en energía limpia. Un inversor convierte la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA). Se suministra corriente alterna (CA) al centro de carga para su uso. Los medidores bidireccionales determinan la cantidad de energía alimentada a la red. El exceso de energía se envía a CFE y se le paga a usted. Una vez más, las células solares conectadas a la red tienen varias ventajas:

Tener stock: A veces por tormentas o por la noche, la eficiencia no es la mejor. Sin embargo, muchas de nuestras actividades diurnas y nocturnas seguirán requiriendo electricidad. Aquí solo se utiliza electricidad de la red. A diferencia de los sistemas fuera de la red que pueden quedarse sin energía. El resultado es menos energía desperdiciada y un sistema más eficiente. A menos que se produzca un corte de energía, puede usar la energía las 24 horas del día, los 7 días de la semana, siempre que su sistema esté conectado a la red.

Costo: los sistemas fuera de la red requieren equipos más especializados para funcionar correctamente, lo que los encarece rápidamente. Por supuesto, un equipo más pequeño generalmente significa menores costos de instalación y mantenimiento. Esto se aplica a la mayoría de los sistemas de red. Dado que la red actúa como la batería del sistema, no solo no tiene que pagar por las baterías, sino que tampoco tiene que pagar por el mantenimiento asociado con esas baterías.

Contabilidad neta; El concepto clave que se debe entender sobre un sistema conectado a la red es que le permite suministrar electricidad a la red durante el día cuando se genera energía y usar la red para suministrar energía durante la noche. La medición neta es un proceso de facturación que acredita a un sistema conectado a la red por producir más energía de la que necesita un hogar.

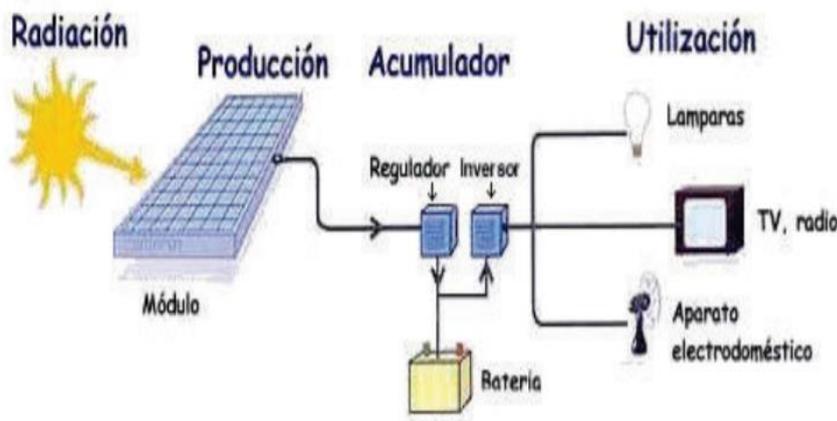
Los medidores de energía monitorean este intercambio entre su sistema solar y la red. Generar demasiada energía hará que su medidor funcione hacia atrás en lugar de hacia adelante, lo que le dará crédito. Los créditos se pueden utilizar para compensar los pagos por el uso futuro de energía.

Solarbox Renewable Energy (2019) afirmó que la energía solar fotovoltaica es el uso de energía fotovoltaica para producir electricidad y el flujo de electrones producido al irradiar luz sobre materiales semiconductores. Este tipo

de generación de electricidad se utiliza en áreas remotas donde la electricidad no puede llegar. Sin embargo, su expansión y disponibilidad de tecnología como fuente de generación de red ha sido rápida en los últimos años. Los sistemas solares conectados a la red son uno de los sistemas solares más comentados en los últimos años. La diferencia esencial entre los sistemas solares autónomos y los conectados a la red es que en este último caso no existe un subsistema de almacenamiento formado por baterías y regulación de carga. Además, en un sistema conectado a la red, el convertidor debe estar en fase con el voltaje de la red.

Los componentes principales de un sistema solar conectado a la red son: paneles o módulos solares y sus respectivos circuitos DC/DC, un elemento acondicionador de la corriente producida (inversor AC/DC) cuya función es regular la energía eléctrica producida. consulte la Figura 4 y la Figura 5 para conocer las características de los paneles conectados a la red y, finalmente, la estrategia de control que permite que el sistema funcione correctamente.

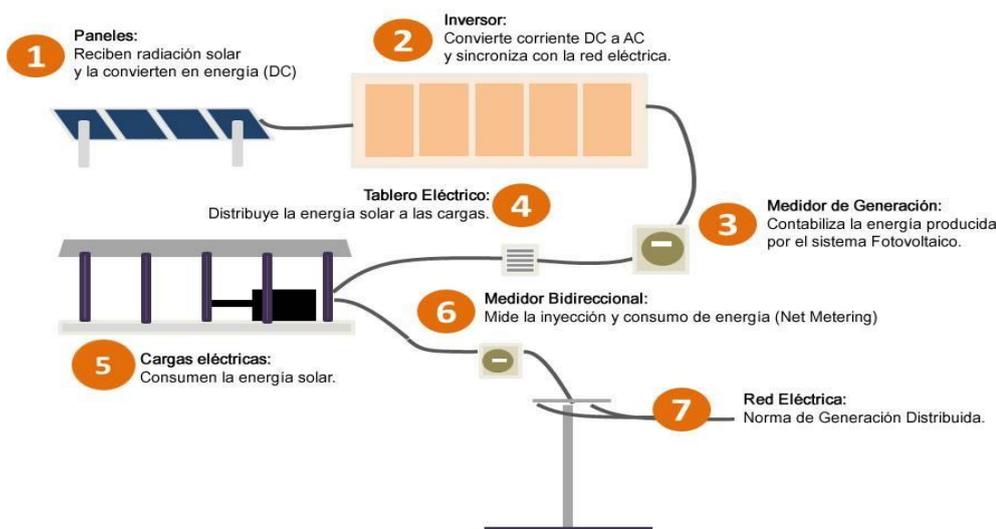
Figura 5. Componentes de un sistema de generación fotovoltaicas



Fuente: Consultoría de Construcciones Bioclimáticas, Eficiencia Energética y Energías Renovables (2014).

Figura 6. Diagrama de Sistema Fotovoltaico

Diagrama Sistema de Energía Fotovoltaico



Fuente: Consultoría de Construcciones Bioclimáticas, Eficiencia Energética y Energías Renovables (2014).

Efectos de la generación distribuida en un sistema eléctrico

Mendiara (2013) afirmó que un análisis para evaluar el impacto de la generación distribuida en las redes de distribución debe incluir:

Flujo de potencia: un cálculo de flujo de potencia es una evaluación cuantitativa de la transferencia de potencia resultante en una red. Conociendo la potencia generada y la carga del sistema, es posible calcular el flujo de corriente

bajo diferentes condiciones de operación. Se distinguirá entre corriente de potencia real (P) y reactiva (Q).

Pérdidas de energía: al dividir la energía en electricidad, el proceso mismo pierde algo. Se investigará si la generación distribuida puede ayudar a aumentar o disminuir las pérdidas de energía en la red.

Estabilidad de tensión: La capacidad del sistema de potencia para mantener el voltaje en todos sus nodos dentro de límites aceptables cuando el sistema está operando en condiciones normales y después de algunos cambios. Las caídas de tensión debidas a condiciones de funcionamiento cambiantes pueden causar inestabilidad en el sistema. Esto sugiere que mantener un perfil de presión sin una gran caída después de la adición de GD es beneficioso para no desestabilizar el sistema. En el caso real, se cuantificará la tensión en unidades de magnitud (p.u) para observar qué modificaciones ha introducido el GD.

Análisis de fallos: Los errores en las condiciones de operación pueden causar la falla de sus elementos constituyentes. El resultado suele ser una corriente alta donde está la falla. Estas corrientes de falla amenazan tanto la fuente de alimentación como los componentes de la red. En el presente caso, la falla modelada será una falla de línea a tierra en condiciones de carga máxima del sistema. El parámetro de análisis será la corriente de falla (A).

Capacidad de transferencia de potencia: La capacidad de transferencia de energía en un sistema eléctrico representa la cantidad de energía que se puede transferir entre diferentes áreas del sistema sin comprometer su seguridad. Este es un concepto muy útil cuando se planea introducir GD en un sistema, ya que uno de los problemas a evitar es la congestión de la línea (la demanda excede la capacidad de transmisión). Para este propósito, puede ser más interesante saber cuál es la cantidad máxima de corriente que se puede transferir de un área a otra en un sistema eléctrico.

El parámetro para evaluar su desarrollo con y sin GD es la capacidad máxima de transferencia de potencia (CTDD) del sistema de distribución. Mide la capacidad del sistema para mantener la seguridad en caso de un corte de energía. Para la red de investigación de este proyecto se calculan los CTDD máximos y los elementos limitantes para cada región del circuito eléctrico y para los diferentes escenarios de operación definidos en la simulación. Este cálculo se realizará para el caso base (funcionamiento normal de la red) y el caso en que el sistema se vea afectado por un evento inesperado (una línea abierta que provoque una falla).

Análisis de estabilidad transitoria: La estabilidad del sistema de potencia es la capacidad del sistema para volver a un estado estable después de una perturbación en la que la mayoría de las variables del sistema están restringidas de manera que todo el sistema permanece intacto. La inestabilidad posterior a la falla se manifiesta como un aumento de las oscilaciones angulares de algunos generadores. Por tanto, el parámetro a observar será el ángulo del rotor, variable que se ve directamente afectada por problemas causados por perturbaciones que pueden hacer que todo el sistema pierda la sincronización. Este concepto es la denominada estabilidad transitoria, que expresa los efectos positivos y negativos de la generación distribuida sobre la red en Chusin y Escobar (2015) y se explica brevemente a continuación.

Efecto en las pérdidas del sistema: En general se puede decir que introduciendo la corriente generada por el GD conectado al nodo de la red se pueden reducir las pérdidas, ya que al reducir la fuerza del ramal se reduce la caída de tensión y por tanto las pérdidas en el tramo líneas, pero si la penetración de DG aumenta, afecta la capacidad calorífica del conductor, por lo que las pérdidas aumentan. Los bancos de capacitores reducen las pérdidas como los DG, pero la principal diferencia es que los DG afectan tanto la corriente de potencia real como la reactiva, mientras que los capacitores solo afectan la corriente de potencia reactiva.

Efecto en el flujo de carga: El efecto de la GD en el flujo de corriente está relacionado con la corriente y el voltaje en los nodos de alimentación, cuando se agregan una o más fuentes generadoras a una red alimentada desde una subestación, el voltaje en los nodos de la red tiende a aumentar debido a la corriente que fluye desde la subestación, la carga de la subestación cae y las cargas se alimentan desde una fuente más cercana detrás de la red, lo que reduce la caída de voltaje en la línea.

Pero la otra cara de la moneda es que la potencia añadida es superior a la que pueden soportar los conductores de alimentación, lo que hace que se destruya la potencia térmica del conductor, lo que aumenta la resistencia del conductor y, por tanto, también aumenta las pérdidas. El criterio en este caso es "relevante" el GD para que la red entre en un estado de funcionamiento normal (se entiende por "funcionamiento normal" el estado en el que la red opera sin sobrepasar los límites térmicos y de tensión). Si la GD produce más energía de la que consume y el sistema puede soportar este flujo de carga sin problemas, el exceso de energía se transfiere a la red de transmisión a través de la subestación principal.

Efecto sobre las corrientes de falla y equipos de protecciones: El efecto de cortocircuito en cada nodo está influenciado por muchos parámetros, uno de los cuales es el cambio en la topología de la red debido a la conexión de nuevos generadores o cargas. Además, los generadores conectados al sistema generan corriente de falla para eventos de falla. Teniendo en cuenta los aspectos anteriores, los sistemas de protección de la red se verán afectados, ya que estos dispositivos están diseñados para ciertos valores de sobrecarga y tienen su propio rango de tolerancia máxima, lo que puede convertirse en un factor limitante para conectar nuevos generadores.

Por lo tanto, se debe dimensionar y/o recalibrar el dispositivo de protección (número y capacidad) al nuevo valor

de corriente de falla, y se debe determinar el tiempo de operación del dispositivo de protección para la nueva corriente de falla. En general, los generadores síncronos hacen una gran contribución a la corriente de falla, los generadores de inducción, uno pequeño, y los generadores de corriente continua, con la ayuda de equipos electrónicos.

Efectos sobre la calidad de la energía: La instalación de GD afecta la calidad de la electricidad de varias formas, entre las que podemos mencionar; inyección de armónicos cuando se utiliza una interfaz con un inversor, lo que complica el funcionamiento de la unidad estabilizadora de tensión; introduciendo "parpadeo" (flickering) de una generación para aumentar el riesgo de resonancia ferromagnética.

Efecto sobre la confiabilidad de un sistema eléctrico: Analizando la confiabilidad del sistema descrito, la presencia de GD en el sistema de distribución tiene un aspecto positivo desde el punto de vista de la confiabilidad, ya que a medida que la GD se convierte en una fuente alternativa de energía para la red, los tiempos de inactividad de los usuarios aguas abajo por falla permanente aumentarán. ocurrir. reducir el número de secciones o áreas que han fallado desde la ruptura (debido a errores persistentes).

Para estos usuarios, es aproximadamente el tiempo requerido para aislar la parte dañada, más que el tiempo requerido para reparar el componente dañado o el tiempo requerido para transferir la carga a un alimentador adyacente, mejorando así el índice de confiabilidad del sistema. La principal diferencia entre las alternativas de potencia que usan alimentadores adyacentes y las que usan GD es que con estas últimas la topología de la red no cambia, por lo que el tiempo de operación es menor que cuando se transportan cargas eléctricas, y hay que volver a ella después de las reparaciones de los componentes de la topología inicial.

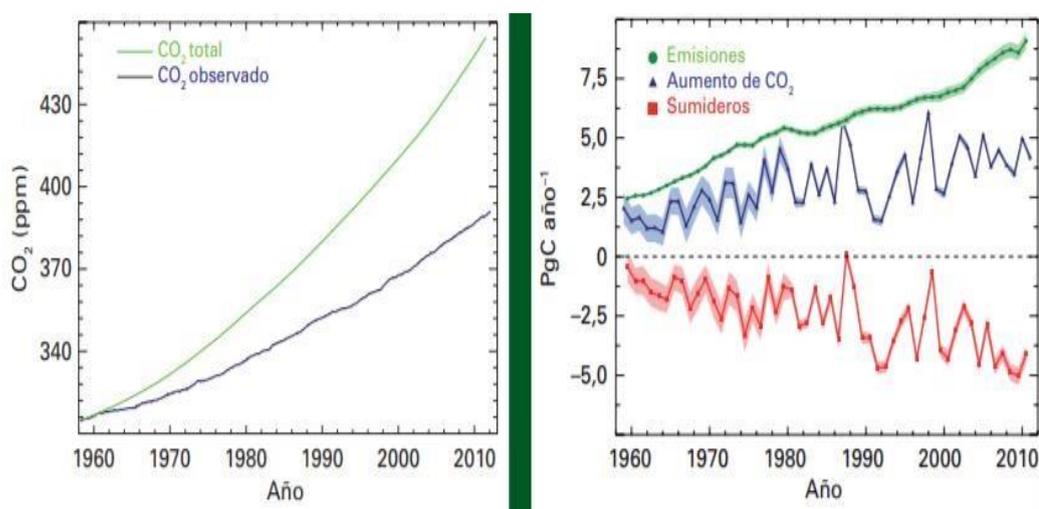
Gases de efecto invernadero: Desde la Revolución Industrial, los seres humanos han liberado alrededor de 375 mil millones de toneladas de carbono a la atmósfera en forma de dióxido de carbono (CO₂). Las mediciones atmosféricas muestran que casi la mitad del dióxido de carbono permanece en la atmósfera, y el área de mar y tierra está aumentando gradualmente hasta el momento.

Las mediciones precisas de CO₂ realizadas por los socios de la Vigilancia Atmosférica Global (VAG) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) son fundamentales para comprender dónde se libera CO₂ a la atmósfera. El lado izquierdo de la Figura 6 muestra las emisiones globales promedio de CO₂ desde 1958 extrapoladas a partir de mediciones realizadas por socios de la VAG (azul) y mediciones sin hundimiento del océano y la tierra (verde).

El gráfico de la derecha muestra las emisiones anuales de PgC1 de la quema de combustibles fósiles y otros procesos industriales, el aumento anual en la atmósfera y la captura anual de carbono por parte de los sumideros de carbono. El sumidero es la pequeña diferencia neta (alrededor de 100 PgC por año) entre el gran flujo de CO₂ enviado a la atmósfera y el CO₂ absorbido por la biosfera terrestre y los océanos. Esta diferencia varía con las fluctuaciones climáticas como los fenómenos de El Niño y La Niña. Entre los sumideros, el océano es menos susceptible a la perturbación humana que la biosfera terrestre.

La absorción neta de dióxido de carbono del océano provoca un aumento en la acidez del océano, lo que puede afectar significativamente las cadenas alimentarias marinas.

Figura 6. Evolución de las emisiones de CO₂



Fuente: Vigilancia de la Atmosfera Global "VAG" de la Organización Mundial Meteorológica "OMM" (2017)

Carvajal y Marín (2012) señalan que la distribución crea incertidumbre para los diferentes participantes del mercado, generando desafíos técnicos, económicos y regulatorios. Luego, cada uno de los temas anteriores se analizará globalmente, teniendo en cuenta las oportunidades que la instalación de GD traerá al sistema eléctrico.

Generación distribuida y aspectos técnicos: La generación distribuida ofrece múltiples ventajas para la

seguridad del suministro energético, ya que permite el uso de tecnologías de energías renovables (RETs_Renewable Energy Technologies). Las RETs reducen el riesgo de desequilibrio entre demanda y producción a largo, medio y corto plazo, ya que soportan la electricidad. sistema es una situación inesperada que amenaza el suministro eléctrico y la normal actividad del mercado.

La GD, por estar conectada a los centros de consumo, no requiere red de transmisión, y en caso de corte parcial o total del sistema eléctrico interconectado, la GD puede ser clave para mitigar las consecuencias económicas y sociales de los cortes de energía. Además, GD puede mejorar la seguridad, la calidad y agregar cosas como control de voltaje y arranque autónomo.

Generación Distribuida e Impacto ambiental: La expansión de la generación eléctrica global muestra una tendencia hacia proyectos que toman en cuenta la reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), que representan el 86% del total de partículas que aceleran el cambio climático.

El dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso son ahora más frecuentes en la atmósfera que en cualquier otro momento desde la revolución industrial, según la agencia meteorológica de la ONU, la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

El informe de la OMM mide la cantidad total de gases de efecto invernadero en la atmósfera con base en estaciones de monitoreo en más de 50 países. Esto significa que incluye los procesos naturales de emisión y eliminación, así como las emisiones provocadas por el hombre. El dióxido de carbono, que ha sido responsable del 80 por ciento del calentamiento global en las últimas dos décadas, ha aumentado rápidamente con el uso de combustibles fósiles. Las principales fuentes de CO₂ son la quema de combustibles fósiles y la deforestación.

Generación distribuida y necesidad de políticas regulatorias: Las limitaciones encontradas en el desarrollo de GD parecen estar relacionadas con factores económicos, ya que las plantas distribuidas son aquellas con una capacidad de generación de 20 MW o menos, por lo que sin incentivos por parte de los reguladores es difícil competir con otras plantas tradicionales con muy bajo valor marginal. costos, es característico de una economía con alta rentabilidad, entre otras razones, por su gran tamaño

CONSIDERACIONES FINALES

Los sitios de generación solar distribuida como suministro de electricidad relacionado con las cargas estudiadas representan una gama de impactos positivos donde el espacio técnico, ambiental, social, regulatorio y económico se destaca significativamente a medida que se reconocen y abordan los impactos negativos. Escale su equipo de tecnología solar para entregar la energía que necesita

En materia normativa, la revisión de la normativa existente muestra que la normalización nacional está enfocada en los procesos de contratación necesarios para acceder a tecnologías alternativas, ya que cualquier especificación relacionada con el desarrollo y mantenimiento de tecnologías alternativas debe ser adicionada y analizada en el contexto legislativo actual.

REFERENCIAS

- Andrade, G, et all. (2014). Técnicas de recolección y registro de datos. Universidad Nacional Experimental "Rómulo Gallegos". Áreas de Ciencias Políticas y Jurídicas. Cátedra Técnicas de Investigación Doc. y Log. Jurídica. San Juan de los Morros.
- Arias F. (2012). El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica. 7ma edición. Caracas, Venezuela. Editorial Episteme.
- Aristizabal, A. y Dyrer, I. (2014). Generación distribuida de energía eléctrica mediante energía solar fotovoltaica en la red de Baja Tensión de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Conference paper. Colombia.
- Barmejo, R. (2005). La gran transición hacia la sostenibilidad: Principios y estrategias de economía sostenible. Edit. Los Libros de la Catarata. España. BLD-SOLAR. (2018). Catálogo de módulos fotovoltaicos. Beijing: BLD Enterprice.
- Bernal, C. (2006). Metodología de la investigación: para administración, economía, humanidades y ciencias sociales. Pearson Educación. México.
- Cáceres, M., Busso, A., Vera, L., Friman, A., Leiva, G. y Luque, L. (2013). Sistemas Fotovoltaicos conectados a red: estabilidad en los parámetros de la red y sus efectos en la capacidad de generación. Revista Brasileira de Energía Solar Volumen IV N° 1. Julio de 2013, p.p. 47-54. Brasil.
- CACME. (2016). Propuesta para la regulación federal del mercado argentino de generación renovable distribuida.
- Carvajal, S. (2012). Impacto de la generación distribuida en el sistema eléctrico de potencia colombiano: un enfoque dinámico, Artículo Científico. Magister en Ingeniería Eléctrica. Universidad Nacional de Colombia. Manizales. Colombia.
- Carvajal, S. y Marín, J. (2012). Impacto de la generación distribuida en el sistema eléctrico de potencia colombiano: un enfoque dinámico. Revista Tecnura. Vol. 17, N° 35, pp. 81 – 83. Manizales. Colombia.
- Carreto, A. (2018). Sistemas de distribución de C/A. Edit. Universidad del Valle de México. México.
- Castillo, I. y Davidovich, J. (2016). Análisis legal de la generación distribuida de energía eléctrica en Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Facultad de Derecho. Tesis para optar por el grado de licenciatura en Derecho. San José. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. Costa Rica.
- Chusin, L. y Escobar, S. (2015). Análisis de confiabilidad de sistemas de distribución eléctrica con penetración de generación distribuida Escuela Politécnica Nacional de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Proyecto previo a a obtención del título de Ingeniero Eléctrico. Quito. Ecuador.

- Código Nacional de Electricidad Suministro (2011). Ministerio de Energía y Minas del Perú. Perú.
- Consultoría de Construcciones Bioclimáticas, Eficiencia Energética y Energías Renovables (2012). Generación de energía centralizada vs generación energía distribuida. Editado Gramas. México.
- Cornejo, I. (2017). Generación distribuida en redes secundarias en Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Escuela de posgrado. Unidad de posgrado de la Facultad de Ingeniería de Producción y Servicios. Tesis para optar al Grado de Doctor en Ciencias, mención Ingeniería Energética. Arequipa. Perú.
- Couto, F. (2017). Gestión de datos de investigación. Editorial UOC. España.
- Díaz de Rada, V. (2001). Diseño y elaboración de cuestionarios para la investigación comercial. ESIC Editorial, 2001. Madrid. España.
- ELECTRO SUR ESTE. (2019). Tarifas a Octubre.
- Espina, J. (2003). Caracterización de la Carga en Sistemas Eléctricos de Distribución. Trabajo de ascenso para optar a la Categoría de Profesor Agregado. Universidad del Zulia. Facultad de Ingeniería. Escuela de Eléctrica. Departamento de Potencia. Maracaibo. Venezuela.
- Fernández, Á. (2004). Investigación y técnicas de mercado. 2ª edición. ESIC Editorial. Madrid. España.
- Fernández, P. (2015). Impacto de la Generación Distribuida con Energía Solar Fotovoltaica en la Tensión Eléctrica – Simulación de un caso.
- Gasco, M. (2013). Integración de energías renovables en redes eléctricas inteligentes. Tesis Doctoral, Universidad de Alicante. España.
- González Longatt, F. (2014). Energía Solar. Oslo: Research.net.
- Gómez, M. (2006). Introducción a la metodología de la investigación científica. Editorial Brujas, Argentina.
- Harper, G. (2006). El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión. Editorial Limusa. México.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación (5ta ed.). México D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Hernández, J. (2015). La generación distribuida y el futuro de los sistemas de distribución. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería. Tesis para obtener el título de Ingeniero Electrónico. Ciudad Universitaria.
- Información Tecnológica (2002). Generación Distribuida Renovable. Revista. Vol. 13, No. 1. p. 155. Chile.
- Jurídica, E. (2015). Enciclopedia Jurídica. Madrid: España.
- Klinger, G. (2009). Psicología Educativa. Méjico: McGraw Hill.
- Landeau, R. (2007). Elaboración de trabajos de investigación: a propósito de la falla tectónica de la Revolución Bolivariana. Editorial Alfa, Venezuela.
- LEY 27191. (2016). Estatutos de Energía Renovables.
- López, P. (2004). Población y muestreo. Revista Punto Cero Punto Cero v.09 n.08. versión On-line. Cochabamba.
- Lozada, J. (2014). Investigación aplicada. CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica, ISSN-e 1390-9592, Vol. 3, N°. 1, 2014, p.p. 47-50
- Martín, R. (2004). Radiación solar. México.
- Malhotra, N. (2004). Investigación de mercados: un enfoque aplicado Pearson Educación. Marketing redsearch. México.
- Mendiara P. (2013). Estudio de la influencia de la generación distribuida en la red eléctrica. Editado por la Universidad de Zaragoza. Escuela de Ingeniería y Arquitectura. España.
- Ministerio de Hacienda de Argentina (2019). Generación Distribuida de Energías Renovables. ¿Qué es la Generación Distribuida? Gobierno de Argentina. Ley 27.424. Argentina.
- Naghi, M. (2005). Metodología de la investigación. 2ª Edic. Editorial Limusa.
- Organización Mundial Meteorológica (2017). Estado de los gases de efecto invernadero en la atmósfera según las observaciones mundiales realizadas en 2016. Boletín de la Organización Mundial Meteorológica sobre los gases de efecto invernadero. Boletín N° 13 de fecha 30 de octubre de 2017
- Ortiz, F. (2003). Diccionario de metodología de la investigación científica. Editorial Limusa. Science. México.
- Pardo, M. y Rodríguez, M. (2010). Cambio climático y lucha contra la pobreza. Siglo XXI de España Editores. Madrid. España.
- Pérez, M. (2017). Alumbrado público. Edita el Instituto Tecnológico Universitario “Antonio José de Sucre”. Barquisimeto. Estado Lara.
- Puentes, W. y Rodríguez, I. (2013). Redes de transmisión y distribución eléctrica. Subestaciones eléctricas. Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA Wilman Camargo. Colombia.
- Ramírez, S. (2004). Redes de Distribución de Energía. Universidad Nacional de Colombia. 3º edición. Manizales. Colombia.
- Ramírez, C., y Avilio, J. (2014). Aprovechamiento del recurso eólico y solar en la generación de energía eléctrica y la reducción de emisiones de CO2 en el poblado rural La Gramita de Casma. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Ambiental. Sección de Posgrado y Segunda Especialización. Lima. Perú.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2005). Difundido por el Instituto de la Construcción y Gerencia. Perú.
- Rojas, R. (2002). Investigación social: teoría y praxis. Edit. Plaza y Valdés. México. Ruiz, A y Morillo, L. (2004). Epidemiología Clínica: Investigación clínica aplicada. Bogotá-Colombia: Editorial Médica Panamericana.
- Sabino, Carlos (2006). El proceso de la investigación. Caracas, Venezuela. Editorial Panapo.
- Strashorra, J. (2015). Subestaciones eléctricas. Ediciones Paraninfo, S.A. España.
- System, G. I. (2019). Localización del Cusco.
- Tinoco, H. y Huamania, N. (2013). Micro generación distribuida con sistemas fotovoltaicos en viviendas urbanas para mitigar impactos ambientales. Para optar al grado académico de Maestro en Ciencias con Mención en Gestión Ambiental. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Ambiental. Lima. Perú.
- Tyler, L. (2002). Living the environment. Boston.
- Valencia, J. (2008). Generación distribuida: Democratización de la energía eléctrica. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C. Criterio Libre N° 8. Bogotá. Colombia. Junio 2008. pp. 105-112.
- Vásquez, P. (2013). Parametrización, control, determinación y reducción de pérdidas de energía en base a la optimización en el montaje de estaciones de transformación en la provincia de Morona Santiago. Universidad de Cuenca. Facultad de Ingeniería. Maestría en sistemas eléctricos de potencia. Tesis previa a obtención del título de Magíster en sistemas eléctricos de potencia. Cuenca. Ecuador.
- Zambrano, S. Leal, S (2011). Gestión de Mantenimiento. Táchira: FeUNET Venezuela.
- Zarco, J. (2019). La generación distribuida: un modelo de generación eléctrica para todos. Edit. pv magazine. Hidalgo. México.