



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Estudio del marco regulatorio de la generación
distribuida a partir de energías renovables no
convencionales**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Mecánico - Eléctrico

Edwin David Juarez Bayona

Asesor(es):
Mgtr. Ing. José Hugo Fiestas Chévez

Piura, julio de 2022



Dedicatoria

En primer lugar, a Dios por ser camino de vida, por darme salud y bendiciones.

A mi hermano Paúl por su apoyo incondicional, a mis padres, Edih y Pablo por darme amor, fuerzas y ser el motivo de mi vida.



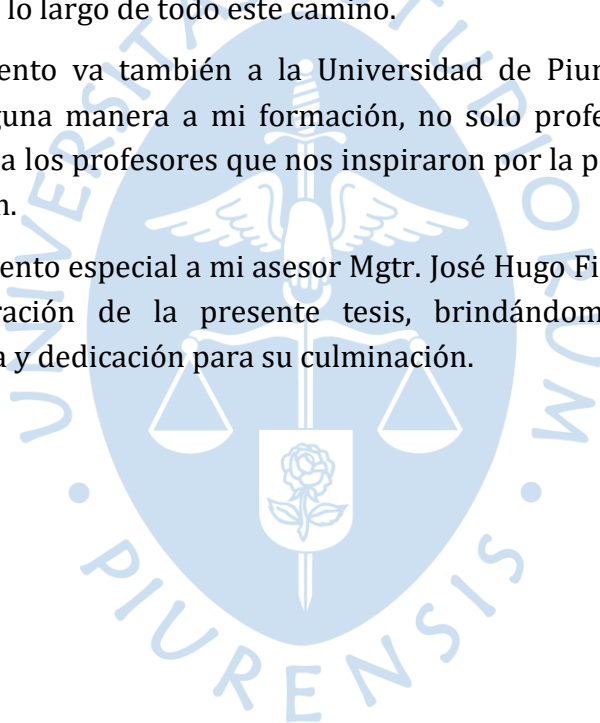


Agradecimientos

Este proyecto es el resultado de muchas personas, que me han apoyado para culminar este trabajo y así esta hermosa etapa de mi vida. Por esto agradezco a mi familia, a mi madre Edih, a mi papá Pablo, y a mi hermano Paúl, por apoyarme siempre incondicionalmente a lo largo de todo este camino.

El reconocimiento va también a la Universidad de Piura, a las personas que contribuyeron de alguna manera a mi formación, no solo profesionalmente, sino una formación integral. Y a los profesores que nos inspiraron por la pasión en la ingeniería y a ser personas de bien.

Un agradecimiento especial a mi asesor Mgtr. José Hugo Fiestas Chévez, quien me apoyó en la elaboración de la presente tesis, brindándome sus conocimientos, experiencia, paciencia y dedicación para su culminación.





Resumen

Para incentivar el uso de las energías renovables no convencionales – ERNC (solar, eólica, biomasa y minihidráulica), el Perú necesita de un marco regulatorio que brinde las condiciones de mercado, conexión, operación, y que promueva una justa competencia entre las diferentes tecnologías de generación, y que garantice que el ingreso de estas tecnologías al SEIN no cause problemas técnicos en la red. Es un tema controversial en la comunidad académica, compromete al MINEM, Osinergmin, COES, a la industria que conforma al sector eléctrico, inversionistas y usuarios de la energía eléctrica. La presente tesis es un estudio y propuesta al marco regulatorio de la generación distribuida (GD) a partir de ERNC.

En primer lugar, se estudia al sector eléctrico peruano, los fundamentos técnicos, al mercado eléctrico, estadísticas de generación, y la relación que existe entre la economía del país y el sector eléctrico. Luego se describen los beneficios, el impacto y evolución de la generación distribuida a partir de ERNC. Posteriormente se identifica la normativa vigente, se analiza la propuesta de reglamento de GD publicada por el MINEM y se estudia las principales características de la normativa internacional. Finalmente se elabora una propuesta al marco regulatorio de GD.

El reglamento de GD propuesto por el MINEM es un avance importante para desarrollar el marco regulatorio, sin embargo, presenta ciertas deficiencias: sobre la potencia máxima, el nivel de tensión para la conexión no reconoce la energía y potencia firme para todas las tecnologías de generación, finalmente no revisa algunos aspectos relevantes para la regulación de la generación distribuida (centrales de GD que ya existen y el reglamento las deja fuera). A cada observación encontrada, se propone su respectiva solución.

Para elaborar un marco regulatorio de generación distribuida, en primer lugar, se tiene que definir una política energética consecuente al contexto nacional; el desarrollo de las tecnologías de generación avanza rápidamente, a tal punto que es imposible predecir a largo plazo su impacto en el sector eléctrico, por ello es necesario reevaluar constantemente la política y su plan energético respectivo.

El MINEM al ser parte del estado, debe tener como objetivo final, velar por los intereses de los ciudadanos, esto es el empoderamiento del usuario final, el marco regulatorio de los países estudiados, tiene ese objetivo; sin embargo, se considera que la principal deficiencia de la propuesta de reglamento de GD del MINEM es no promover y/o incentivar la Microgeneración distribuida, esto es porque no permite la comercialización de los excedentes de energía inyectada en la red, solo permite el “crédito de energía”, que incluso lo pueden perder si no lo utilizan en un periodo de un año.



Tabla de contenido

Introducción	17
Capítulo 1 Sector eléctrico peruano	19
1.1 Breve historia de la industria eléctrica en el Perú	19
1.2 Fundamentos técnicos del sector eléctrico	21
1.2.1 Generación	21
1.2.2 Trasmisión	23
1.2.3 Distribución	24
1.2.4 Comercialización	25
1.2.5 Operador del sistema	26
1.3 El mercado eléctrico peruano	26
1.3.1 Las economías y deseconomías de escala	27
1.3.2 Las economías de escala y la estructura del mercado eléctrico	28
1.3.3 Separación del sector eléctrico en actividades	29
1.3.4 Control de fusiones en el mercado eléctrico	30
1.3.5 El mercado eléctrico y las transacciones	31
1.3.6 Conclusiones del mercado eléctrico	32
1.4 Situación actual de la generación eléctrica en el Perú	33
1.4.1 Estadísticas principales	34
1.4.2 Empresas de generación eléctrica	37
1.4.3 Empresas que generan a partir de RER no convencional en el Perú	38
1.5 Situación económica del Perú	39
1.5.1 Evolución del producto bruto interno hasta el primer trimestre 2021	39
1.5.2 Impacto del COVID-19 a la economía del Perú	40
1.5.3 Correlación entre la economía y la producción de electricidad	41

1.5.4 Impacto del COVID-19 al Sector Eléctrico	42
1.5.5 Estimación de la demanda de energía eléctrica deducida por el PBI.....	43
Capítulo 2 Marco teórico	45
2.1 Definición de generación distribuida	45
2.2 Tecnologías de generación a partir de energías renovables no convencionales	47
2.2.1 Mini hidráulica	47
2.2.2 Tecnología solar fotovoltaica.....	48
2.2.3 Tecnología solar térmica	49
2.2.4 Tecnología eólica	51
2.2.5 Energía a partir de la biomasa	54
2.2.6 Energía geotérmica.....	56
2.3 Beneficios de la generación distribuida	58
2.3.1 Beneficios económicos	58
2.3.2 Beneficios técnicos.....	59
2.3.3 Beneficios ambientales – sociales.....	59
2.4. Factores que favorecen a la generación distribuida en el Perú	60
2.4.1. Disminución de costos de las tecnologías de generación de energía RER....	60
2.4.2 Elevadas tarifas eléctricas al usuario final.	61
2.4.3 El Perú es rico en fuentes renovables de energía	62
2.5 Evolución del sector eléctrico hacia la generación distribuida.....	62
2.5.1 Evolución de la producción de energía eléctrica a partir de fuentes RER	62
2.5.2 Evolución de los precios obtenidos en las subastas RER.....	63
2.6 Impacto de la generación distribuida.....	64
2.6.1 Impacto ambiental	64
2.6.2 Reducción de pérdidas en la red	64
2.6.3 En la operación del sistema de distribución	64
2.6.4 Aumenta la confiabilidad y seguridad del suministro	65
2.6.5 Mayor competencia en el mercado eléctrico	65
2.6.6 Descentralización	65
Capítulo 3 Marco regulatorio de la GD y de las ERNC	67
3.1 Normativa vigente	67

3.1.1 Normativa vigente con respecto a la generación distribuida	68
3.1.2 Marco regulatorio vigente con respecto a las ERNC.....	70
3.2 Análisis de la propuesta de reglamento de generación distribuida en el Perú.....	72
3.2.1 División de la generación distribuida.....	72
3.2.2 Mediana generación distribuida (“MGD”)	73
3.2.3 Microgeneración distribuida(“MCD”)	75
3.3 Marco normativo de la generación distribuida en el contexto internacional.....	76
3.3.1 Marco normativo de la generación distribuida en Chile	77
3.3.2 Marco normativo en la generación distribuida Colombia	79
3.3.3 Marco normativo en la generación distribuida México	81
3.3.4 Marco normativo en la generación distribuida Brasil	83
3.3.5 Marco normativo en la generación distribuida en España	85
3.4 Análisis comparativo entre el marco normativo peruano e internacional respecto a la GD	87
Capítulo 4 Propuesta al marco regulatorio de GD enfocado en las ERNC	89
4.1 Directrices que debe considerar el reglamento de generación distribuida	89
4.1.1 Política energética vigente en el Perú	89
4.1.2 Objetivos y lineamientos propuestos para el diseño de la política energética en el Perú.....	90
4.2 Propuesta al reglamento de generación distribuida	90
4.2.1 Propuestas para la mediana generación distribuida.....	91
4.2.2 Propuestas para la microgeneración distribuida	92
4.2.3 Otros aspectos relevantes para la regulación de la generación distribuida..	93
Conclusiones.....	97
Referencias bibliográficas	99



Lista de tablas

Tabla 1. Producción con energías renovables no convencionales (GWh).....	37
Tabla 2. Empresas de generación eléctrica en el Perú.....	37
Tabla 3. Empresas que generan a partir de RER no convencional en el Perú	38
Tabla 4. Potencial de las centrales RER en el Perú.....	62
Tabla 5. División de la generación distribuida.....	72
Tabla 6. Generación distribuida existente (zona concesión del norte).....	74
Tabla 7. Principales características de la normativa de la GD en Chile.....	78
Tabla 8. Principales características de la normativa de la GD en Colombia.....	80
Tabla 9. Principales características de la normativa de la GD en México.....	82
Tabla 10. Principales características de la normativa de la GD en Brasil.....	84
Tabla 11. Principales características de la normativa de la GD en España.....	86



Lista de figuras

Figura 1. Cadena de valor de la electricidad	21
Figura 2. Turbina Pelton y turbina Francis	22
Figura 3. Turbina Kaplan	23
Figura 4. Actividades desarrolladas en el sector eléctrico	26
Figura 5. Economías y deseconomías de escala.....	28
Figura 6. Economías de escala y estructura del mercado.....	29
Figura 7. Características de las actividades del mercado eléctrico.....	30
Figura 8. Concentraciones en el sector eléctrico.....	31
Figura 9. Esquema de la cadena de energía eléctrica.....	33
Figura 10. Potencia instalada del sector eléctrico nacional (MW).....	34
Figura 11. Producción del mercado eléctrico por tipo de tecnología (TWh).....	35
Figura 12. Distribución de la producción RER 2019 (%).....	35
Figura 13. Evolución del consumo final de energía eléctrica por sectores.....	36
Figura 14. Resumen del balance de energía eléctrica en el 2019(TJ)	36
Figura 15. Evolución del PBI del Perú y los principales grupos económicos.....	40
Figura 16. Impacto de la crisis en el PBI nominal.....	41
Figura 17. Relación entre el PBI y la producción de energía eléctrica.....	41
Figura 18. Correlación entre producción de energía eléctrica y el PBI.....	42
Figura 19. Impacto de la crisis en la demanda de energía eléctrica	43
Figura 20. Predicciones del PBI real hasta el 2023	43
Figura 21. Generación centralizada vs generación distribuida	46
Figura 22. Componentes de una instalación fotovoltaica.....	49
Figura 23. Colector cilindro parabólico	50
Figura 24. Esquema de una central tipo torre y campo de helióstatos	50
Figura 25. Disco parabólico	51
Figura 26. Principales componentes de un aerogenerador	53
Figura 27. Esquema de funcionamiento de las plantas de vapor seco	56
Figura 28. Esquema de funcionamiento de las plantas flash	57
Figura 29. Esquema de funcionamiento de las plantas de ciclo binario	57
Figura 30. Costo ponderado mundial de energía eléctrica a partir de tecnologías RER ..	60

Figura 31. Evolución del costos de sistemas fotovoltaicos, eólicos y baterías	61
Figura 32. Evolución de la tarifa al usuario final bt5b - lima norte (Ctm. S/. / kWh)	61
Figura 33. Producción de energía eléctrica de las centrales RER.....	63
Figura 34. Evolución de los precios adjudicados (USD/MWh).....	64
Figura 35. Evolución de la normativa que se refiere a la GD en el Perú.....	68
Figura 36. Evolución de la normativa que se refiere a las energías renovables	70
Figura 37. Participación relativa en la producción de energía eléctrica por tipo de tecnología.....	79
Figura 38. Informe mensual de variables de generación y del mercado Colombiano 2018	81
Figura 39. Solicitudes de interconexión de centrales eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW - Evolución anual - CIPyME2 / GD.....	83
Figura 40. Evolución de la potencia instalada de la GD por tipo de tecnología.....	85
Figura 41. Evolución De La Potencia Instalada Renovable (Mw).	87



Introducción

La generación distribuida (GD) no es un tema nuevo, en el Perú desde el siglo XIX que se produce energía eléctrica, primero las industrias construyeron sus propias centrales eléctricas (es decir que al inicio se tenía generación distribuida), posteriormente se construyeron redes eléctricas, hasta formar el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (generación centralizada).

Los efectos del cambio climático están motivando que los países de todo el mundo cambien la forma en la que generan energía eléctrica, pasando de fuentes contaminantes, a fuentes limpias, a partir de recursos renovables.

Las innovaciones tecnológicas en el sector eléctrico han reducido notablemente el costo de equipamiento necesario para la generación eléctrica a partir de fuentes renovables, especialmente tecnologías solares y eólicas; además del desarrollo de soluciones a los problemas técnicos como: la distorsión de la frecuencia, armónicos y la variabilidad de la fuente primaria correspondientes a este tipo de tecnologías (energía solar y eólica).

El aprovechamiento de la biomasa para la producción de energía, además de los beneficios como energía renovable, trae consigo beneficios adicionales, tales como el aprovechamiento de los residuos agrícolas, residuos sólidos, y residuos industriales.

El sector eléctrico peruano tiene cuatro grandes desafíos: i) llevar energía eléctrica a zonas rurales y aisladas, ii) garantizar el suministro eléctrico para el crecimiento económico de los siguientes años, iii) generar suficiente energía para la electrificación de actividades, como el transporte, que hoy se basa en petróleo y iv) asegurar que todo este incremento en la producción de energía eléctrica se realice con el menor impacto sobre el ambiente.

En todos estos aspectos la GD, a partir de energías renovables no convencionales¹, tiene un rol vital, pues es parte de la solución para alcanzar los desafíos del sector eléctrico.

¹ Se considera como fuentes de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) a las generadoras eólicas, solares fotovoltaicos, solares térmicas, geotérmicas, mareomotrices, de biomasa y las pequeñas hidroeléctricas.

En la medida que la generación distribuida (GD) a partir de energías renovables (RER) sea económicamente sustentable, esto va a pasar. En países como Alemania, Dinamarca, Suecia, España ya es una realidad. El Perú incentiva la generación RER mediante subastas, ya se realizaron cuatro subastas con resultados satisfactorios. Por ello es importante un marco regulatorio que direcciona a largo plazo el crecimiento de la industria.

Actualmente, el Perú aún no tiene un marco regulatorio para la generación distribuida; a pesar de que el concepto haya sido incorporado en dos regímenes legales: la Ley N° 28832², (2006) y el Decreto Legislativo N° 1221³ (2015), ambos dispositivos legales remiten al proyecto de reglamento de generación distribuida, la determinación de la potencia máxima de las centrales y algunas condiciones técnicas, de seguridad y comerciales.

En julio de 2018, mediante la Resolución Ministerial N° 292-2018, el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) prepublicó un proyecto de Reglamento de generación distribuida, pero su aprobación aún está pendiente.

Resulta interesante revisar el marco normativo para la generación distribuida de distintos países que, mediante distintos mecanismos, han incentivado el uso de recursos renovables para la producción de energía eléctrica, si bien es cierto, cada país tiene sus propias condiciones (recursos naturales, características de mercado, política energética, problemas técnicos, entre otros), todos buscan el mismo fin, permitir que el usuario final sea beneficiario de energía que éste mismo pueda generar. Por lo que es indispensable aprender de las lecciones recogidas en la normativa de otros países, especialmente de Latinoamérica.

Pese a esta falta de reglamentación propia, algunas empresas eléctricas (generadoras y distribuidoras) y grandes industrias con usos intensivos de energía han puesto en marcha proyectos de generación distribuida, a efectos de tener un mayor control de su suministro de energía. Lo anterior acredita que son factores claves en la rentabilidad, sostenibilidad y resiliencia para la industria eléctrica.

² Ley para asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica

³ Decreto Legislativo que mejora la regulación de la Distribución de Electricidad para promover el acceso a la energía eléctrica en el Perú.

Capítulo 1

Sector eléctrico peruano

En este capítulo se presenta un estudio del sector eléctrico peruano, especialmente la actividad de la generación eléctrica. En primer lugar, estudiaremos las principales actividades del sector eléctrico peruano, estudiando los fundamentos técnicos de cada actividad, para comprender como está diseñado el mercado eléctrico peruano. Posteriormente estudiaremos la situación de la generación eléctrica en el Perú, mostrando estadísticas importantes de la producción de la generación eléctrica, y luego un enfoque sobre la producción de la energía eléctrica renovable no convencional. Finalmente se analizará la situación económica del Perú, debido a que la economía y la producción de energía eléctrica están muy relacionadas.

1.1 Breve historia de la industria eléctrica en el Perú

A continuación, de acuerdo con (Osinergmin, 2016), se mencionan los acontecimientos más importantes de la industria eléctrica en el Perú.

La producción de energía eléctrica en el Perú comienza en 1884, con la minera Tarijas, que para satisfacer sus necesidades de energía construyó la primera hidroeléctrica, posteriormente en 1886 se inauguró el alumbrado de la plaza de armas y algunas calles de Lima. Durante este periodo las industrias construyen sus propias centrales hidroeléctricas, térmicas, o a vapor, así como sus redes eléctricas, a estos sistemas se les puede considerar como aislados.

El desarrollo del sector eléctrico continuó creciendo de forma constante hasta mediados de los años treinta, la llegada de la segunda guerra mundial significó un beneficio económico, aumentando la demanda de productos como cobre, algodón, azúcar, guano, etc. En este contexto en 1938 empieza la construcción de Barbablanca de 60 kV, la primera red de transmisión de alta tensión. En 1956 se crea el primer marco normativo con la Ley de la Industria Eléctrica (Decreto Ley N° 12378), promulgada por el presidente Manuel Arturo Odría Amoreti, señalaba las reglas precisas para el desarrollo del negocio eléctrico, el gobierno de Odría se caracterizó por incentivar el capital extranjero, se estableció un sistema de concesiones, permisos y licencias.

A comienzo de los sesenta la potencia instalada era de 837 MW. En 1962 se promulgo la Ley N° 13979 o Ley de los Servicios Eléctricos Nacionales, que buscaba abastecer de servicio eléctrico a aquellos lugares donde no había llegado la inversión privada ni las municipalidades. En 1966 inicia construcción de la Central Hidroeléctrica del Mantaro, en 1973, se construye la primera interconexión eléctrica Lima – Mantaro, en 1979, se inaugura la segunda parte de la Central Hidroeléctrica del Mantaro, se logró alcanzar una potencia total de 798 MW y en 1984 se inaugura la tercera etapa de la Central Hidroeléctrica del Mantaro, así se logró generar 1 GW.

En 1992 se promulgó la Ley N°25844 o Ley de concesiones eléctricas, como respuesta al contexto económico del Perú en ese momento, hiperinflación, falta de inversión, el estado era incapaz de detener el avance de los grupos terroristas, y de promover los servicios de calidad básicos. Posteriormente en 1996 mediante la Ley N° 26734 se crea Osinergmin.

El sector eléctrico peruano a finales de los setenta estaba conformado por ocho sistemas eléctricos regionales aislados, En el 2000 se puso en operación la línea de transmisión 220KV Mantaro-Socabaya y con esta se forma Sistema interconectado Nacional (SEIN).

El proyecto Camisea entra en operación en 2004, un hito importante pues significó un incremento de la generación térmica, el empleo de este recurso ocasionó cambios en la matriz energética peruana.

En el 2006 se promulgó la Ley N° 28832, ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación energética, además se publicó la Ley N°28749 - Ley General de Electrificación rural (LGER), la normativa promueve el uso de la electricidad en áreas rurales, en actividades productivas, negocios rurales, difundiendo los beneficios de la energía eléctrica, esto puede lograrse mediante la extensión del SEIN y/o sistemas aislados. Se promulga la Ley N° 29970 en 2008, ley que afianza la seguridad energética y el DL N° 1002 que promueve el desarrollo de energía renovable.

La Central Térmica Kallpa de ciclo combinado de gas, entra en operación en 2011. Además de la construcción de la primera línea de transmisión de 500 KV, Chilca – La planicie – Zapallal.

La primera Central Solar entra en Operación en 2012 (C.S. Repartición Solar), en el mismo año se promulga la Ley N° 29852 Fondo de inclusión social energético.

La primera Central Eólica (C.O. Marcona) entra en operación en 2014.

Se promulga el DL N°1021 que mejora la regulación de la distribución de electricidad y el DL N° 1224 - Ley marco de asociaciones público-privadas, ambos decretos en 2015.

Entra en operación la central Nodo Energético Planta Ilo (Moquegua) en 2016, esta central térmica forma parte del proyecto Nodo Energético del Sur, cuyo objetivo es brindar seguridad energética al sur del país.

Finalmente, en el 2018 se publica en el diario El Peruano, el proyecto de generación distribuida.

1.2 Fundamentos técnicos del sector eléctrico

El sector eléctrico está conformado por tres segmentos que conforman el servicio físico (generación, transmisión y distribución), un segmento carácter comercial y el operador del sistema.

A continuación, de acuerdo con (Dammert Lira, Molinelli Aristondo, & Carbajal Navarro, 2011), el Sector Eléctrico se divide en:

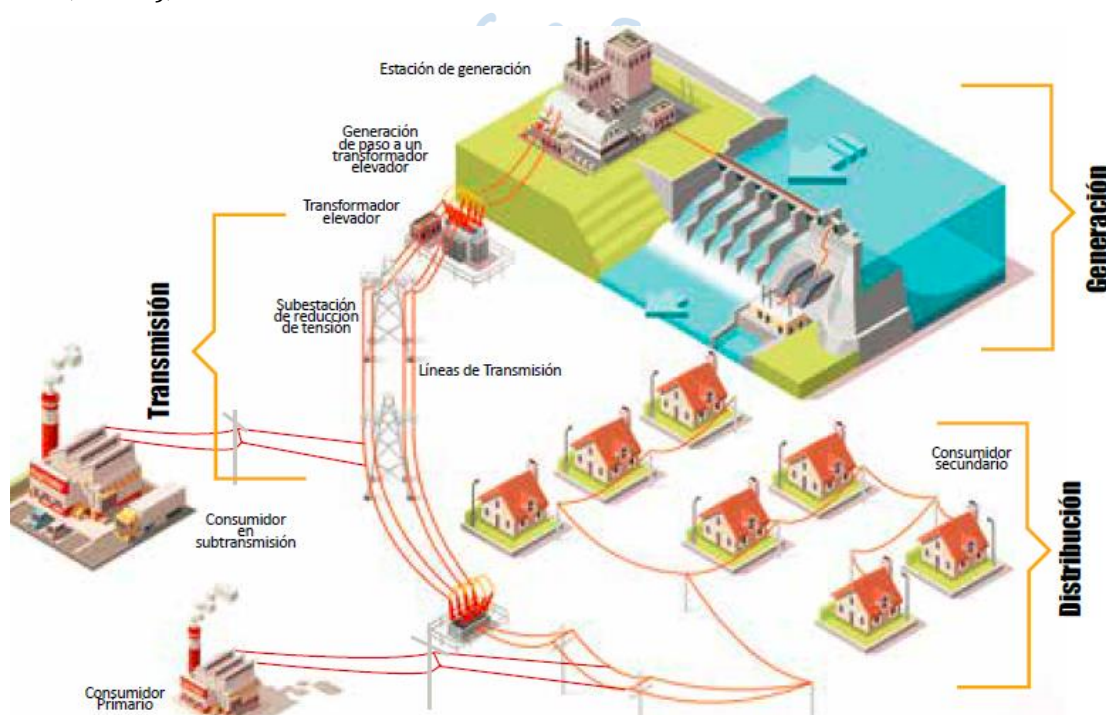


Figura 1. Cadena de valor de la electricidad

Fuente: Gerencia de políticas y Análisis Económico – GPAE-Osinergmin

1.2.1 Generación

La generación de este tipo de energía consiste en la transformación de alguna clase de energía (mecánica, térmica, química, luminosa, etc.) en energía eléctrica, donde un generador o la agrupación de varios generadores forman una central de energía eléctrica.

1.2.1.1 Tipos de generación. Tradicionalmente existen dos tipos de generación eléctrica: la generación hidráulica y la generación térmica. Además, existen otros tipos de generación, tomando como base las Fuentes de Energía Renovable No Convencionales (FERNC), podemos mencionar a la energía fotovoltaica, energía del viento, geotérmica, entre otras. La presente tesis tiene como objetivo de estudio la generación distribuida con fuentes de energía renovable no convencional, en el capítulo de tecnologías de generación se explicará a detalle sobre estas.

1.2.1.1.1 Generación hidráulica. En este tipo de generación se aprovecha la energía cinética y el potencial gravitatorio del agua para hacer girar el rotor del alternador y, como consecuencia generar electricidad. Las centrales hidroeléctricas, como se les conoce, pueden ser diseñadas para grandes diferencias de nivel y moderado caudal de agua, o como centrales para poco desnivel y gran volumen de agua. La transformación de la energía se realiza en las turbinas, en este caso se les llama turbinas hidráulicas, y las más comunes son: Turbina Pelton, Turbina Francis y la Turbina Kaplan. Luego, se eleva su tensión para transportar la energía sin mayores pérdidas y posteriormente incorporarse a la red eléctrica. Por otro lado, el agua utilizada retoma su curso natural.

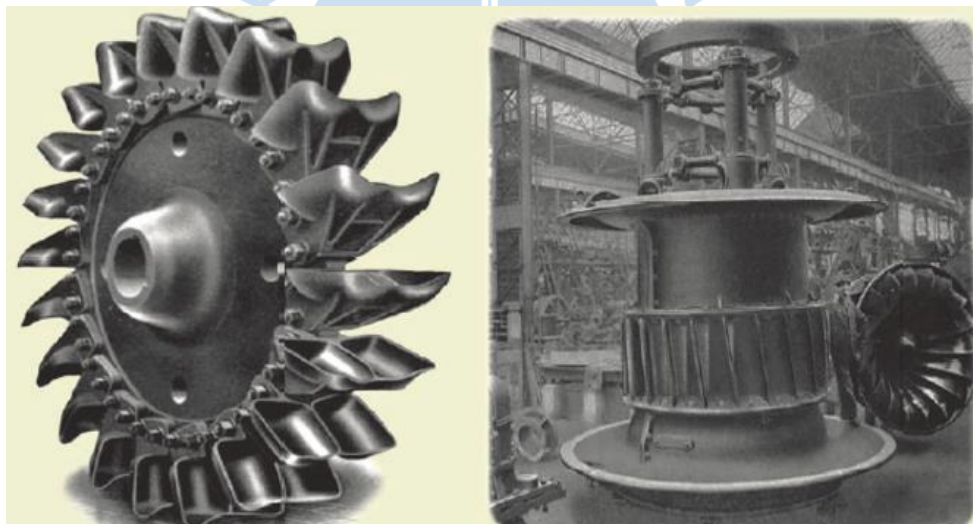


Figura 2. Turbina Pelton y turbina Francis
Fuente: Hydraulic Motors (Church, 1905)



Figura 3. Turbina Kaplan
Fuente: Turbina Kaplan fabricada por la empresa argentina Impsa (Risatti, 2018)

1.2.1.1.2 Generación térmica. En este caso se utiliza la energía liberada por combustibles fósiles como el diésel, gas natural y carbón para hacer girar el rotor del alternador. En el Perú existen centrales térmicas a diésel, a gas natural (ciclo simple y combinado) y una central térmica a carbón.

Las centrales térmicas a diésel y/o derivados del petróleo utilizan un proceso de combustión para calentar agua hasta la ebullición, generándose vapor, el cual es expulsado a alta presión y temperatura, haciendo girar la turbina, y finalmente generar energía eléctrica.

En el caso de las centrales a gas natural pueden ser de ciclo simple o ciclo combinado.

1.2.1.1.3 Centrales eléctricas no convencionales. En esta clasificación encontramos las centrales fotovoltaicas, eólicas, nucleares, geotérmicas, de biomasa, entre otras. Posteriormente, en el capítulo de marco teórico, tecnologías de generación, se describirá a detalle cada una de las mismas.

1.2.2 Trasmisión

Mediante esta actividad se traslada la energía eléctrica desde los centros de producción hasta los centros de consumo. Se debe tener en cuenta las pérdidas de energía por efecto Joule, y por la resistencia eléctrica de los conductores.

1.2.2.1 Pérdidas de energía en la transmisión. El efecto Joule es fenómeno físico por el cual el paso de corriente eléctrica en un conductor produce calor:

$$Q = I^2 \times R \times t$$

Donde:

Q: Energía calorífica

I: Intensidad de corriente eléctrica

R: Resistencia

t: Tiempo

Para minimizar el efecto Joule se aumenta el voltaje y disminuye la corriente. Además, al disminuir la corriente (manteniendo la densidad de la corriente constante) disminuimos el área transversal del conductor, y por lo tanto el costo del conductor. De esta manera se alcanzan dos objetivos, minimizar el efecto Joule y se disminuyen los costos de inversión.

1.2.2.2 Componentes de la transmisión eléctrica. El sistema de transmisión eléctrica se compone de:

- Líneas de alta y muy alta tensión.
- Subestaciones de transformación.
- Centros de control.
- Instalaciones de compensación reactiva.
- Elementos de regulación de tensión.
- Instalaciones de transferencia de potencia.

1.2.3 Distribución

La distribución eléctrica es la actividad de llevar el suministro de energía eléctrica desde la transmisión hasta cada uno de los usuarios finales del servicio eléctrico.

Según la normativa peruana (Norma técnica EM.010, 2006), un sistema de distribución eléctrica se define como “el conjunto de instalaciones para la entrega de energía eléctrica a los diferentes usuarios”.

1.2.3.1 Tipos de distribución eléctrica en el Perú. En el Perú las instalaciones del sistema de distribución son en media tensión y baja tensión. (Norma técnica EM.010, 2006, pág. 109)

A) Subsistema de distribución primaria.

Este sistema transporta la energía en media tensión, desde la transmisión hasta la subestación secundaria y/o conexiones para usuarios mayores.

B) Subsistema de distribución secundaria.

C) Es aquel destinado a transportar la energía en baja tensión para los usuarios finales, y está conformado por líneas aéreas y subterráneas.

1.2.3.2 Tipos de medidores eléctricos. El medidor se ubica entre la acometida y las conexiones internas del usuario (Dammert Lira, Molinelli Aristondo, & Carbajal Navarro, 2011).

Existen diferentes formas de clasificar los medidores:

- A) De acuerdo a la construcción
 - Medidores electromecánicos o medidores de inducción
 - Medidores electromecánicos con registrador electrónico
 - Medidores electrónicos
- B) De acuerdo a la energía que miden
 - Medidor de energía activa
 - Medidor de energía reactiva
- C) De acuerdo a la conexión de la red
 - Medidor monofásico bifilar
 - Medidor monofásico trifilar
 - Medidor bifásico trifilar
 - Medidor trifásico trifilar
 - Medidor trifásico tetrafilar
- D) De acuerdo a los parámetros que son medidos
 - Medidores de tarifa simple
 - Medidores de tarifa múltiple

Es importante mencionar que en el Perú los usuarios residenciales tienen prohibido inyectar energía a la red, por esta razón los medidores bidireccionales aún no están implementados.

1.2.4 Comercialización

La comercialización es la actividad vinculada a la entrega de electricidad desde la generación hasta el usuario final. Pudiendo ser comercialización mayorista (entre clientes libres, generadores y distribuidores) y minorista (entre clientes regulados y el comercializador).

Esta actividad presenta características de ser potencialmente competitivo, lo que permitiría la entrada de una gran cantidad de operadores en el mercado. Sin embargo, es importante señalar que en el Perú la actividad de comercialización minorista se encuentra, a la fecha, integrada al segmento de distribución eléctrica.

“Los consumidores de la comercialización mayorista tienen la posibilidad de escoger a sus proveedores de servicio eléctrico, sin embargo, los consumidores de la comercialización minoristas están obligados a contratar a la distribuidora que le correspondiente la zona de concesión” (Decreto Supremo N° 026 - 2016 - EM, 2016).

1.2.5 Operador del sistema

“Se encarga del despacho económico de electricidad, es decir, de llamar a producir a las centrales en orden de mérito con respecto a sus costos variables, hasta lograr cubrir la demanda en cada momento” (Ley N° 28832, 2006). En el Perú el operador del sistema es el Comité de Operación Económica del Sistema (COES).

En la figura 4 se ilustra las actividades que se realizan en el sector eléctrico, así como su interacción. (tratar de reducir todo este espacio, podría colocar el punto 1.3)

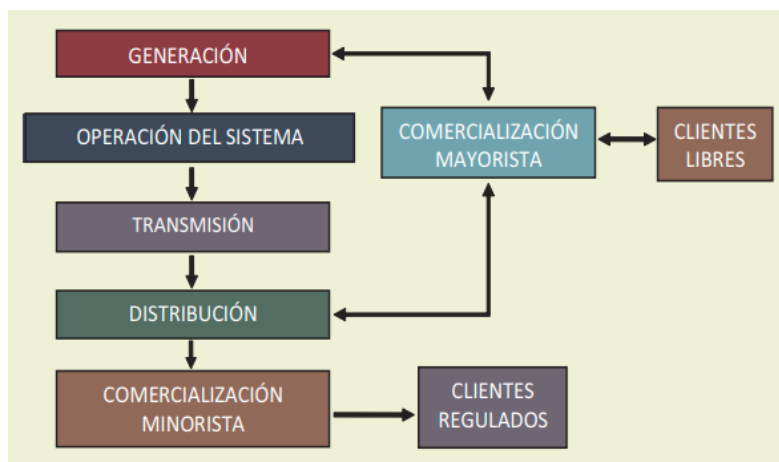


Figura 4. Actividades desarrolladas en el sector eléctrico

Fuente: Fundamentos técnicos y económicos del sector eléctrico peruano – Elaborado por Osinergmin

1.3 El mercado eléctrico peruano

El diseño del mercado eléctrico es fundamental para todas las decisiones regulatorias, por ello es necesario su estudio en el Perú.

El mercado eléctrico se divide en mercado de clientes regulados y mercado de clientes libres. La clasificación está en función de la demanda de potencia, esto es: usuarios cuya máxima demanda anual sea igual o menor a 200 KW tienen la condición de usuario regulado, los usuarios que cuya máxima demanda sea mayor a 200 KW y menor a 2500 KW tienen la opción de elegir ser usuario regulado o usuario libre, y si la máxima demanda es mayor a 2500 KW tienen la condición de usuario libre (Decreto Supremo N° 022 - 2009 - EM, 2009).

A continuación, de acuerdo con (Dammert Lira, Molinelli Aristondo, & Carbajal Navarro, 2011) se describe como está diseñado el mercado eléctrico peruano:

En el mercado de clientes regulados se habla de precios firmes y precios de barra, los precios firmes son el resultado de una subasta (en la que participan distribuidores, generadores y Osinergmin como supervisor), los precios de barra son precios establecidos y regulados por Osinergmin en el caso de que alguna distribuidora necesite comprar energía adicional para satisfacer las necesidades de sus clientes.

En el mercado libre existen precios firmes y precios libres, los precios libres son el resultado de un contrato bilateral entre un generadores o distribuidor, y un cliente libre. Y los precios firmes, al igual que en el mercado regulado, son los precios obtenidos de una subasta, en este caso el cliente libre compra energía a un distribuidor o generador.

Son tres los temas claves para tener una visión global del mercado eléctrico peruano: las principales estadísticas del mercado (tomando en cuenta la producción, demanda y reserva de energía⁴, la máxima demanda y el factor de carga⁵); el funcionamiento del mercado libre de electricidad; y, la concentración en el mercado eléctrico peruano⁶.

1.3.1 Las economías y deseconomías de escala

“Se entiende como economías de escala al escenario en el que el costo medio decrece a medida que la producción se incrementa” (Redacción APD, 2019). Es decir, a mayor producción, menor será el coste por unidad. Esto ocurre cuando los costos medios⁷ a largo plazo van decreciendo al aumentar la producción.

“Las deseconomías de escala son lo contrario a las economías es escala” (Redacción APD, 2019). Es decir, a mayor producción, mayor será el coste por unidad.

En la figura 5, se muestra en la parte superior (A) una función típica de costos totales. Donde el eje de las abscisas representa las cantidades producidas y el eje de las ordenas representa los costos. Podemos apreciar dos regiones importantes, desde el origen de coordenadas hasta un nivel de producción y* la función corresponde a una economía de escala, y al aumentar la producción la función corresponde a una deseconomía de escala.

⁴ Cantidad de generación que aún podría suministrarse después de satisfacer de energía según la curva de demanda del periodo considerado.

⁵ Es un indicador de la eficiencia en el consumo y se define como la ratio entre la demanda promedio y la máxima demanda registrada dentro de un periodo temporal. (Tamayo, 2016)

⁶ La concentración de mercados hace alusión al número de empresas que intervienen en la producción o venta de un bien dentro de la industria a la que dicho grupo pertenece. Este grado de concentración es relevante cuando afecta la libre competencia del mercado. (Reyes, 2018)

⁷ Se define como el costo total dividido por el número de unidades producidas. Es la medida del coste de cada unidad producida. (Roldán, 2017)

En la parte inferior (B) se representa la curva de costo medio, donde también se define el punto y^* , llamado también tamaño óptimo de planta (Dammert Lira, Molinelli Aristondo, & Carbajal Navarro, 2011, pág. 68).

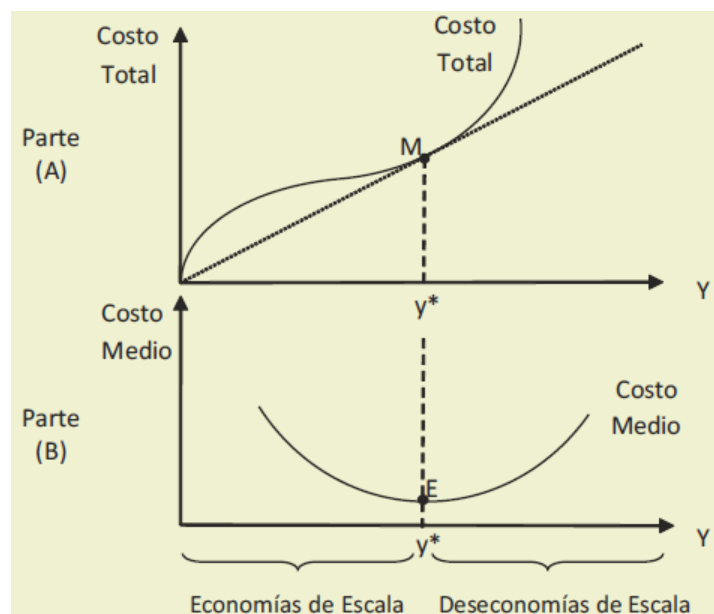


Figura 5. Economías y deseconomías de escala

Fuente: Fundamentos técnicos y económicos del sector eléctrico peruano – Elaborado por Osinergmin

1.3.2 Las economías de escala y la estructura del mercado eléctrico

Según el costo medio (CMe) y la cantidad producida, existen dos situaciones:

La primera situación (parte A de la figura 6), es cuando el tamaño óptimo de planta es muy pequeño con respecto a la demanda del mercado ($Y^* < Y^D$), y por ello se crea un escenario que atrae a otros competidores, a esta situación se le denomina solución competitiva, donde los competidores entraran al mercado mientras existan ganancias y las empresas producen al mínimo costo.

La segunda situación (parte B de la figura 6), es cuando las economías de escala son tan grandes que sobrepasan el tamaño del mercado, es decir el tamaño óptimo de planta es mayor que la demanda ($Y^* > Y^D$), por ello es ineficiente que opere más de una empresa (mayores costos), a esta situación se le denomina ineficiencia productiva. En conclusión, solo opera una empresa ($Y^B = Y^D$), a esto se le llama monopolio natural⁸; sin embargo, esto trae consigo problemas, los cuales abordaremos posteriormente.

En conclusión, el mercado puede ser potencialmente competitivo, o un escenario de monopolio natural.

⁸ Se dice que un mercado es un monopolio natural si económicamente es viable que opere una empresa y no lo es que operen dos o más empresas. (Tirole, 1990)

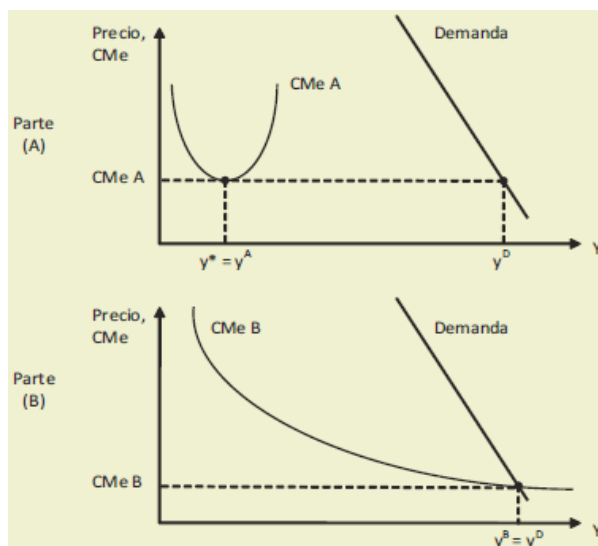


Figura 6. Economías de escala y estructura del mercado
Fuente: Fundamentos técnicos y económicos del sector eléctrico peruano - Elaborado por Osinergmin

1.3.3 Separación del sector eléctrico en actividades

1.3.3.1 Generación. “La inversión en la actividad de generación eléctrica es libre, es decir cualquier operador que cumpla con los requisitos exigidos por el MINEM puede competir o ampliar su capacidad libremente” (Dammert Lira, Molinelli Aristondo, & Carbajal Navarro, 2011, pág. 70). Esto ocurre ya que su economía de escala corresponde a la del caso (A) de la figura 6, es decir esta actividad se considera como potencialmente competitiva.

1.3.3.2 Trasmisión y Distribución. Presentan características de monopolio natural, encontrándose significativas economías de escala (es decir el tamaño óptimo de planta es mayor que la demanda por ello es ineficiente que opere más de una empresa), altos costos de inversión y reducidos costos marginales⁹. Estas actividades presentan una regulación más rigurosa. Su economía corresponde a la del caso (B) de la figura 6.

1.3.3.3 Comercialización. Presenta características de ser un mercado potencialmente competitivo, pues encontramos bajos costos de inversión. Sin embargo, “la comercialización minorista en el Perú se encuentra dentro de la distribución eléctrica” (Dammert Lira, Molinelli Aristondo, & Carbajal Navarro, 2011, pág. 71).

1.3.3.4 Operador del sistema (COES). Es una actividad con características de monopolio natural, pues esta actividad es la encargada de coordinar el sistema, resultaría ineficiente la coexistencia de dos operadores (duplicación de tareas y costos).

⁹ El costo marginal es el cambio en el costo total al variar el nivel de producción. Los costos marginales son los costos extras de producir una unidad más de producto.

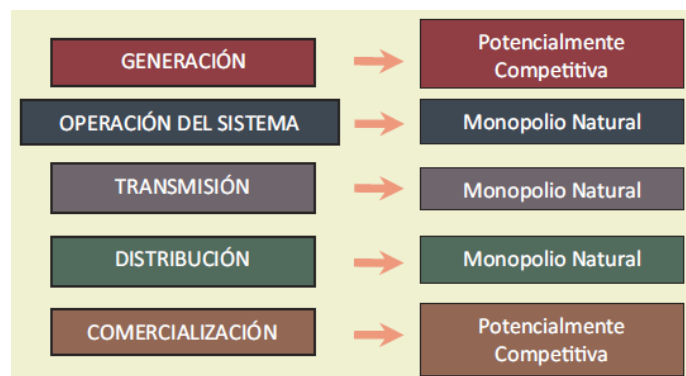


Figura 7. Características de las actividades del mercado eléctrico
Fuente: Fundamentos técnicos y económicos del sector eléctrico peruano - Elaborado por Osinergmin

1.3.4 Control de fusiones en el mercado eléctrico

La fusión de dos empresas tiene consecuencias importantes en el mercado. Por un lado, podrían elevar su poder en el mercado, por lo que podrían elevar los precios. Por otro lado, reducir costos debido a economías de escala, complementariedades, etc., podrían reducir los precios. En consecuencia, una fusión no necesariamente causa efectos negativos en el mercado.

A continuación, los escenarios que se pueden presentar.

Como primera posibilidad se puede presentar una concentración horizontal, es decir la fusión de dos empresas que realizan la misma actividad. Como segunda posibilidad de concentración vertical, es cuando las dos empresas presentan distintas actividades dentro de una cadena productiva (Dammert Lira, Molinelli Aristondo, & Carbajal Navarro, 2011, pág. 72).

Cabe mencionar que según el artículo 3 de la Ley N° 26876 o Ley de Antimonopolio y Antioligopolio del Sector Eléctrico (1997).

En las actividades de generación, transmisión y distribución, no se permiten actos de concentración horizontal en un porcentaje mayor o igual al 15% del mercado, ni tampoco actos de concentración vertical en un porcentaje mayor o igual al 5% de cualquiera de los mercados involucrados, a no ser que se cuente con la autorización de la Comisión de Libre Competencia del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), organismo encargado de evaluar si los actos de concentración mencionados no afectan la competencia en el sector (pág. 2).

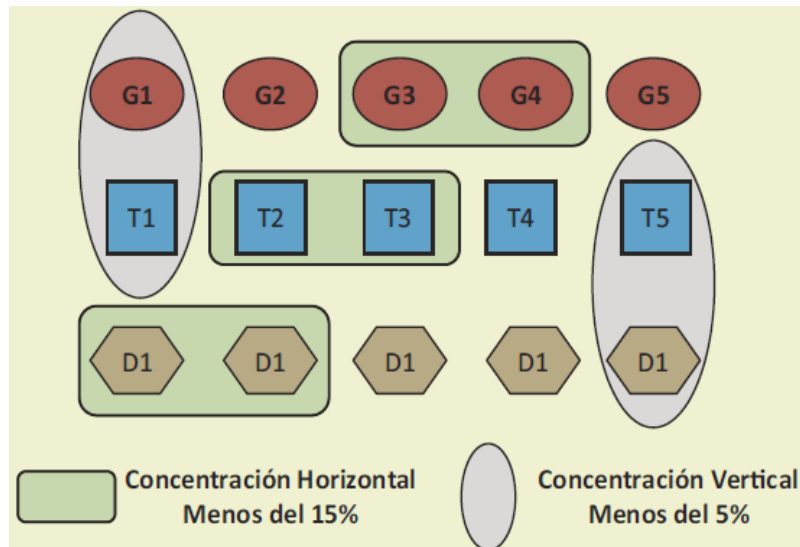


Figura 8. Concentraciones en el sector eléctrico

Fuente: Fundamentos técnicos y económicos del sector eléctrico peruano - Elaborado por Osinergmin

1.3.5 El mercado eléctrico y las transacciones

El mercado eléctrico está dividido en dos: mercado eléctrico regulado, y mercado de eléctrico libre. Los mecanismos de formación de precios de ambos mercados son distintos. Además de que dentro de ambos mercados existen transacciones físicas (energía y potencia) y transacciones financieras (dinero y contratos).

La información de la presente sección ha sido recopilada del libro: “Fundamentos Técnicos y Económicos del Sector Eléctrico Peruano”, elaborado por Osinergmin (Dammert Lira, Molinelli Aristondo, & Carbajal Navarro, 2011, págs. 127-135).

1.3.5.1 El mercado regulado: subastas, precios firmes y precios en barra.

Agentes que intervienen: clientes regulados, empresas de distribución, e indirectamente, las empresas de generación. Los clientes regulados solo pueden contratar con la empresa distribuidora correspondiente a la respectiva zona de concesión.

Las empresas de distribución inician una subasta (supervisada por Osinergmin) para comprar energía a los generadores, con el fin de cubrir la demanda total de sus clientes. El precio obtenido en la subasta se denomina “Precios firmes”. Si la distribuidora no logra cubrir la demanda de sus clientes (que los clientes necesiten mayor demanda de la proyectada), la energía adicional será valorizada a los “Precios en barra” (regulado por Osinergmin).

1.3.5.2 El mercado libre: contratos libres, precios libres y precios firmes.

Agentes que intervienen: clientes libres, empresas de distribución, empresas de generación. Los clientes libres tienen libertad de elegir con quien contratar, basándose en criterios económicos, técnicos, y/o estratégicos.

Los precios se establecen mediante contratos bilaterales, el precio obtenido se denomina “Precios libres”. También pueden optar por participar en subastas, es decir obtener “Precios firmes”.

1.3.5.3 Transacciones físicas y financieras en los mercados eléctricos. Las transacciones físicas se refieren a la energía y potencia eléctrica (en base a la demanda y oferta). Y las transacciones financieras se refieren al flujo de dinero entre las empresas (contratos y responsabilidades de pago).

1.3.5.3.1 Transacciones físicas: El COES, el mercado regulado y el mercado libre. El coordinador del sistema, encargado de gestionar la demanda y oferta, es el Comité de Operación Económica del Sistema (COES). Este designa la producción a las generadoras en orden a sus costos variables para cubrir la demanda en cada momento del día. Es decir, los generadores no deciden, cuando, ni cuánto energía van a producir durante el día. La energía producida por cada generador ingresa a un “pool de energía”, esta es entregada a los distribuidores y clientes libres; por lo que los generadores no saben a qué distribuidor o cliente, va dirigida la energía que produjeron, y los distribuidores o clientes no saben de qué generador proviene la energía. Sin embargo, los contratos, o compromisos pactados se deben cumplir, independientemente de lo que ocurre en las transacciones físicas.

1.3.5.3.2 Transacciones financieras: Precios firmes, precios libres, precios en barra, precio spot. Las transacciones financieras no están directamente relacionadas a las transacciones físicas. Si un generador tiene un contrato con un distribuidor, y no es llamado a producir por el COES (porque existen generadores con menores costos), dada la existencia de un contrato, el generador recibirá el pago por la energía contratada (al precio firme de la subasta, o al precio libre por contrato bilateral), para cumplir con el contrato, el generador deberá comprar la energía faltante a otras generadoras que si produjeron, se paga al costo marginal del sistema, también denominado “precio spot”, este corresponde al costo del último generador que produjo energía (el último llamado por el COES). De manera similar, si un generador que produce por encima de lo contratado y lo vende a otro generador deficitario, recibirá el precio spot.

1.3.6 Conclusiones del mercado eléctrico

La generación eléctrica se describe como actividad potencialmente competitiva, por lo que en su caso resulta más eficiente introducir competencia, a través del fomento de mecanismos mercado para la formación de precios. En cambio, en las actividades de transmisión y distribución eléctrica se presentan características de monopolio natural, por ello se requiere que se establezcan modelos de regulación tarifaria, así como concesiones exclusivas, con el fin de lograr un mejor desempeño en dichos sectores.

A continuación, se muestra el flujo de la cadena de energía eléctrica, desde las fuentes de energía hasta el consumidor final.

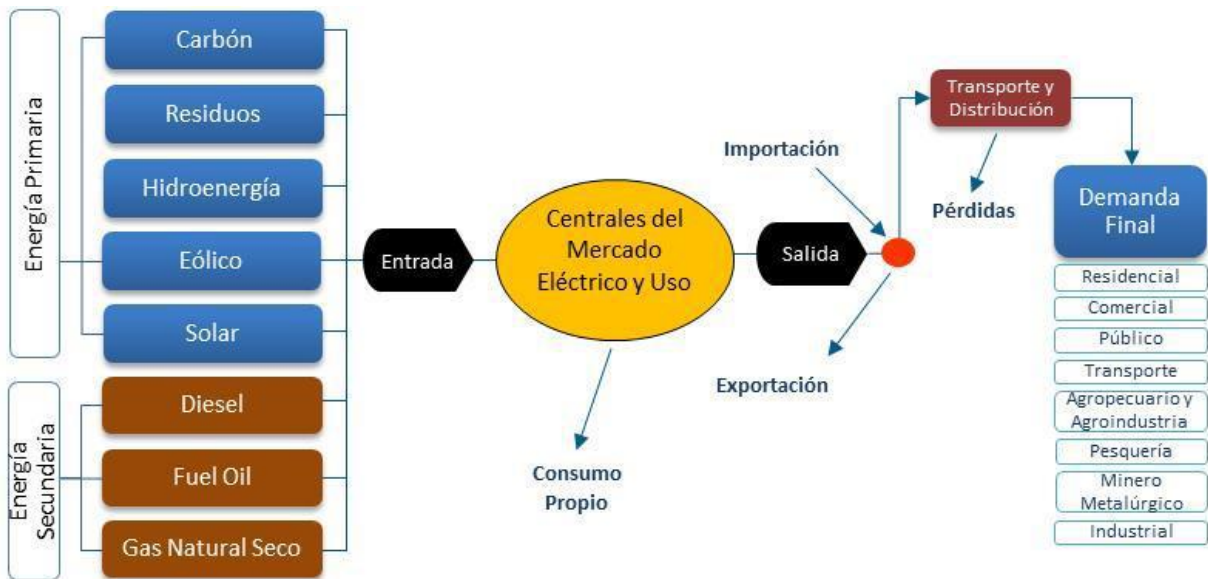


Figura 9. Esquema de la cadena de energía eléctrica
Fuente: Balance Nacional de Energía 2018. Ministerio de Energía y Minas

Se observa que las fuentes de entrada son energías primarias (hidroenergía, carbón, residuos, eólico, solar) y energías secundarias (gas natural seco, diésel, gasolina). Posteriormente las centrales eléctricas transforman estas energías para generar electricidad tanto para el mercado eléctrico como para el uso propio, es decir para la venta de electricidad o para satisfacer sus propias necesidades de electricidad.

Finalmente, a la salida, las redes de transmisión y distribución permiten fluir la energía hasta los consumidores finales, teniendo en cuenta que se dispone de redes de transmisión para importar y exportar energía, además de pérdidas en el proceso de transporte y distribución.

1.4 Situación actual de la generación eléctrica en el Perú

“En la actualidad participan 54 empresas generadoras, mientras que, en el 2009, solo existían 18” (Dirección General de Electricidad, 2020). Además, existe una menor concentración de mercado. En el 2009 las principales empresas de generación poseían una participación del 68% de la potencia efectiva de energía, en la actualidad esta es de 53%, estas empresas son Engie, Kallpa, Enel y Electroperú.

Es importante mencionar que las estadísticas de este capítulo han sido tomadas de fuentes del Ministerio de Energía y Minas, Osinergmin y/o del COES.

1.4.1 Estadísticas principales

1.4.1.1 Potencia instalada. “La potencia instalada asciende a más de 15GW” (Dirección General de Electricidad, 2020), lo cual significó un crecimiento anual promedio de 7%. De la potencia instalada, el 4% corresponde a centrales solares y eólicas, las cuales han tenido un crecimiento exponencial en los últimos años, por ello es muy importante un marco regulatorio para el ingreso de estas energías, que se establezcan las condiciones técnicas que deben cumplir (problemas de estabilidad en la frecuencia causada por los inversores de estos sistemas), y evaluar el impacto económico en el mercado eléctrico peruano.

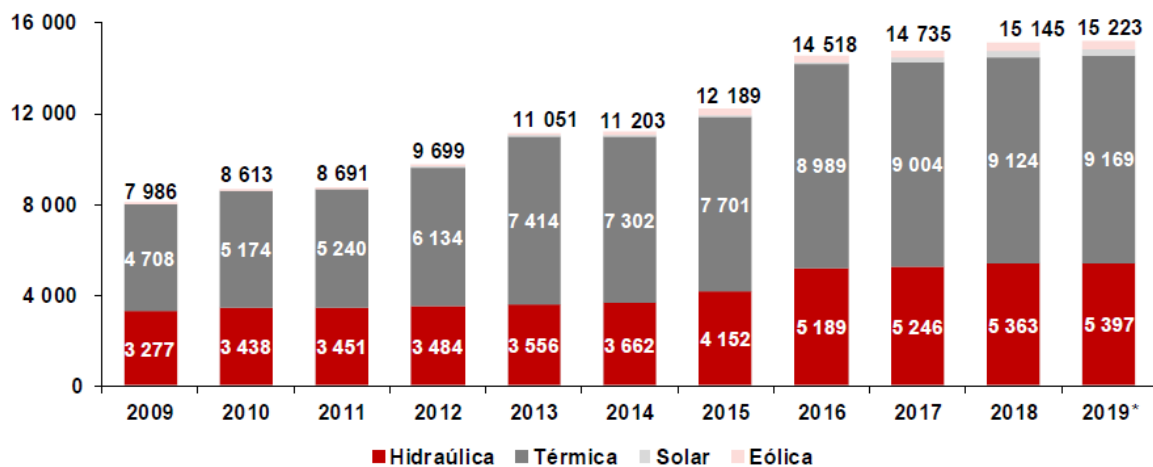


Figura 10. Potencia instalada del sector eléctrico nacional (MW)

Fuente: Anuario ejecutivo de electricidad 2019. Ministerio de Energía y Minas

1.4.1.2 Producción de electricidad. “La producción de energía eléctrica de las empresas integradas del COES en el 2019 fue de 52 889,14 GWh, lo que representa un incremento de 2072,36 GWh (4.08%) en comparación con el año 2018” (COES, 2020).

La producción de electricidad ha presentado un crecimiento anual promedio de 6% en el periodo 2009-2019. “Las centrales hidráulicas producen la mayoría de la energía eléctrica, con una participación del 57% en el 2019. Esta participación se ha encontrado estable en el periodo 2009-2019, siendo en promedio 55%” (Dirección General de Electricidad, 2020).

Enel, Kallpa, Electroperú y Engie concentran más del 50% de la producción nacional de energía eléctrica. De estas, Electroperú es una empresa pública, la cual posee la central hidroeléctrica más grande del Perú.

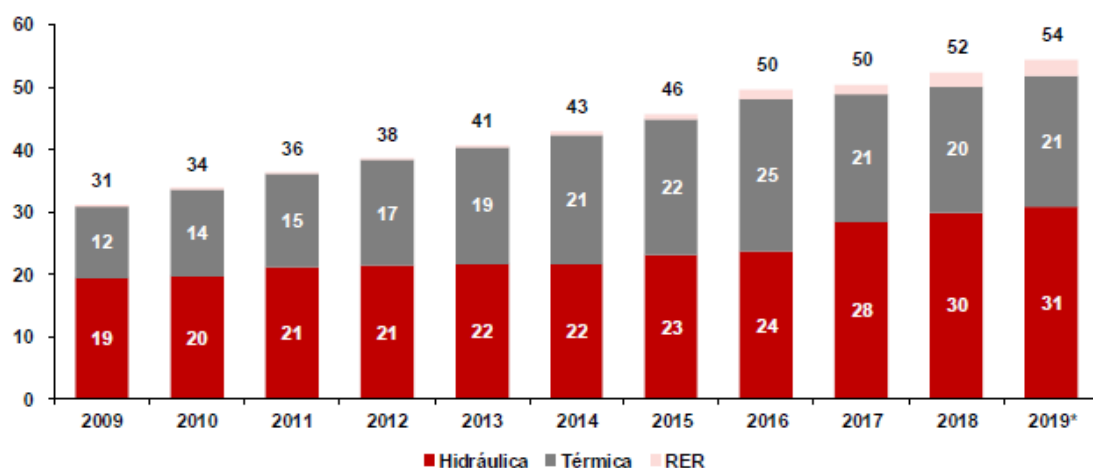


Figura 11. Producción del mercado eléctrico por tipo de tecnología (TWh)

Fuente: Anuario ejecutivo de electricidad 2019. Ministerio de Energía y Minas

En el 2019, la producción RER no convencional (minihidráulica, eólica, solar, biomasa) fue de 4,5 TWh, lo que representa el 8.5% de la producción nacional del mercado eléctrico.

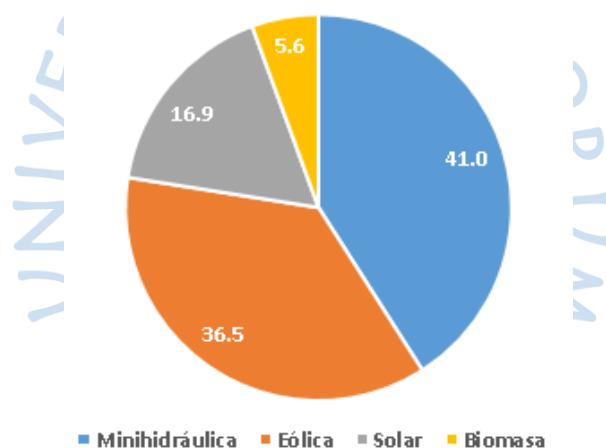


Figura 12. Distribución de la producción RER 2019 (%)

Fuente: Elaboración propia con datos del COES

1.4.1.3 Consumo final por sectores. El consumo final se orienta a satisfacer la demanda de energía eléctrica de los sectores: residencial, comercial, público, industrial, de transporte, minero metalúrgico, agropecuario, agroindustrial, y pesquería. Los sectores más predominantes son el minero metalúrgico y el industrial, por lo que el crecimiento de estos sectores implica el reforzamiento de la producción de energía eléctrica a través de fuentes energéticas más eficientes.

El sector industrial, residencial, comercial y público evolucionan lentamente, pero progresivamente, a diferencia del sector minero metalúrgico, que es el sector con más crecimiento, sobre todo entre el año 2015 y 2016.

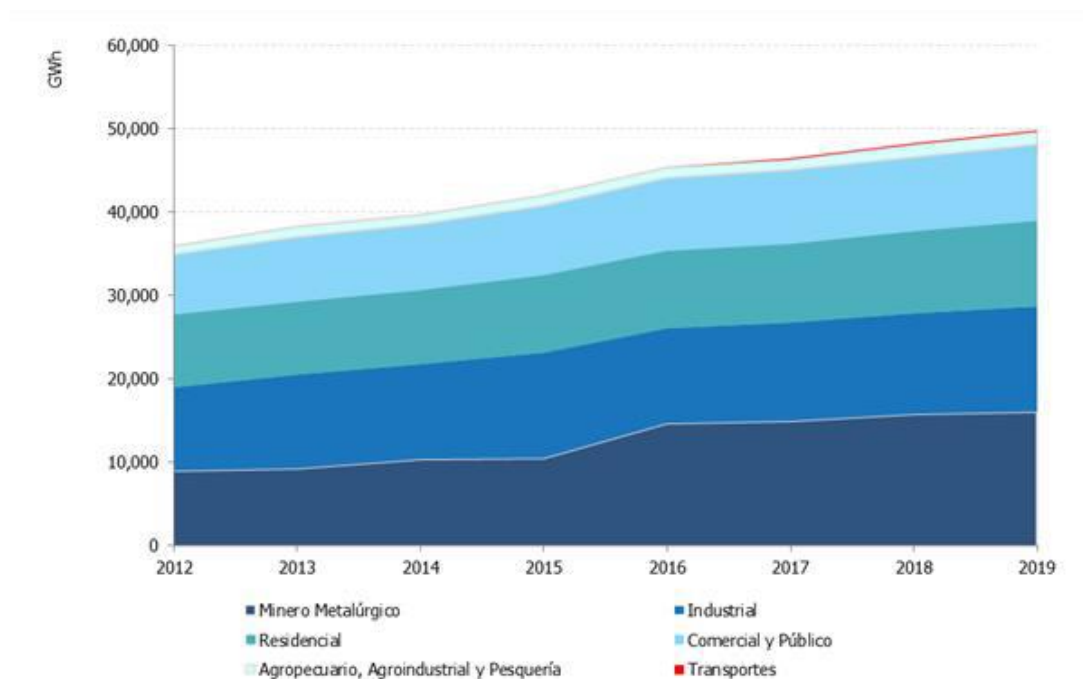


Figura 13. Evolución del consumo final de energía eléctrica por sectores
Fuente: Balance Nacional de Energía 2019. Ministerio de Energía y Minas

1.4.1.4 Matriz y flujo del balance de energía eléctrica. A continuación, se presenta el flujo de la energía eléctrica, desde el origen hasta su consumo final.

La matriz del balance de energía eléctrica se basa en un conjunto de relaciones de equilibrio que contabilizan la energía que se produce, la que se intercambia con el exterior, la que se transforma, la de consumo propio, la de pérdidas y la que se destina a los sectores (Ministerio de Energía y Minas, 2020, pág. 124).

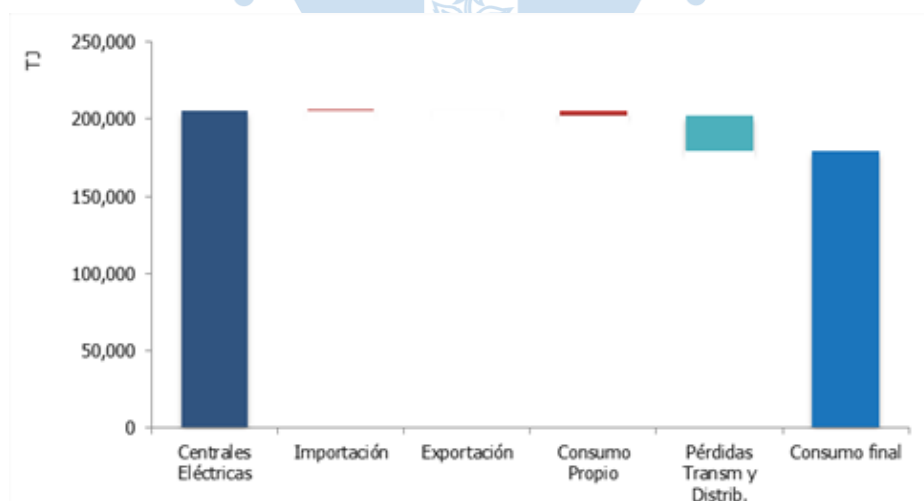


Figura 14. Resumen del balance de energía eléctrica en el 2019(TJ)
Fuente: Balance Nacional de Energía 2019. Ministerio de Energía y Minas

1.4.1.5 Balance de energías renovables no convencionales, incluido biomasa.

Para los fines del (Decreto legislativo N° 1002, 2008) Decreto Legislativo N°1002, sobre promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables, se entiende como Recursos Energéticos Renovables (RER) a los recursos tales como biomasa, eólico, solar, geotérmico y mareomotriz; y en caso de energía hidráulica, cuando la capacidad instalada no sobrepasa los 20 MW. Es decir, que la definición está más ligada a los fines de promoción de determinadas tecnologías renovables, que a las características propias del recurso.

Tabla 1. Producción con energías renovables no convencionales (GWh)

Fuente	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Agua	672.97	898.22	853.76	1001.88	1290.9	1845.11
Eólica	146.11	590.7	1054.11	1001.88	1493.63	1646.16
Solar	30.32	231	241.82	288.17	745.19	761.73
Bagazo	199.3	90.5	86.01	81.69	93.81	186.32
Biogás	256.31	36.7	51.2	41.94	50.6	65.62
Total	1305.01	1847.12	2286.9	2415.56	3674.13	4504.94

Fuente: Datos del COES (informes de operación anuales del SEIN). Elaboración propia

1.4.2 Empresas de generación eléctrica

A continuación, se presentan las 58 empresas que participaron en la generación eléctrica en el año 2019. Cuatro empresas concentran más del 50% de la generación eléctrica, Kallpa con 15.1%, Electroperú con 13.6 %, Enel Generación Perú 12.7%, y Engie con 12.5%.

Cabe mencionar que cada empresa tiene a cargo una o varias centrales eléctricas, y estas pueden centrales hidráulicas, centrales térmicas, centrales solares o centrales eólicas.

Tabla 2. Empresas de generación eléctrica en el Perú

Por Empresas Integrantes	%	Por Empresas Integrantes	%
Kallpa	15.07	Hidromarañon/ Celepsa Renovables	0.26
Electroperu	13.57	Huaura Power	0.26
Enel Generacion Peru	12.67	Agua Azul	0.22
Engie	12.49	Andean Power	0.21
Fenix Power	7.12	Rio Doble	0.20
Statkraft	4.49	AIPSA	0.18
Emge Huallaga	4.34	Electro Zaña	0.14
Orazul Energy Perú	3.96	Rio Baños	0.13
Termochilca	3.08	Petramas	0.12
Egamsa	2.37	Panamericana Solar	0.10
Celepsa	2.22	Shougesa	0.09
Chinango	1.92	Moquegua Fv	0.09
Enel Green Power Peru	1.90	Tacna Solar	0.09
Egasa	1.88	Gts Majes	0.08
San Gaban	1.38	Gts Reparticion	0.08

Por Empresas Integrantes	%	Por Empresas Integrantes	%
Inland	1.27	San Jacinto	0.08
Enel Generacion Piura	1.26	EGECSAC	0.06
P.E. Tres Hermanas	0.87	Agroaurora	0.05
Energía Eólica	0.84	Hidrocañete	0.05
Emge Huanza	0.75	Electrica Yanapampa	0.04
Emge Junín / Santa Cruz	0.73	Bioenergia	0.03
Termoselva	0.61	Generación Andina	0.03
GEPSA	0.59	Maja Energia	0.03
SDF Energia	0.45	Hydro Patapo	0.01
EGESUR	0.31	Samay I	0.01
Santa Ana	0.31	IYEPSA	0.01
Hidroelectrica Huanchor	0.30	Planta Eten	0.00
P.E. Marcona	0.30	Electrica Santa Rosa / Atria	0.00
Sinersa	0.27	Cerro Verde	0.00

Fuente: Datos obtenidos del COES, elaboración propia

1.4.3 Empresas que generan a partir de RER no convencional en el Perú

En el 2019 las energías RER no convencionales tuvieron una participación del 8.52% del total de la generación de energía eléctrica. Considerando a energías RER a aquellas energías que provienen de fuentes renovables (en el caso de las centrales hidráulicas, solo consideramos aquellas centrales que tienen una potencia instalada menor a 20 KW).

Cabe mencionar que las empresas pueden tener centrales hidráulicas, térmicas, eólicas y solares. En tabla 3 se muestra la energía que corresponde por generación RER de cada empresa. (en esta hoja debe iniciar la tabla 3 y continuar en la sgte pág.)

Tabla 3. Empresas que generan a partir de RER no convencional en el Perú

Empresa	Energía (GWh)	Participación (%)
Enel Green Power Perú	1007.2285	22.36
Tres Hermanas	461.1657	10.24
Energía Eólica	443.6823	9.85
GEPSA	313.3799	6.96
Egejunín	282.2872	6.27
Santa Ana	161.3803	3.58
Marcona	157.1091	3.49
Sinersa	143.3456	3.18
Huaura Power	138.7143	3.08
Agua Azul	116.3215	2.58
Andean Power	112.4863	2.50
Orazul Energy Perú	106.5151	2.36
Engie	105.6816	2.35
Río Doble	105.1616	2.33
Santa Cruz (1)	102.5636	2.28
AIPSA	97.2517	2.16
Electro Zaña	75.6310	1.68

Empresa	Energía (GWh)	Participación (%)
Río Baños	67.7398	1.50
Petramás	65.6217	1.46
Panamericana	51.3008	1.14
Moquegua Fv	47.3057	1.05
Tacna Solar	46.7449	1.04
GTS Majes	44.2832	0.98
GTS Repartición	43.3860	0.96
San Jacinto	42.6751	0.95
EGECSAC	30.3100	0.67
Agroaurora	28.4163	0.63
Hidrocañete	27.8489	0.62
Eléctrica Yanapampa	23.2807	0.52
Bioenergía Del Chira	17.9760	0.40
Generación Andina	16.1951	0.36
Maja Energía	15.2754	0.34
Enel Generación Perú	4.3839	0.10
Atria Energía (2)	1.5095	0.03
Eléctrica Santa Rosa (2)	0.7832	0.02
Total, Rer	4504.94	100
Total	52889.14	
Participación Rer	8.52%	

Fuente: Datos obtenidos del COES, Elaboración propia

1.5 Situación económica del Perú

En el presente capítulo se analizará la situación económica del Perú, sobre todo con respecto al impacto del Covid – 19 en la industria energética, analizando la evolución del Producto Bruto Interno (PBI) y la relación de este con la industria eléctrica, cabe mencionar que los datos han sido obtenidos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), del Banco Central de Reserva (BCR), Banco Mundial y/o fuentes confiables.

1.5.1 Evolución del producto bruto interno hasta el primer trimestre 2021

“En el Perú, el producto bruto interno (PBI) en el primer trimestre del presente año creció 3.8% respecto al similar periodo del año anterior, luego de cuatro trimestres de contracción” (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2021, pág. 1). Esto es el resultado a las medidas de reactivación económica implementadas para contrarrestar la pandemia.

En figura 15 se puede apreciar que, económicamente el Perú ha sido muy afectado, sin embargo, se espera un “efecto rebote”, es decir una progresiva recuperación económica. “Para el 2021 se proyecta un PBI real de 7.3%” (Fondo Monetario Internacional, 2020, pág. 61).

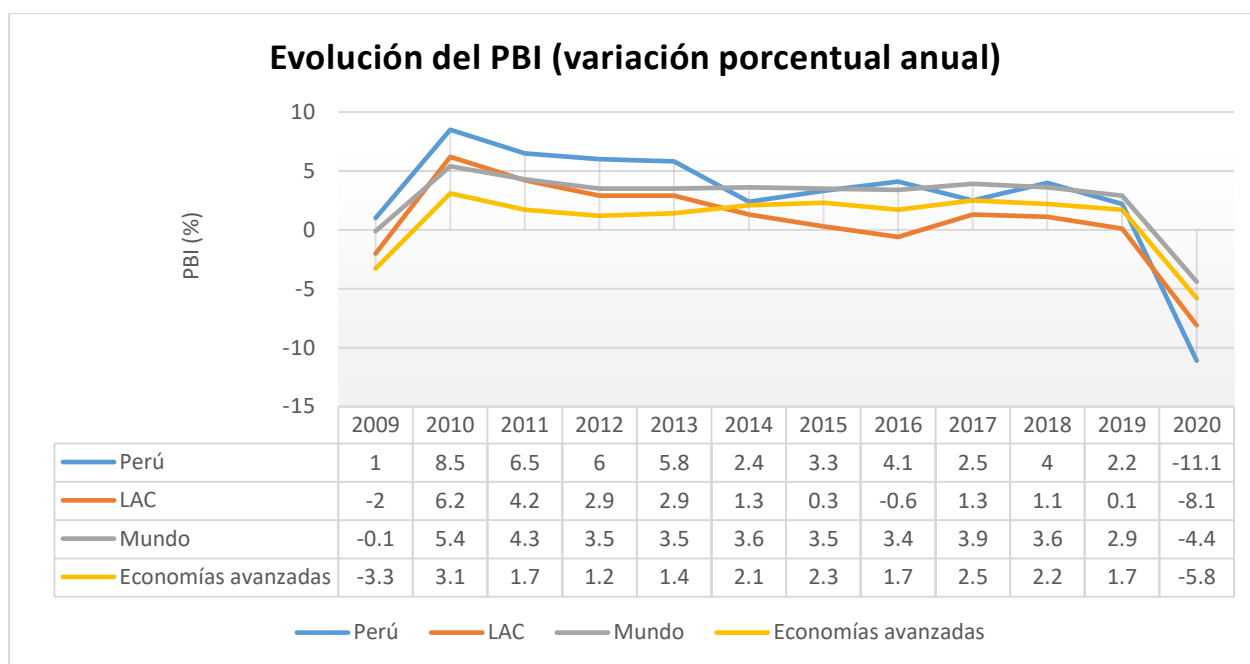


Figura 15. Evolución del PBI del Perú y los principales grupos económicos

Fuente: Datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI), Fondo Monetario Internacional (FMI) y la Comisión Económica para Latinoamérica y el Caribe (CEPAL). Elaboración propia

1.5.2 Impacto del COVID-19 a la economía del Perú

Hasta el año 2019 el Perú contabilizó 21 años de expansión continua (trayectoria del PBI positiva) sin embargo, la crisis que está causando el covid – 19 ha causado un gran impacto a la economía del país, “una reducción del 11.1 % del PBI real¹⁰” (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2021, pág. 1). Para entenderlo mejor, si en el año 2019 el PBI nominal fue de 757 mil millones de soles (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2020), para el 2020 se espera un PBI nominal¹¹ de 671 mil millones de soles, es decir se han perdido 68 mil millones de soles (considerando una caída del PBI del 14%). Se estima que la crisis del COVID-19 retraso entre tres y cuatro años la economía del país.

¹⁰ Considerando la inflación

¹¹ Sin considerar la inflación

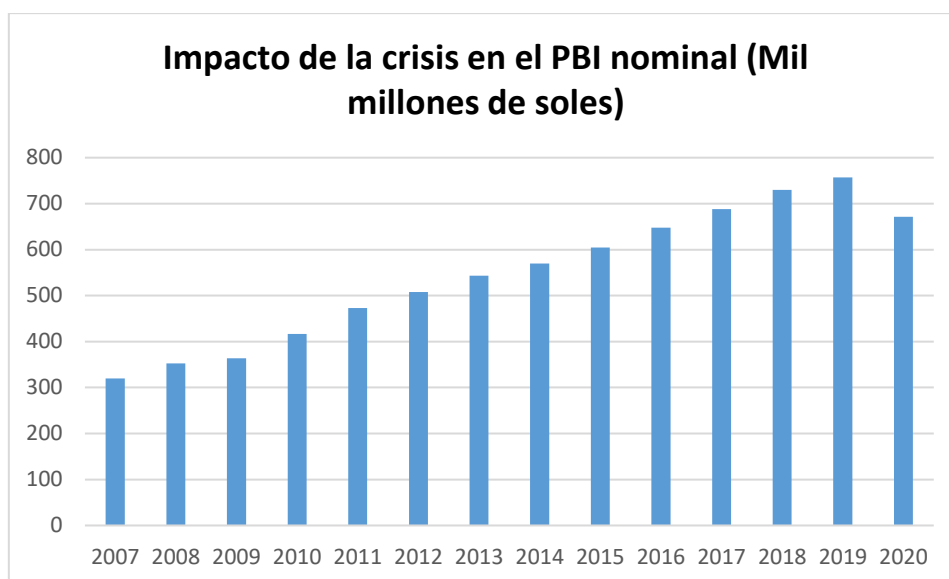


Figura 16. Impacto de la crisis en el PBI nominal

Fuente: Datos obtenidos del INEI y el BCR, elaboración propia

1.5.3 Correlación entre la economía y la producción de electricidad

El sector eléctrico mantiene una estrecha relación con el crecimiento del país, asociado a que este permite el desarrollo de las actividades económicas y sociales. En particular con el sector minero e industrial, dado que la demanda de los proyectos genera aumento de la energía.

En la figura 17 se muestra la relación que existe entre la producción de energía eléctrica y el PBI. Además, en la figura 18 se calcula el grado de correlación, confirmando una fuerte correlación ($R=0.99575$), demostrando que la energía y la economía están muy ligadas.

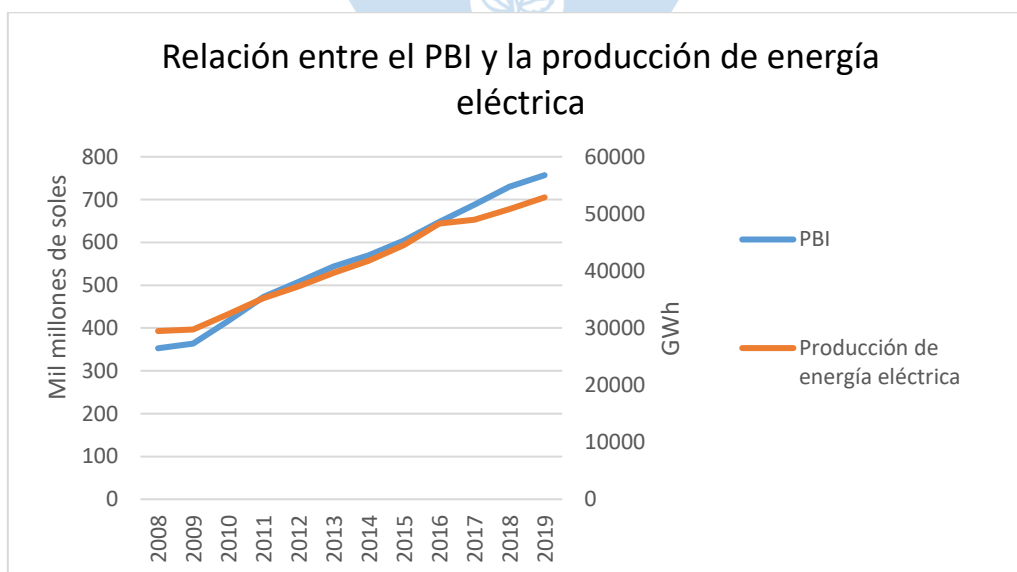


Figura 17. Relación entre el PBI y la producción de energía eléctrica

Fuente: Datos estadísticos obtenidos del COES y del INEI, elaboración propia

Un dato importante se muestra en la figura 18, esta es la pendiente de la recta ($m=60.104$), en econometría se le conoce como costo de racionamiento, esto significa que si no tuviéramos 1MWh el Perú perdería 60 mil soles. Cabe mencionar que este es uno de los métodos que utiliza el COES para calcular la demanda.

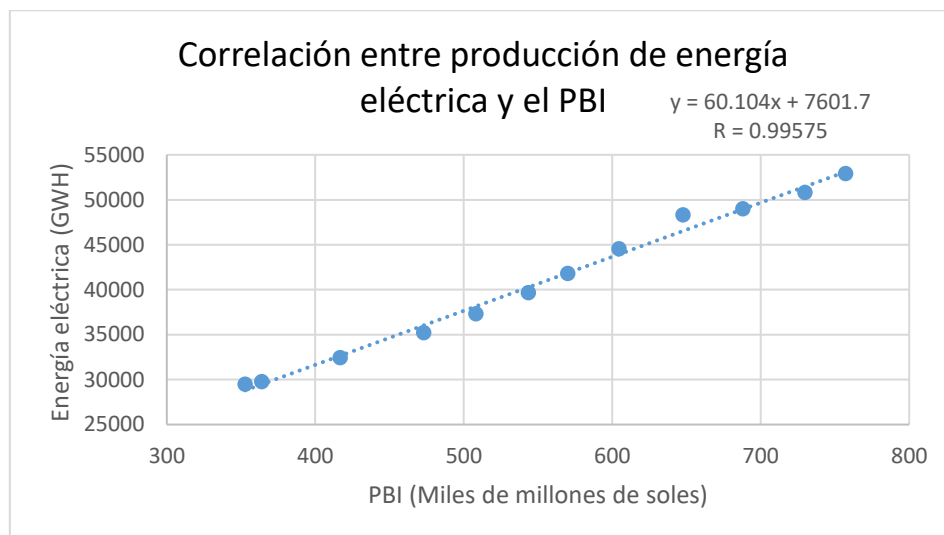


Figura 18. Correlación entre producción de energía eléctrica y el PBI
 Fuente: Datos estadísticos obtenidos del COES y del INEI, elaboración propia

1.5.4 Impacto del COVID-19 al Sector Eléctrico

En el Perú, la demanda eléctrica cayó principalmente en marzo, abril y mayo (parte de los meses del estado de emergencia), “cayó 23% respecto al similar periodo del 2019” (Osinergmin, 2020, pág. 10), “la energía hídrica en abril llegó a cubrir más del 90% de la generación” (Osinergmin, 2020, pág. 12).

Se han establecido mercados diferentes dependiendo de las necesidades, los generadores, participan en el mercado spot, no necesitas un contrato, se trazan cada hora, uno entrega energía, otro retira energía, esa transacción se realiza de forma automática a través del COES, el COES define los precios en función del coste de oportunidad de la última máquina, si la última es una central térmica tendrá el costo de producción de esta central, si la última es hidráulica entonces el costo marginal¹² será cero, si esto se repite a lo largo de los días, entonces existe una secuencia lógica de cómo funciona el sistema a lo largo de los días, semanas. El covid redujo fuertemente la demanda de la energía, acompañado de una reducción fuerte de la producción térmica, por lo tanto, el costo marginal caería casi a cero. Finalmente, “el precio spot marcó un mínimo histórico y descendió hasta 1.15 céntimos por KWh” (Osinergmin, 2020, pág. 4).

La crisis causo retrasos en la entrada de proyectos de generación programados para los primeros cinco meses del año.

¹² El costo marginal es el cambio en el costo total al variar el nivel de producción. Los costos marginales son los costos extras de producir una unidad más de producto.

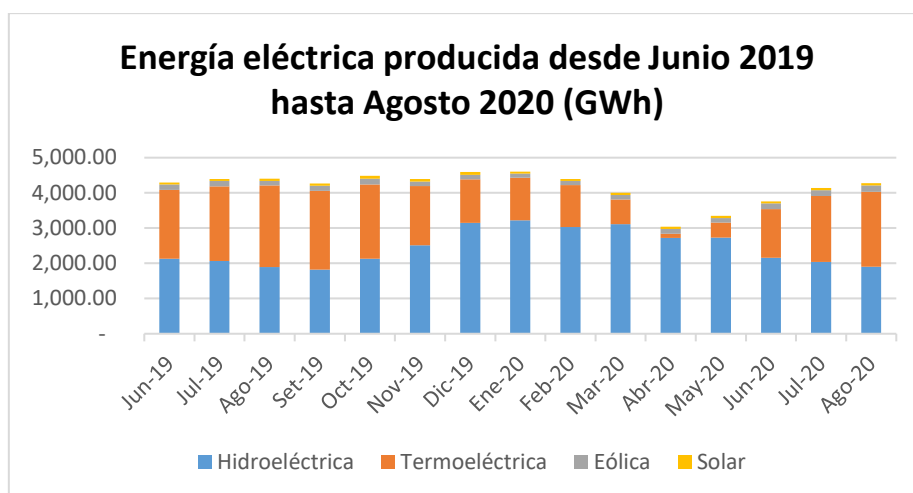


Figura 19. Impacto de la crisis en la demanda de energía eléctrica
Fuente: Datos obtenidos del COES, elaboración propia

1.5.5 Estimación de la demanda de energía eléctrica deducida por el PBI

Se observa en la figura 20, que la crisis provocada por el covid – 19 ha retrasado la economía del país entre tres a cuatro años, por lo tanto, se espera lo mismo de la demanda de energía eléctrica.

Cabe mencionar que estas predicciones del PBI fueron obtenidas de informes Latin Focus Consensus Forecast de Focus Economics (Centro financiero de Lima, 2020) sobre la economía latinoamericana, estas son publicaciones mensuales que contienen proyecciones macroeconómicas de casi 200 fuentes diferentes. El BCR y Ministerio de Economía y Finanzas, estiman una recuperación más optimista, pero decidí emplear las proyecciones más conservadoras.

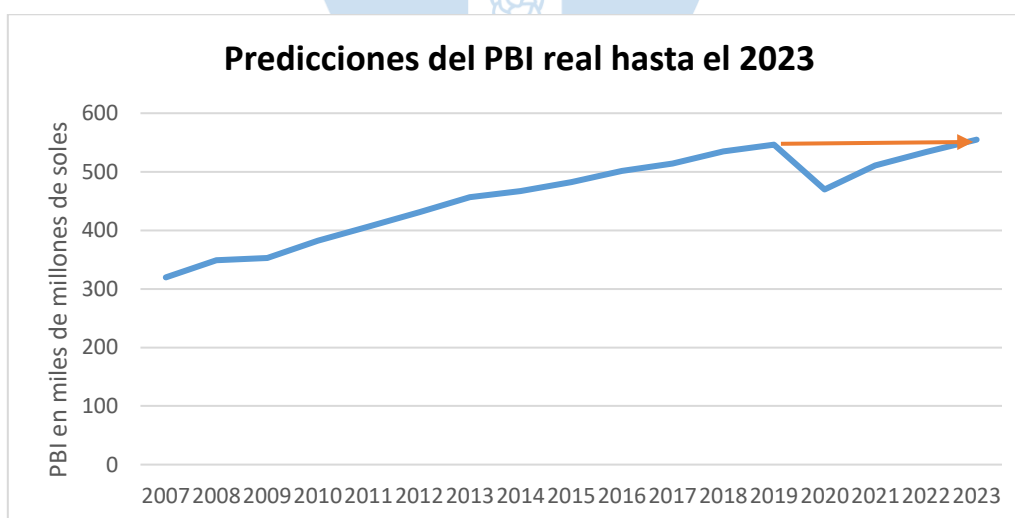


Figura 20. Predicciones del PBI real hasta el 2023
Fuente: Datos obtenidos de FOCUSECONOMICS, elaboración propia.



Capítulo 2

Marco teórico

2.1 Definición de generación distribuida

La generación distribuida (GD) no tiene una definición única, sino que depende de la regulación de cada país y a múltiples factores, estos pueden ser tecnologías empleadas, límite de potencia, conexiones de red, etc.

A continuación, citaré algunas definiciones de generación distribuida.

Osinergmin:

“El concepto de generación distribuida (GD) incluye todas aquellas fuentes conectadas muy cerca de los centros de consumo y que, por lo tanto, están conectadas a la misma red de baja o media tensión en la que están los consumidores” (Osinergmin, 2017).

DPCA (Distribution Power Coalition of America):

“La generación de energía distribuida es cualquier tecnología de generación de energía a pequeña escala que proporciona energía eléctrica en un sitio más cercano a los clientes que la generación de la estación central. Una unidad de energía distribuida puede conectarse directamente al consumidor o al sistema de transmisión o distribución de una empresa de servicios públicos” (Bayod Rújula, Mur Amada, & Bernal-Agustín, 2005).

IEA (International Energy Agency):

“La generación distribuida es una planta generadora que atiende a un cliente en el sitio o que brinda soporte a una red de distribución y está conectada a la red en voltajes de nivel de distribución. Las tecnologías generalmente incluyen motores, turbinas pequeñas (incluidas micro), pilas de combustible y energía fotovoltaica. Por lo general, no incluye la energía eólica, ya que la mayor parte de la energía eólica se produce en parques eólicos construidos específicamente para ese propósito en lugar de cumplir con un requisito de energía en el sitio” (Bayod Rújula, Mur Amada, & Bernal-Agustín, 2005).

EPA (United States Environmental Protection Agency):

“La generación distribuida se refiere a una variedad de tecnologías que generan electricidad en o cerca de donde se utilizará, como paneles solares y la combinación de calor y energía. La generación distribuida puede servir a una sola estructura, como una casa o un negocio, o puede ser parte de una micro red (una red más pequeña que también está conectada al sistema de suministro de electricidad más grande), como en una instalación industrial importante. La generación distribuida puede ayudar a respaldar el suministro de energía limpia y confiable a clientes adicionales y reducir las pérdidas de electricidad a lo largo de las líneas de transmisión y distribución” (United States Environmental Protection Agency, 2017).

Finalmente definiremos la GD según el marco normativo peruano.

La ley N° 28832 (LDGE) define a la GD como: “Instalación de Generación con capacidad no mayor a la señalada en el reglamento, conectada directamente a las redes de un concesionario de distribución eléctrica” (Ley N° 28832, 2006)

Esta definición se complementa con las medidas de promoción reconocidas en la LDGE, la que establece un marco regulatorio aplicable a los proyectos enfocada a la actividad de generación.

Por otro lado, el DL 1221, al igual que el LDGE también emplea el término generación distribuida, pero da cuenta de un marco regulatorio distinto enfocado directamente en el usuario público de electricidad, refiriéndose a la generación distribuida a partir de fuentes renovable no convencionales o cogeneración.

En conclusión, el marco normativo peruano define a la GD con la intención de regular la actividad, refiriéndose a una capacidad establecida en un reglamento (que todavía no se aprueba) y al nivel de conexión. A diferencia de algunas definiciones, el marco normativo peruano no menciona el tipo de tecnología, ni la cercanía de los centros de consumo.

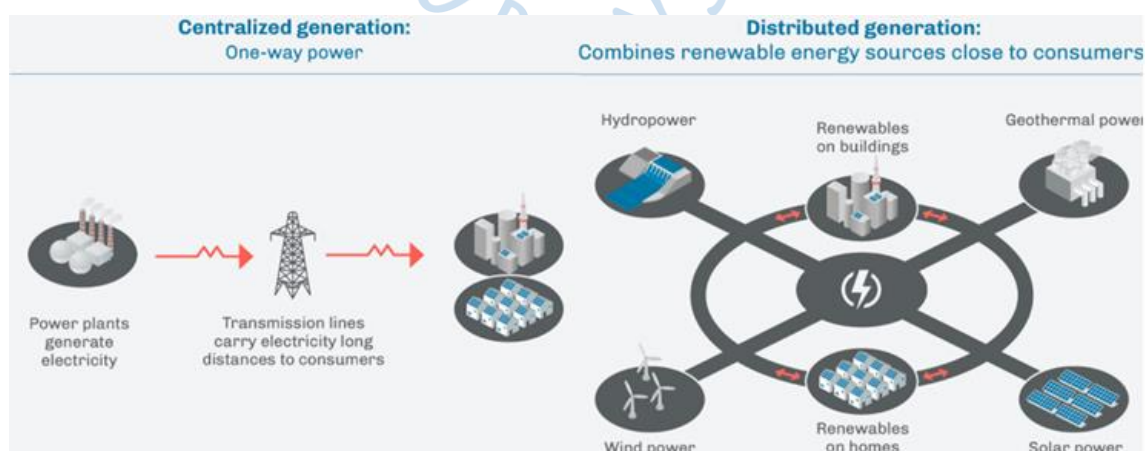


Figura 21. Generación Centralizada vs generación distribuida

Fuente: Elaborado por U.S. Embassy & Consulates in South Africa

2.2 Tecnologías de generación a partir de energías renovables no convencionales

En el primer capítulo, en sección 1.2 denominada “Fundamentos técnicos del Sector Eléctrico” se vieron algunos tipos de generación (generación hidráulica y generación térmica). En el presente apartado se hará un enfoque a la generación eléctrica a partir de Energías renovables no convencionales (ERNC).

2.2.1 Mini hidráulica

Las centrales hidroeléctricas generan energía a partir del aprovechamiento del caudal de los ríos. “En el Perú se habla de una central mini hidráulica cuando su potencia instalada es menor a 20 MW” (Osinermin, 2021). Estas son muy utilizadas tanto para uso personal como por el sector privado por su pequeño tamaño y menor costo inicial, además de su factibilidad de instalación.

Según (Osinermin, 2017), el aprovechamiento de energía a partir de una central mini hidráulica puede darse de dos maneras:

- A) Centrales de agua fluyente: Desvían mínimamente el agua de un río por un canal hasta llegar a una turbina. Después de ser utilizada, el agua del río vuelve a su cauce. De esta manera, se aprovecha el agua en el momento, el caudal varía en función del régimen hidrológico del curso de agua.
- B) Centrales a pie de presa: Almacenan el agua en un embalse, luego es conducida por una tubería hasta la base de la presa y sigue hasta donde se encuentran las turbinas. Estas centrales, al contar con almacenamiento de agua, pueden satisfacer la demanda en hora punta. (pág. 53)

Los componentes elementales de una central mini hidráulica no son diferentes de los empleados en una de gran potencia. La turbina constituye el componente principal, y esta puede ser del tipo Pelton, Francis o Kaplan.

2.2.1.1 Ventajas. Este tipo de generación presenta las siguientes ventajas:

- Bajo costo inicial, fácil instalación y mínimo mantenimiento.
- No emite gases contaminantes.
- Su utilización es paralela a otros usos del agua, como el riego, industria, entre otros.

2.2.1.2 Desventajas. Esta tecnología presenta los siguientes inconvenientes:

- Riego de inundación por rotura de presa.
- Cierta impacto en el ecosistema.
- Que la generación no sea suficiente debido a un año seco, o un caudal deficiente.

2.2.2 Tecnología solar fotovoltaica

Esta tecnología aprovecha la radiación producida por el sol para generar energía eléctrica. Se basa en la absorción de la radiación solar mediante un material semiconductor, que componen las células fotovoltaicas, las mismas que al recibir la radiación se estimulan y generan saltos electrónicos, generando diferencias de potencial en sus extremos. La adaptación en serie de estas células permite obtener voltajes en corriente continua, la misma que se puede transformar en corriente alterna y puede ser inyectada a la red (Osinergmin, 2017, págs. 33, 34).

Esta tecnología es óptima para atender a usuarios que se encuentra fuera de la red de distribución y para usuarios que tienen más consumo de energía eléctrica durante la hora solar pico. Además, en el caso de empresas ayuda a formar una marca, dar un valor agregado, y ser sostenibles con el medio ambiente.

2.2.2.1 Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos (Atersa, 2017).

- Desconectados a red: Electrificación de zonas rurales y aisladas, bombeo de agua, alumbrado público, señalización, telecomunicación y aplicaciones espaciales.
- Conectados a red: Edificios fotovoltaicos y centrales fotovoltaicas.

2.2.2.2 Elementos de un sistema fotovoltaico (Ingemecanica, 2017).

- Módulo fotovoltaico: Son los encargados de captar la radiación solar y transformarla en electricidad, generando una corriente continua (DC). El número de paneles quedará determinado por la potencia que se necesita suministrar, y su disposición y forma de conexionado (en serie o en paralelo), será en función de la tensión nominal de suministro y la intensidad de corriente que se desee generar.
- Regulador de carga: Encargado de controlar la carga de las baterías desde los módulos o paneles generadores, así como de su descarga hacia el circuito de alimentación interior de la vivienda, evitando además que se produzcan cargas o descargas excesivas del conjunto de baterías. brindando protección frente a sobrecarga o sobre descarga.
- Baterías: Es un opcional, se utilizan baterías para proporcionar energía en horas de baja o nula insolación, almacenar el excedente de energía y satisfacer picos instantáneos de demanda.
- Inversor: Convierte la corriente continua en alterna, e igual a la tensión y frecuencia de la red eléctrica para alimentar los aparatos eléctricos conectados a la instalación. Debe tener características de baja distorsión armónica, resistencia a picos de corriente y tensión
- Elementos de protección: fusibles, interruptor termomagnético, interruptor diferencial, sistema de puesta a tierra y protecciones contra sobretensiones y rayos.

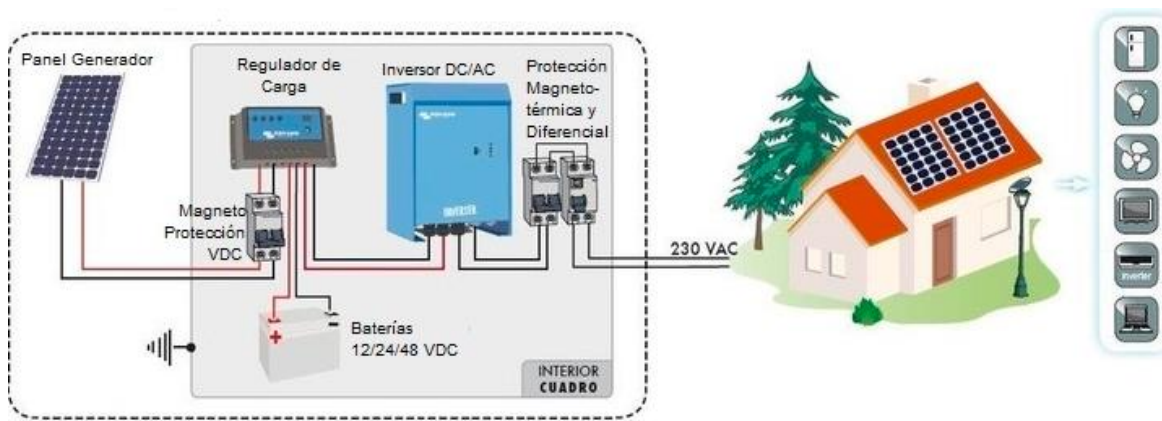


Figura 22. Componentes de una instalación fotovoltaica

Fuente: Elaborado por <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>

2.2.2.3 Ventajas. Las ventajas que presentan este tipo de generación distribuida son:

- No contamina el medio ambiente.
- Instalación relativamente fácil con respecto a otros sistemas.
- Costos de operación y mantenimiento muy bajos.
- Elevada vida útil de los módulos fotovoltaicos.
- El costo de los componentes disminuye a medida que la tecnología avanza.
- Es un sistema silencioso, limpio y puede instalarse en casi cualquier lugar sin provocar una molestia.

2.2.2.4 Desventajas. Las desventajas que presentan este tipo de generación distribuida son:

- Alto costo de inversión inicial (por los componentes).
- Depende de las condiciones climáticas del lugar de instalación.
- Para recolectar energía solar a gran escala se requiere de grandes extensiones de terreno.

2.2.3 Tecnología solar térmica

Se aprovecha la radiación solar para producir energía térmica, el cual puede utilizarse para calentar agua, calefacción, cocinar alimentos, para generar energía mecánica y a partir de ella energía eléctrica. Una planta de energía termosolar de concentración, genera calor y puede almacenarlo antes de convertirlo a energía eléctrica, el almacenamiento de calor es más barato que el almacenamiento de energía eléctrica. De esta forma puede producir electricidad durante el día y la noche. Si la ubicación de la planta tiene una radiación solar predecible, entonces se convierte en una central confiable de generación de energía (Osinergmin, 2017, pág. 35).

2.2.3.1 Tipos de centrales termosolares:

2.2.3.1.1 Centrales de colectores cilindro parabólicos (CCP). “El campo solar lo constituyen filas paralelas de colectores cilindro parabólicos (CCP), cada fila albergar varios colectores conectados en serie. Cada colector refleja la radiación solar sobre un tubo receptor colocado en la línea focal de la parábola” (Agencia Andalucía de la Energía, 2011, pág. 4).

Este tipo de sistema puede operar de manera eficiente, calentado el fluido que pasa por su interior hasta temperaturas del orden de los 400 °C.



Figura 23. Colector cilindro parabólico
Fuente: Elaborado por CRESEB (Geração Heliotérmica, 2016)

2.2.3.1.2 Centrales de receptor central o torre. “Consisten en un campo de helióstatos (espejos) que siguen la posición del sol en todo momento (elevación y acimut) y orientan el rayo reflejado hacia el foco colocado en la parte superior de una torre” (Agencia Andalucía de la Energía, 2011, pág. 5).

La figura 24 representa este tipo de central, la concentración se realiza tridimensionalmente, y no en bidimensionalmente, lo que provoca que el fluido de trabajo que circula por el receptor alcance temperaturas superiores de los 500°C.

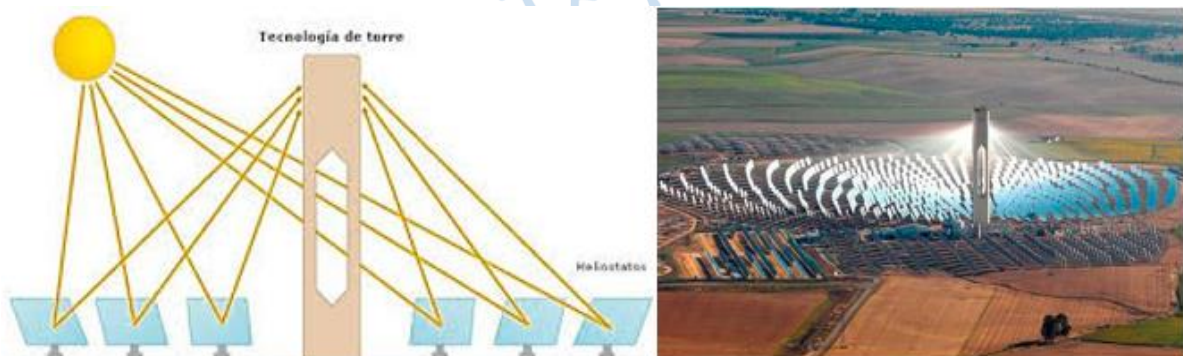


Figura 24. Esquema de una central tipo torre y campo de helióstatos
Fuente: Elaborado por Protermo Solar (Protermo Solar, 2018)

2.2.3.1.3 Centrales de disco parabólico. Son pequeñas unidades independientes formadas por un reflector con forma de paraboloide que concentra los rayos en el receptor situado en el foco del paraboloide y que, a su vez, integra el sistema de generación eléctrica basado en un motor Stirling. Una variante de este tipo de centrales son las que en lugar de un reflector dispone de varios reflectores de modo que el conjunto forma una estructura que se asemeja a un paraboloide de revolución (Agencia Andalucía de la Energía, 2011, pág. 6).

Al igual que en las centrales de receptor central, la concentración se realiza en tres dimensiones e incluso se alcanzan mayores concentraciones, esto permite trabajar con temperaturas de operación aún más elevadas, por encima de los 700 °C.

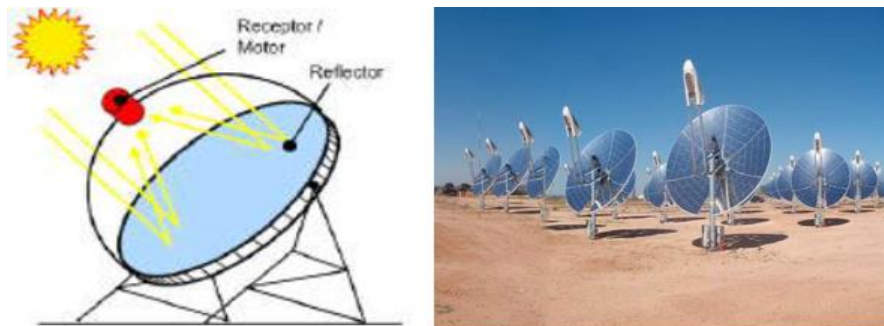


Figura 25. Disco parabólico
Fuente: Elaborado por Protermo Solar (Protermo Solar, 2018)

2.2.3.2 Ventajas de la tecnología termosolar

- Disminución de pérdidas debido a que estos sistemas se deben localizar cerca del centro de consumo.
- El almacenamiento de energía térmica es más barato respecto a la de otras tecnologías.
- Presenta un índice nulo de emisiones de gases contaminantes.

2.2.3.3 Desventajas de la tecnología termosolar

- Debido a las altas temperaturas alcanzadas por los materiales, esta tecnología presenta problemas de duración y fiabilidad.
- Dependencia del clima ya que la energía está sometida a ciclos (día – noche) y estacionales (invierno – verano).
- Necesita de una gran extensión de terreno.

2.2.4 Tecnología eólica

Esta tecnología tiene como fuente primaria de energía al viento, el cual se produce por la diferencia de presión provocada por el calentamiento desigual de la superficie terrestre por efectos del sol, el mismo que actúa sobre las aspas del aerogenerador, la energía cinética del viento se transforma en energía de presión, transmitiendo un giro al eje, para finalmente transformar esta energía mecánica en energía eléctrica mediante un generador (Osinermin, 2017, págs. 37-39).

La energía eólica es un recurso abundante, renovable y limpio que ayuda a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) al reemplazar fuentes de energía a base de combustibles fósiles. El impacto ambiental de este tipo de energía es, por lo general, menos problemático que el de otras fuentes de energía.

Pequeñas instalaciones eólicas pueden proporcionar de electricidad a regiones aisladas del SEIN y es más estable en zonas cercanas al mar.

2.2.4.1 Elementos de un sistema eólico (Partes del aerogenerador, 2018).

- Rotor: Es la parte de la máquina que transforma la energía del viento en energía mecánica. Aumentando el diámetro de las palas, se puede aumentar la superficie de captación de viento y la potencia proporcionada por la máquina.
- El multiplicador: El multiplicador es un conjunto de engranajes que transforman la baja velocidad a la que gira el eje del rotor (entre 14 y 30 vueltas por minuto) a una velocidad más elevada, que se comunica al eje que hace girar el generador.
- El generador: Transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Esta energía se volcará a la red eléctrica o será usada por algún centro de consumo anexo a la instalación.
- La góndola: La góndola es el conjunto de bastidor y carcasa del aerogenerador. El bastidor es una pieza sobre la que se acoplan los elementos mecánicos principales (el rotor, el multiplicador, el generador) del aerogenerador y que está situada sobre la torre. Este bastidor está protegido por una carcasa, generalmente de fibra de vidrio y poliéster, reforzada con perfiles de acero inoxidable.
- Aspas: Son los elementos del aerogenerador encargados de captar la energía cinética del viento. Es uno de los componentes más críticos de la máquina, ya que, en palas de gran longitud, que permiten un mejor aprovechamiento de la energía, las altas velocidades que se consiguen en los extremos llevan al límite la resistencia de los materiales con que están fabricados (normalmente, fibra de vidrio y poliéster).
- Torre: Es la encargada de soportar la góndola y el rotor. Cuanta más alta sea la torre mayor cantidad de energía podrá obtenerse, ya que la velocidad del viento aumenta con la altura respecto al nivel del suelo.
- Cimentación: Plataforma de alta resistencia sobre la cual se dispone el conjunto del aerogenerador.
- Eje de baja velocidad: Es el encargado de conectar el buje del rotor con la multiplicadora y transmitir la energía captada por las palas.
- Eje de alta velocidad: Es el encargado del accionamiento del generador eléctrico.
- Sistema de orientación: Este sistema tiene como función orientar el rotor de forma que quede colocado de forma perpendicular a la dirección del viento y así presente siempre la mayor superficie de captación.

- Anemómetro: Se trata de un medidor que forma parte del aerogenerador para medir la velocidad del viento.
- Veleta: Es el instrumento que se utiliza para medir la dirección del viento.
- Sistema hidráulico: Proporciona la potencia hidráulica para los accionamientos del aerogenerador, es decir; a las Palas.

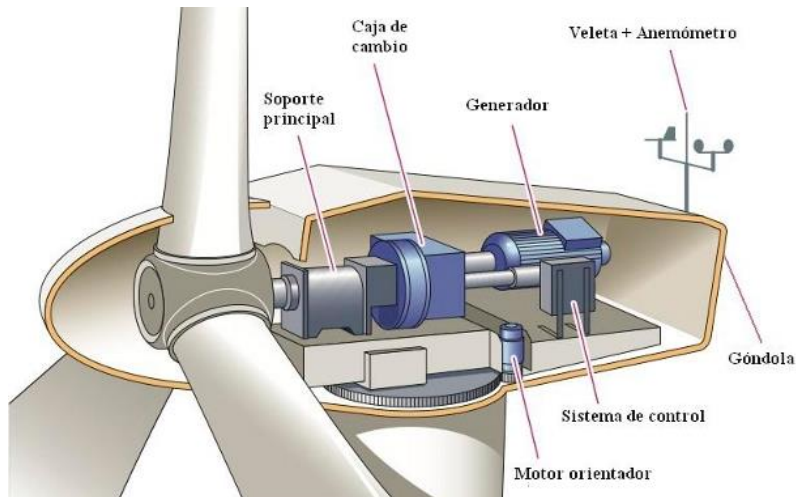


Figura 26. Principales componentes de un aerogenerador

Fuente: Elaborado por <https://energiasrenovadas.com/componentes-de-un-aerogenerador/>

2.2.4.2 Ventajas. Las ventajas de esta tecnología de generación distribuida son:

- No contamina el medio ambiente.
- Fácil montaje y desmantelamiento de un parque eólico.
- Costos de operación y mantenimiento muy bajos.
- Elevada vida útil.

2.2.4.3 Desventajas. Las desventajas de esta tecnología de generación distribuida son:

- Depende del clima.
- Importante inversión inicial.
- La generación de potencia es variable, ante falta de viento, se produce un hueco de tensión, el aerogenerador es desconectado y esto produce perturbaciones en la red, y si la velocidad del viento sobrepasa las especificaciones del aerogenerador, este es desconectado, produciéndose perturbaciones en la red a la que esté conectado.
- Impacto paisajístico, se produce un efecto discoteca cuando el sol está por detrás del aerogenerador, pues las aspas proyectan sombras sobre las cercanías de la instalación.
- Impacto en la fauna circundante, debido a que mueren muchos animales como consecuencia de la producción de energía eólica, especialmente murciélagos.

2.2.5 Energía a partir de la biomasa

Se denomina biomasa a toda aquella materia orgánica cuyo origen está en un proceso biológico y a los procesos de reciente transformación de esta materia que se produzcan de forma natural o artificial, excluyendo, por tanto, de este grupo a los combustibles fósiles, cuya formación tuvo lugar hace millones de años (Tecnalia, 2007).

La energía de la biomasa proviene en última instancia del Sol. Los vegetales y los animales absorben y almacenan una parte de la energía solar que llega a la tierra en forma de alimento y energía. Cuando esto ocurre, también se crean subproductos que no sirven para los seres vivos ni pueden ser utilizados para fabricar alimentos, pero sí para hacer energía de ellos.

“Para el aprovechamiento de la energía de la biomasa existen instalaciones pequeñas de uso doméstico (hogueras de leña), medianas (digestores de residuos ganaderos y granjas) y grandes (centrales térmicas que queman residuos agrícolas o forestales para obtener electricidad” (Osinermin, 2017, pág. 47).

2.2.5.1 Materias primas

- Desechos agrícolas: Las materias primas para la generación eléctrica con biomasa varían de región a región. Por ejemplo: Residuos de madera, cascarilla de arroz, cáscara de maíz, cascarilla del cacao, entre otros.
- Residuos forestales: Comprende recursos como la leña, madera, hojas secas, etc.
- Residuos urbanos: Procedentes de la actividad humana, residuos sólidos y aguas residuales.

2.2.5.2 Conversión de la biomasa en energía. “La conversión es un proceso mediante el cual las materias primas se transforman en energía utilizada para generar calor y/o electricidad” (Osinermin, 2017, pág. 47).

La biomasa se convierte en energía a través de varios procesos, pero son dos los más utilizados en la actualidad:

2.2.5.2.1 Métodos termoquímicos. “Estos procesos están basados en la transformación química de la biomasa utilizando elevadas temperaturas. Los materiales que funcionan mejor son los de menor humedad (madera, paja, cáscaras, etc.)” (BioElectricidad Industrial, 2021), se utilizan para:

- Combustión: Es el modo más básico para recuperar la energía de la biomasa, de donde salen gases calientes para producir calor y poderla utilizar en casa, en la industria y para producir electricidad.
- Pirólisis: Se trata de descomponer la biomasa utilizando el calor y sin oxígeno. A través de este proceso se obtienen gases formados por hidrógeno, óxidos de carbono e hidrocarburos, líquidos hidrocarbonatos y residuos sólidos carbonosos. Este proceso se utilizaba hace años para hacer carbón vegetal.

- **Gasificación:** La gasificación de la biomasa es la conversión térmica de la misma en un gas, el cuál puede utilizarse para la producción de electricidad con el empleo de motores de combustión interna con un determinado nivel de eficiencia, que depende de las características de la biomasa y los motores utilizados.
- **Co-combustión:** Consiste en la utilización de la biomasa como combustible de ayuda mientras se realiza la combustión de carbón en las calderas. Con este proceso se reduce el consumo de carbón y se reducen las emisiones.

2.2.5.2.1 Métodos bioquímicos. “Se llevan a cabo utilizando diferentes microorganismos que degradan las moléculas. Se utilizan para biomasa de alto contenido en humedad” (ENDESA, 2021). Los más comunes son:

- **Fermentación alcohólica:** Es una técnica que consiste en la fermentación de hidratos de carbono que se encuentran en las plantas y en la que se consigue un alcohol (etanol) que se puede utilizar para la industria.
- **Fermentación metánica:** Es la digestión anaerobia (sin oxígeno) de la biomasa, donde la materia orgánica se descompone (fermenta) y se crea el biogás.

2.2.5.3 Ventajas. Las ventajas de este tipo de energía son:

- Al contrario de la energía solar y eólica, la biomasa es fácil de almacenar.
- Permite eliminar residuos orgánicos e inorgánicos al mismo tiempo que les da una utilidad.
- No produce contaminantes sulfurados o nitrogenado, ni apenas partículas sólidas.
- Los cultivos excedentarios en el mercado de alimentos pueden ser aprovechados como fuentes de energía, ofreciendo una nueva oportunidad en el sector agrícola.

2.2.5.4 Desventajas. Las desventajas de este tipo de energía son:

- La incineración puede resultar peligrosa, al producir la emisión de sustancias tóxicas, por ello requiere de la utilización de filtros y que la combustión se realice a una temperatura superior a los 900 °C.
- Es necesaria una mayor cantidad de biocombustible que de combustible fósil para conseguir la misma cantidad de energía, lo que hace necesario mayor espacio para su almacenamiento.
- Un mal uso de la biomasa puede promover la deforestación de los bosques y la destrucción de los hábitats naturales.
- La obtención de los combustibles como el biogás o el biodiesel es un proceso relativamente complejo y un poco peligroso de manejar.

2.2.6 Energía geotérmica

“La energía geotérmica aprovecha el calor almacenado en el interior de la corteza de la tierra” (Camazón, 2009, pág. 44). “Para su aprovechamiento se recurre a fuentes hidrotermales, a medida que la profundidad aumenta, ocurre un incremento de la temperatura (gradiente geotérmico)” (Osinergmin, 2021). “Se necesitan dos condiciones para el aprovechamiento de esta energía: la existencia de una zona geológica anormalmente alta, y la existencia de agua en esa localización, a los lugares que cumplen con estas condiciones, se le llama yacimientos geotérmicos” (Camazón, 2009, pág. 45).

2.2.6.1 Tecnologías para el aprovechamiento de la energía geotérmica.

“Existen varios tipos de plantas cuyas características (fluido almacenado, temperatura, presión, salinidad, entre otros) se deben considerar a la hora de seleccionar la tecnología de generación de la central” (Osinergmin, 2017, pág. 57).

2.2.6.1.1 Plantas de vapor seco. “Aprovecha el fluido geotérmico en forma de vapor extraído de los pozos de perforación, que luego se dirige a una turbina conectada de un generador para la producción de energía eléctrica. Finalmente, el fluido retorna mediante pozos de reinyección” (Osinergmin, 2019, pág. 39).

Este tipo de centrales no son muy numerosas, debido a que los yacimientos requieren de presencia de agua a una profundidad accesible y altas temperaturas. Estas condiciones no son muy frecuentes en la corteza terrestre.

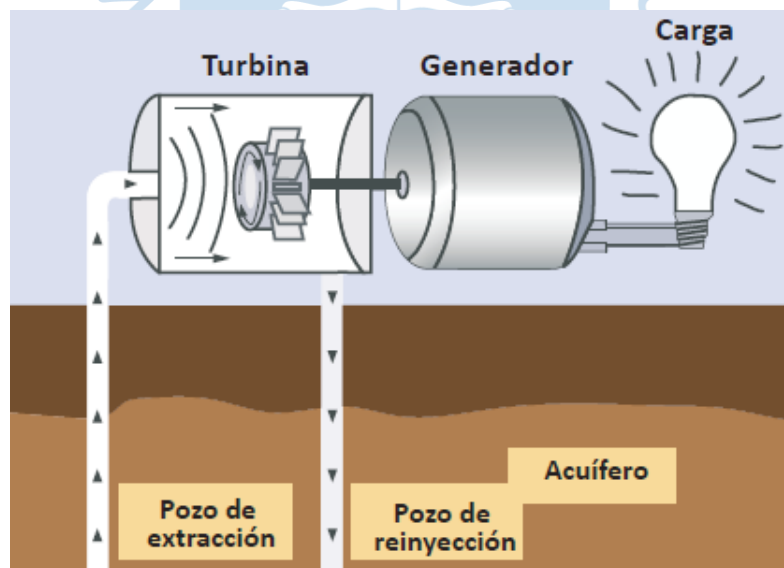


Figura 27. Esquema de funcionamiento de las plantas de vapor seco

Fuente: Office of Energy Efficiency and Renewable Energy-EERE. U. S. Department of Energy-DOE (Camazón, 2009)

2.2.6.1.2 Plantas de evaporación Flash. Son las más extendidas en la actualidad.

Los fluidos geotérmicos se encuentran en estado líquido o en una mezcla de líquido y vapor, a temperaturas mayores a 180°C y con altas presiones. Cuando este fluido disminuye su presión luego de salir del pozo de extracción, provoca su evaporación súbita (flash). Este vapor se traslada a una turbina conectada a un generador para la producción de energía eléctrica (Osinergmin, 2019, pág. 31).

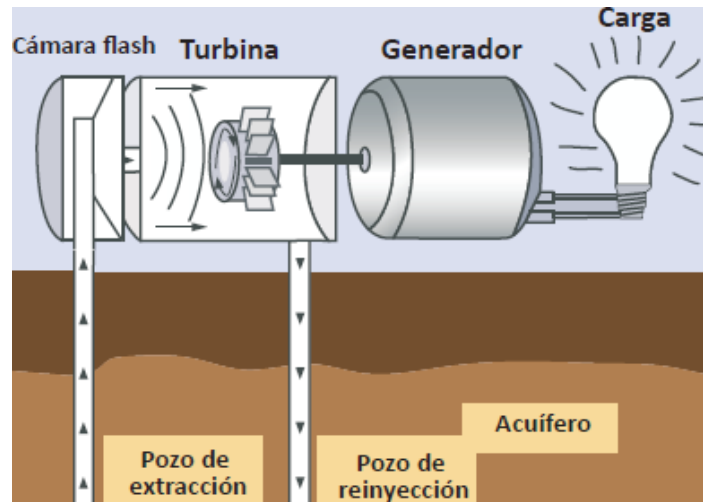


Figura 28. Esquema de funcionamiento de las plantas flash

Fuente: Office of Energy Efficiency and Renewable Energy-EERE. U. S. Department of Energy-DOE (Camazón, 2009)

2.2.6.1.3 Plantas de ciclo binario. Se desarrolla en yacimientos con menores temperaturas que las anteriores tecnologías. El fluido geotérmico transfiere su energía a un fluido con bajo punto de ebullición mediante un intercambiador de calor. Luego se conecta a una turbina enlazada a un generador para la producción de electricidad (Osinergmin, 2019, pág. 31).

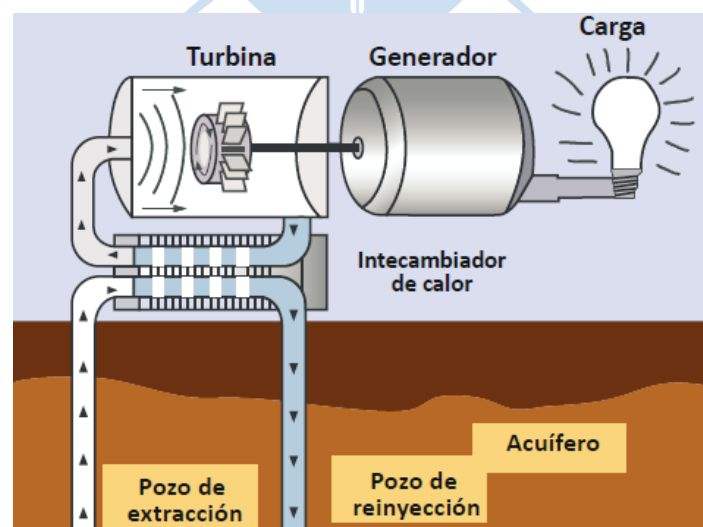


Figura 29. Esquema de funcionamiento de las plantas de ciclo binario

Fuente: Office of Energy Efficiency and Renewable Energy-EERE. U. S. Department of Energy-DOE (Camazón, 2009)

2.2.6.2 Ventajas:

- Permitirá una generación de electricidad descentralizada, sin dependencia de condiciones externas, por lo que podrá ser base durante las 24 horas del día y 365 días al año (Factorenergia, 2021).
- Su proceso de generación no es contaminante comparado con otras fuentes (Factorenergia, 2021).
- Los gastos operativos y de mantención son bajos comparados con otras fuentes energéticas.

2.2.6.2 Desventajas:

- La construcción de una central representa un alto costo financiero (Factorenergia, 2021).
- Curiosamente el proceso generador produce olores molestos en el entorno, dado que se trabaja con vapor y agua mineral con altas concentraciones de sulfuros.
- Son fuentes contaminantes para aguas próximas.

2.3 Beneficios de la generación distribuida

La generación distribuida genera múltiples beneficios a la red del distribuidor, al usuario final, y al mercado eléctrico en general. A continuación, se clasifica dichos beneficios en económicos, técnicos, ambientales-sociales.

2.3.1 Beneficios económicos

“Reducción de costos en la construcción y/o ampliación de redes de transmisión. La GD contribuye a la reducción de la necesidad de construir nuevas líneas de transmisión, o repotenciar las existentes” (Ramos, 2020, pág. 10). El beneficio consiste en el ahorro para toda la demanda de electricidad, equivalente a la nueva inversión en líneas de transmisión y en los peajes y cargos asociados, los cuales ya no se asignarían a la demanda.

“Incremento de la seguridad energética, resiliencia del sistema¹³ y de las actividades económicas. La GD promueve la seguridad energética y el desarrollo económico del país, al reducir significativamente el riesgo de desbalance entre oferta y demanda a largo, mediano y corto plazo” (Ramos, 2020, pág. 10). Su introducción ayuda a mejorar la confiabilidad del sistema eléctrico ante situaciones imprevistas que comprometen el desempeño de las actividades económicas, ahorrando en costos de racionamiento y el aumento súbito de los costos marginales en dichas actividades.

“Mayor Competencia en el mercado eléctrico, se espera que tenga un impacto favorable para el consumidor” (Osinergmin, 2019, pág. 19).

¹³ La resiliencia podría definirse como “la capacidad de soportar y reducir la magnitud y/o la duración de los eventos perturbadores, que incluye la capacidad de anticipar, absorber, adaptarse y/o recuperarse rápidamente de tales eventos” (Energy Research Partnership, 2018)

“La conexión de plantas de GD en el sistema de interconexión eléctrica nacional, ofrece nuevas oportunidades de negocio. Además de satisfacer la creciente demanda de energía del país” (Mantilla González, Duque Daza, & Galeano Urueña, 2008, pág. 108).

El consumo de combustibles se reduce, la importación también disminuye, provocando una disminución en el precio de combustibles.

Disminución de pérdidas por transporte produce un ahorro económico.

2.3.2 Beneficios técnicos

La GD disminuye pérdidas de energía en el transporte, al reducirse la cantidad de energía transmitida hasta el cliente final. El beneficio constituiría en una reducción sustancial de dichas pérdidas que favorece tanto a la empresa de distribución, al consumidor final conectado en dicho sistema y a la demanda en general.

“Fortalece la seguridad energética del país” (Osinergmin, 2019, pág. 19). De producirse una falla en el sistema de potencia, se puede restablecer el servicio en un corto tiempo, debido a que se cuenta con múltiples respaldos generando una mayor confiabilidad del sistema.

Las tecnologías de generación renovables como la solar fotovoltaica y la eólica son tecnologías de rápida instalación, modulares, con costos decrecientes y rendimientos en aumento.

Otros efectos positivos, son liberar de capacidad al sistema, mejor control de energía reactiva, mayor regulación de la tensión, menor saturación, reducción del índice de fallas, nivelación de los perfiles de voltaje al aportar potencia y energía reactiva en la red, entre otros (Ramos, 2020, pág. 11).

2.3.3 Beneficios ambientales – sociales

“La posibilidad de producir energía mediante fuentes renovables reduce drásticamente la emisión de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) y azufre (SO_x)” (Ramos, 2020, págs. 11, 12); así como también lo hace el uso eficiente de la energía eléctrica en los procesos de cogeneración.

“Generación de empleo. El Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (Istas) de Comisiones Obreras de España, estimó en un informe de 2011, que el autoconsumo y la generación distribuida podrían generar 80.000 puestos de trabajo en ese país” (Los verdes - Foro de Ecología Política, 2016, pág. 12).

“La GD puede hacer de la producción de la energía un asunto de toda la sociedad y redistribuir los grandes ingresos de la industria eléctrica, promoviendo la igualdad social” (Los verdes - Foro de Ecología Política, 2016, pág. 12). La oportunidad de que los consumidores se vuelvan productores provocará un cambio de paradigma en el sistema social.

La generación distribuida es una solución para la electrificación rural, problema que nuestro país tiene que resolver.

En caso de crisis, como la que estamos viviendo, la GD para los lugares aislados (fuera del SEIN) puede llegar a ser una herramienta de desarrollo muy importante, para ascender al agua, a la educación, a medicina, y generar trabajo, es el caso de Loreto y la Amazonía.

2.4. Factores que favorecen a la generación distribuida en el Perú

2.4.1. Disminución de costos de las tecnologías de generación de energía RER

Las energías renovables aumentan constantemente su competitividad, el costo de inversión de estas tecnologías disminuye notablemente, con respecto a las tecnologías convencionales, por lo que son muy atractivas para los inversionistas.

En la figura 30, se muestra la evolución del costo de electricidad en el mundo con respecto a las tecnologías de generación, donde la tecnología solar fotovoltaica y la tecnología eólica son las que más han reducido sus precios, 68 y 53 dólares por MWh respectivamente, la energía proveniente de hidroeléctricas continúa siendo la más barata (dentro de las energías renovables). Sin embargo, “si continúan las tendencias actuales, se estima que el costo de los proyectos solares y fotovoltaicos serán menos de 20 dólares por MWh antes del 2030”. (Larson, 2020)

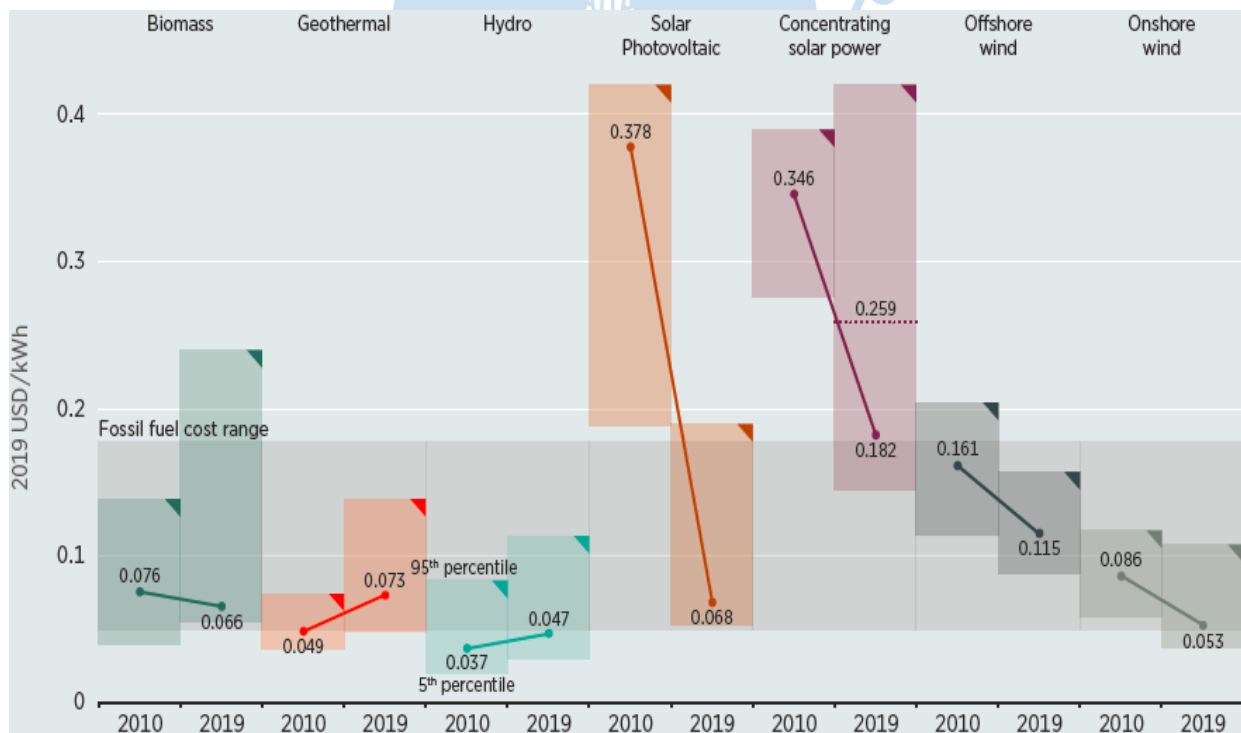


Figura 30. Costo ponderado mundial de energía eléctrica a partir de tecnologías RER
Fuente: Elaborado por International Renewable Energy Agency (IRENA, 2020)

En la figura 31 se puede observar que el costo de almacenamiento por baterías ha disminuido dramáticamente, en el 2015 estaba en 600 dólares por MWh, ahora cuesta 150 dólares por MWh.

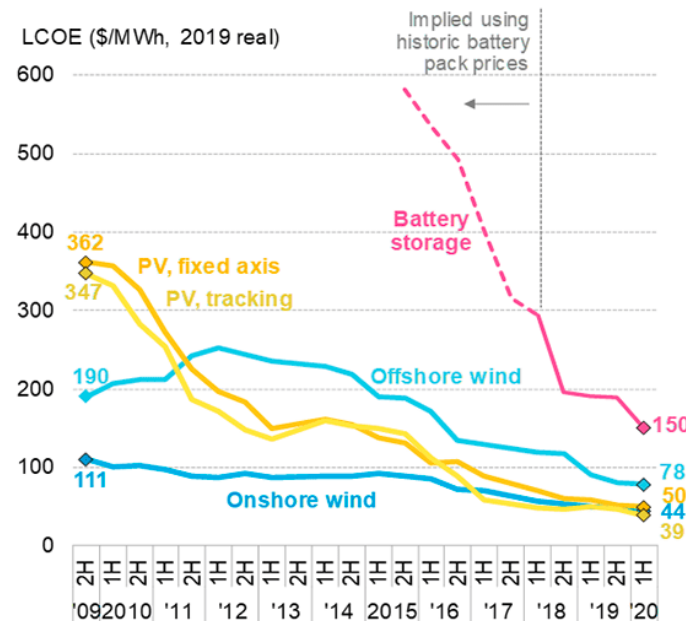


Figura 31. Evolución del costos de sistemas fotovoltaicos, eólicos y baterías

Fuente: Elaborado por BloombergNEF (Corporate Strategy, 2019)

2.4.2 Elevadas tarifas eléctricas al usuario final.

Las tarifas eléctricas para el usuario regulado tienden a subir. La figura 32 muestra la evolución de la tarifa eléctrica de un usuario con tarifa BT5B residencial, con un consumo entre 31 y 100 KWh/mes. Las tecnologías renovables no convencionales (solar y eólicas) tienen a bajar sus precios, sin embargo, las tarifas eléctricas que paga un usuario regulado suben.

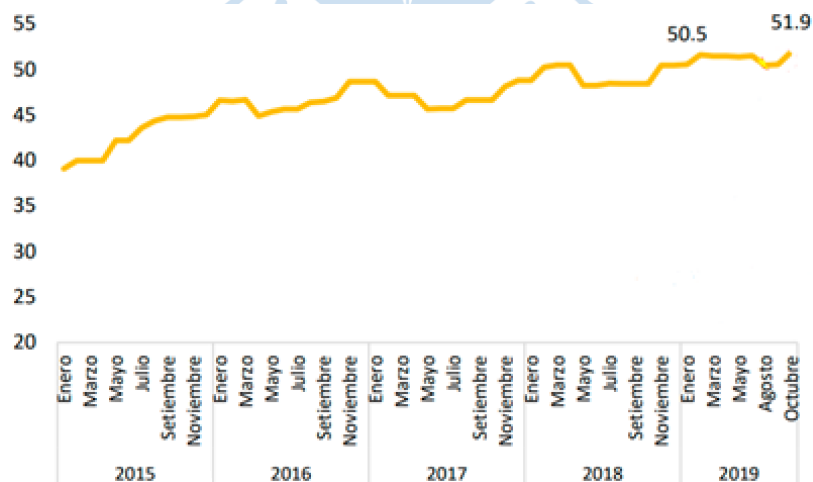


Figura 32. Evolución de la tarifa al usuario final BT5B - Lima Norte (ctm. S/. / KWh)

Fuente Reporte semestral de monitoreo de mercado de electricidad –Dic. 2019 (Osinergmin, 2019) (debe estar en pág. 66)

2.4.3 El Perú es rico en fuentes renovables de energía

El Perú tiene una de las matrices energéticas más limpias de América Latina. Con 50% de generación hidroeléctrica, y 5% de energías renovables no convencionales (eólica, solar y biomasa). Gracias a nuestra geografía, el Perú tiene un gran potencial para el desarrollo de tecnologías de generación a partir de fuentes renovables. Principalmente el hidroeléctrico, en el sur un gran potencial de energía solar, en el norte la energía eólica, biomasa en todo el país (especialmente en la Amazonía), y energía geotérmica (porque se localiza en el cinturón de fuego). Cabe mencionar que todavía no existe ninguna central a partir de energía geotérmica.

Tabla 4. Potencial de las centrales RER en el Perú

Recurso energético renovable	Potencia técnica aprovechable (MW)	Potencia instalada en el SEIN (MW)	Porcentaje aprovechado
Total hidráulico	69 445	4942.40(*)	7.12%
Eólico	20 493	375.46	1.83%
Solar	25 000	285.02	1.14%
Biomasa	[450 - 900]	70.9	7.88%**
Geotérmica	2859.4	0	0%

(*) Incluye la potencia instalada de las centrales mini hidráulicas
 (**) Valor estimado con respecto al límite superior de la potencial técnica aprovechable

Fuente: Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética (Osinergmin, 2019)

2.5 Evolución del sector eléctrico hacia la generación distribuida

2.5.1 Evolución de la producción de energía eléctrica a partir de fuentes RER

“La producción eléctrica de las centrales RER creció significativamente en el periodo 2009-2019, pasando de 75 MW a 4505 MW. A finales del 2019, las centrales RER representaron el 8.5% del total de la producción eléctrica del SEIN” (Osinergmin, 2019). Los tipos de generación eléctrica que lideran la producción de las centrales RER son la minihidráulica y la eólica, con participaciones de 41% y 36.5%, respectivamente, con respecto al total de producción RER.

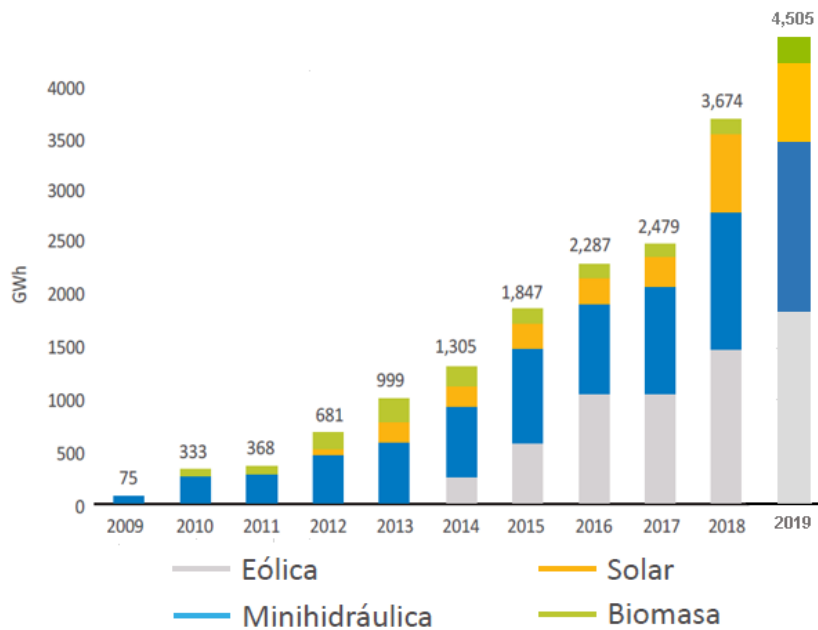


Figura 33. Producción de energía eléctrica de las centrales RER

Fuente: Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética (Osinergrmin, 2019)

2.5.2 Evolución de los precios obtenidos en las subastas RER

“Las subastas son un proceso de concurso convocado y conducido por Osinergrmin, su finalidad es crear competitividad para asignar la tarifa de adjudicación a cada proyecto de generación con RER hasta cubrir la energía requerida en sus bases” (Decreto Supremo N° 050 - 2008 - EM, 2008)”.

Desde 2009 hasta hoy se han realizado cuatro subastas RER para el Sistema Eléctrico Interconectado (SEIN). Once años después de la primera subasta, el 8.5% del parque generador está compuesto por energías renovables no convencionales.

Los resultados de la cuarta subasta han alcanzado valores de referencia internacional muy competitivos al obtener un precio promedio de 43.1 US\$/MWh, mientras que las últimas licitaciones de energía realizadas en México y Chile obtuvieron un precio promedio de 47.7 US\$/MWh Y 47.5 US\$/MWh, respectivamente (Osinergrmin, 2016, pág. 188).

Los sistemas fotovoltaicos han reducido sus precios desde 221 US\$/MWh a 48 US\$/MWh desde la primera subasta. Asimismo, en el caso de los proyectos eólicos, el precio se ha reducido a 38 US\$/MWh frente a los 80 US\$/MWh registrados en la primera subasta (Osinergrmin, 2016, pág. 188).

El objetivo del desarrollo de las RER para todas las subastas es lograr la competencia en los resultados con respecto a otras fuentes. Cabe resaltar que el sistema de subastas, el cual es un mecanismo de competencia por el mercado, permite determinar el precio máximo que los demandantes están dispuestos a pagar por el producto, acercándose por lo tanto a una situación competitiva de mercado.

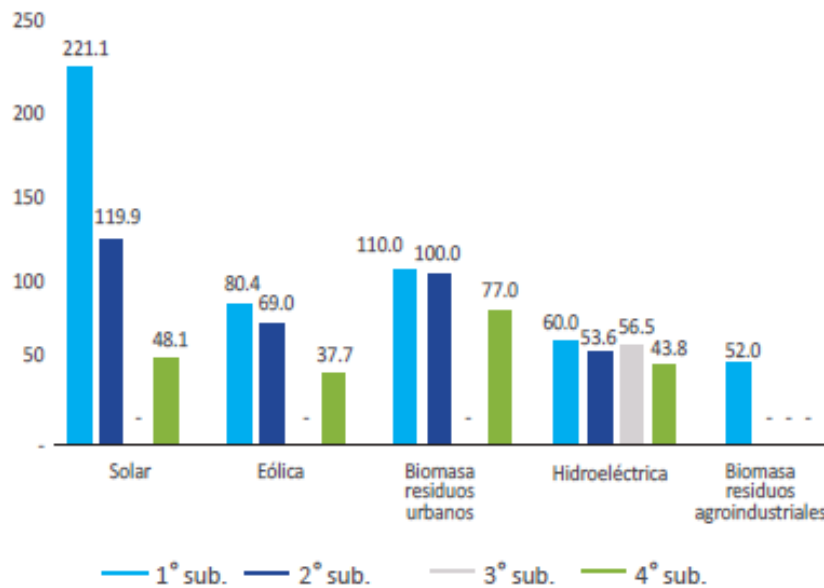


Figura 34. Evolución de los precios adjudicados (USD/MWh)

Fuente: Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética (Osinermin, 2019)

2.6 Impacto de la generación distribuida

2.6.1 Impacto ambiental

La crisis ambiental que padecemos hoy en día a escala global se puede reconocer en la extinción de miles especies cada año, el agotamiento y degradación de los recursos naturales, el calentamiento global, la destrucción de la capa de ozono, agudización de las sequías en otros problemas. Cabe mencionar que, “a nivel mundial, el sector eléctrico constituye la fuente predominante de emisiones de GEI al representar un 25% del total” (Osinermin, 2016).

El uso de energías renovables como fuentes de energía eléctrica contribuirá a la reducción de CO₂, y otros productos de la generación tradicional (centrales térmicas) y, por lo tanto, a un impacto positivo en el medio ambiente.

2.6.2 Reducción de pérdidas en la red

Las pérdidas en la red se reducen debido a que la generación se realiza en el mismo nivel de tensión donde se produce el consumo, menores niveles de inversiones necesarias en la red debido a la disminución de la potencia neta demandada.

2.6.3 En la operación del sistema de distribución

Además de promover el uso de energías renovables, la GD también tiene impactos positivos en la operatividad del sistema eléctrico, en la medida que permite reducir el uso de las redes de transmisión, reduciendo las pérdidas globales del sistema e inversiones en transmisión.

2.6.4 Aumenta la confiabilidad y seguridad del suministro

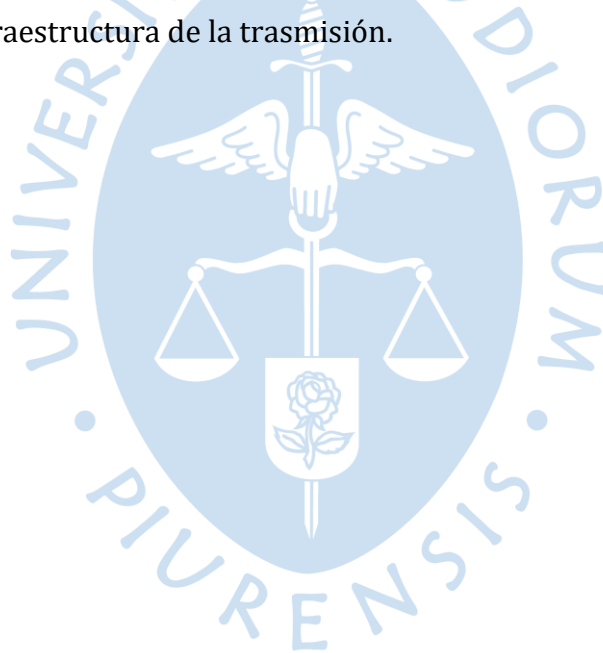
Al diversificar los centros de generación (pequeñas centrales eléctricas cerca de los consumidores finales), aumenta la confiabilidad y seguridad del sistema, pues al fallar una, el resto podría asumir la carga (o aislarla); al contrario de la generación centralizada, si falla, perjudica a muchos de los consumidores finales.

2.6.5 Mayor competencia en el mercado eléctrico

Estas tecnologías no son nuevas, ya tienen varias décadas; lo nuevo es que ahora los precios compiten con las tecnologías tradicionales. El usuario final tiene el poder de instalar su propio sistema para producir su propia energía, que desde una perspectiva económica para el usuario final es rentable.

2.6.6 Descentralización

La descentralización de la producción de energía eléctrica tiene notorios beneficios ambientales y técnicos. El impacto de ambiental de grandes centrales en una zona se mitigaría si construimos “mini centrales” cerca de los consumidores finales, reduciendo, o posponiendo la infraestructura de la transmisión.





Capítulo 3

Marco regulatorio de la GD y de las ERNC

Este capítulo está dividido en cuatro partes: La primera parte para identificar la normativa vigente con respecto de la generación distribuida y la generación de electricidad a partir de energías renovables no convencionales (ERNC) en el Perú, la segunda parte es un estudio del reglamento de generación distribuida (GD) propuesto por el Ministerio de Energía y Minas, la tercera parte es estudio a la normativa internacional de la GD (enfoca en la Latinoamérica), finalmente se presenta un análisis comparativo de la normativa de GD peruana, respecto de la normativa internacional.

Es importante mencionar que la generación distribuida se produce con cualquier tipo de tecnología de generación, la presente tesis se enfoca en la GD a partir de ERNC (minihidráulica, solar, eólica, biomasa y geotérmica).

3.1 Normativa vigente

La Ley N° 25844¹⁴ de Concesiones Eléctricas es la base de todas las normativas en el sector eléctrico, por lo que es imprescindible mencionarla en cualquier análisis normativo. En ella no se define la GD y no promueve las energías renovables. Sin embargo, las grandes directrices sobre la organización y el funcionamiento del sector eléctrico peruano se trazan en la Ley de Concesiones Eléctricas (LCE), esta constituyó el inicio de la reforma del sector eléctrico, promoviendo el desarrollo desintegrado de las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización.

El Perú, mediante el DS (N° 064-2010-EM, 2010) que aprueba la Política Energética Nacional 2010-2040, se comprometió a promover el uso intensivo y eficiente de la GD.

La visión es contar con: “Un sistema energético que satisface la demanda nacional de energía de manera confiable, regular, continua y eficiente, que promueve el desarrollo sostenible y se soporta en la planificación y en la investigación e innovación tecnológica continúa” (N° 064-2010-EM, 2010). En ese sentido, traza una serie de objetivos, que, en relación con la GD y sus beneficios, se menciona a los más importantes:

¹⁴ Ley de Concesiones Eléctricas (LCE) - 1992

- Primer objetivo: “Contar con una matriz energética diversificada, con énfasis en las fuentes renovables y la eficiencia energética”. Dentro de los lineamientos para alcanzar este objetivo se menciona: “Promover el uso intensivo y eficiente de las fuentes renovables de energías renovables convencionales y no convencionales; así como la generación distribuida”.
- Tercer objetivo: “Acceso universal al suministro energético”.
- Sexto objetivo: “Desarrollar un sector energético con mínimo impacto ambiental y bajas emisiones de carbono en un marco de Desarrollo Sostenible”.

3.1.1 Normativa vigente con respecto a la generación distribuida

En el Perú no existe un marco regulatorio de GD, sin embargo, a lo largo del tiempo diversos dispositivos legales han normado algunos aspectos o condiciones de esta, esta normativa no es suficiente, a pesar de ello muchas empresas (generadoras y distribuidoras) han puesto en marcha proyectos de generación distribuida.

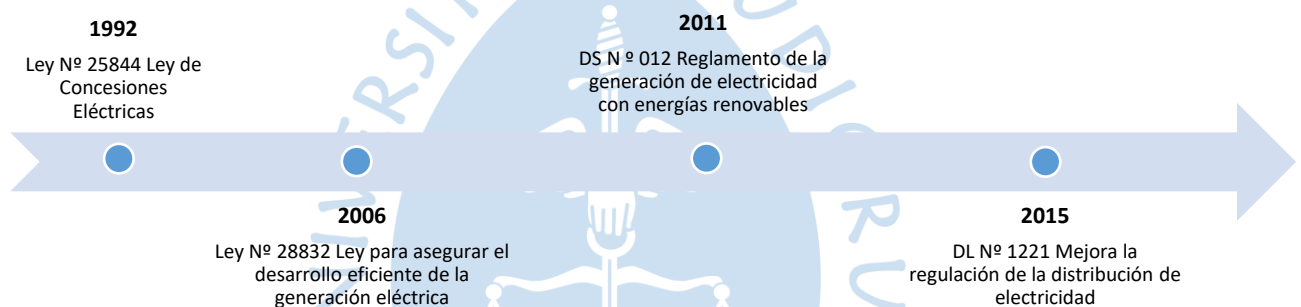


Figura 35. Evolución de la normativa que se refiere a la GD en el Perú

Fuente: Elaboración propia

3.1.1.1 Ley N° 28832 - Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica – 2006. En esta ley, en su numeral 11 del artículo 1 define a la GD como, “Instalación de Generación con capacidad no mayor a la señalada en el reglamento, conectada directamente a las redes de un concesionario de distribución eléctrica” (Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica, 2006).

También en su Octava Disposición Complementaria Final (Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica, 2006), denominada: Medidas para la promoción de la generación distribuida y Cogeneración Eficientes establece que:

Las actividades de generación distribuida y Cogeneración interconectadas al SEIN se regirán por las siguientes disposiciones, de acuerdo con lo que establezca el Reglamento:

- a) La venta de sus excedentes no contratados de energía al Mercado de Corto Plazo, asignados a los Generadores de mayor Transferencia (de compra o negativa) en dicho mercado; y,
- b) El uso de las redes de distribución pagando únicamente el costo incremental incurrido.

3.1.2.2 DS N° 012 2011 Reglamento de la generación de electricidad con energías renovables. Este Decreto Supremo surge como respuesta a la experiencia obtenida en el proceso de la primera subasta RER, en relación con la generación distribuida establece:

En el (DS N° 012 Artículo 22, 2011) denominado “Pago por uso de redes de distribución y transmisión” precisa:

La central de generación RER que tenga características de generación distribuida y/o Cogeneración, pagarán por el uso de las redes de distribución únicamente el costo incremental incurrido por el Distribuidor. Dicho costo incremental se determina en función a las inversiones en mejoras, reforzamientos y/o ampliaciones de la red de distribución para permitir técnicamente la inyección de energía producida por los Generadores RER.

En un plazo no mayor a sesenta (60) días calendario contados a partir de la fecha de solicitud de un Generador RER, el Distribuidor deberá facilitar al solicitante, con criterio técnico y económico, un punto de conexión en su red de distribución, así como una estimación completa y detallada de los costos incrementales en que incurra.

El cargo por concepto de uso de redes que deba pagar el Generador RER al Distribuidor, será acordado entre las partes. A falta de acuerdo, cualquiera de las partes podrá solicitar a Osinergmin que fije dicho cargo.

El uso de las redes de transmisión eléctrica por parte de los Generadores RER está sujeto a lo dispuesto por la LCE y el RLCE.

En el (DS N° 012 Artículo 110, 2011) se establece que: Para las centrales RER que utilizan tecnología eólica, solar o mareomotriz, la Potencia Firme es igual a cero (0).

3.1.2.3 DL N° 1221 Mejora la regulación de la distribución de electricidad para promover el acceso a la energía eléctrica en el Perú- 2015. Con respecto a la generación distribuida a partir de fuentes renovables no convencionales este decreto es trascendental, el segundo artículo establece que (DL N° 1221, 2015):

- i) Los usuarios del servicio público de electricidad que disponen de equipamiento de generación eléctrica renovable no convencional o de cogeneración, hasta la potencia máxima establecida para cada tecnología, tienen derecho a disponer de ellos para su propio consumo o pueden inyectar sus excedentes al sistema de distribución, sujeto a que no afecte la seguridad operacional del sistema de distribución al cual está conectado y,
- ii) La potencia máxima señalada, las condiciones técnicas, comerciales, de seguridad, regulatorias y la definición de las tecnologías renovables no convencionales que permitan la generación distribuida, entre otros aspectos necesarios, son establecidos en el reglamento específico sobre generación distribuida que aprueba el Ministerio de Energía y Minas.

3.1.2 Marco regulatorio vigente con respecto a las ERNC

La normativa peruana define como RER a las fuentes de energía eólica, solar, biomasa, geotermia, mareomotriz, y las pequeñas fuentes hidráulicas con una capacidad instalada hasta 20MW. En la presente tesis, la definición de las energías renovables no convencionales (ERNC) corresponde a la definición de RER de la normativa peruana.

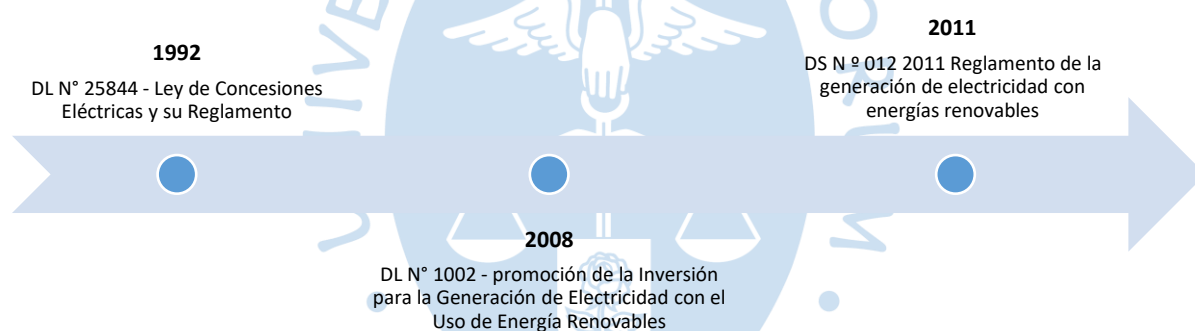


Figura 36. Evolución de la normativa que se refiere a las Energías Renovables
Fuente: Elaboración propia

3.1.2.1 DL N° 1002 Promueve la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovable – 2008. El presente Decreto Legislativo tiene como objetivo promover el uso de los recursos energéticos renovables para la generación de electricidad, dando un marco legal para el desarrollo de estas tecnologías.

A continuación, parafraseo los artículos que considero más importantes del (DL N° 1002, 2008):

Artículo 2.- Declaratoria de interés nacional y participación de la energía con RER en la matriz de generación de electricidad. - Se declara de interés nacional y necesidad pública el desarrollo de nueva generación eléctrica mediante el uso de RER. Y, que el MINEM establezca cada cinco años un porcentaje objetivo para la generación a partir de RER.

Artículo 3.- Recursos Energéticos Renovables (RER). – Este artículo precisa que recursos energéticos se considera como renovables: biomasa, eólico, solar, geotérmico y mareomotriz; la energía hidráulica, cuando la capacidad instalada es menor a los 20 MW.

Artículo 5º.- Comercialización de energía y potencia generada con RER. – Establece a la generación RER como prioridad para despacho diario de energía eléctrica (COES), considerándole un costo variable de producción igual a cero (0). Además, establece las condiciones para vender esta energía y como su fija el precio (Osinergmin).

Artículo 7º.- Determinación de las tarifas reguladas de generación aplicables a las RER. – En este artículo se define a las subastas como mecanismos para incentivar las inversiones. También encarga a Osinergmin para que establezca el costo por peaje, y de conexión para integrar un nuevo productor RER. Y establece que la diferencia para cubrir las tarifas RER, será obtenida como aportes de los usuarios a través de peajes de conexión.

Artículo 10 º, 11 º y 12 º.- Estos artículos promueven la investigación sobre energías renovables, y la elaboración de un plan nacional de energías renovables.

3.1.2.1 DS N º 012 2011 Reglamento de la generación de electricidad con energías renovables. Este Decreto Supremo surge como respuesta a la experiencia obtenida en el proceso de la primera subasta RER, estable a detalle los requerimientos para las próximas subastas RER.

En el (DS N° 012 Artículo 3, 2011) se establece como se determina la potencia firme¹⁵ de las centrales RER del tipo hidráulica, biomasa y geotérmica; sin embargo, para las centrales RER que utilizan tecnología eólica, solar o mareomotriz se establece que la potencia firme es cero.

3.1.2.2 Otros reglamentos y procedimientos regulatorios relacionados a las energías renovables.

- Decreto Supremo N° 020-2013-EM: Reglamento para la promoción de la inversión eléctrica en Áreas no conectadas a red (off-grid).
- Resolución Ministerial N° 203-2013-MEM/DM: Plan de Acceso Universal a la Energía. Resolución N° 200-2009-OS/CD: Procedimiento sobre hibridación de instalaciones para generación RER.
- Resolución N° 001-2010-OS/CD: Procedimiento de cálculo de prima para la generación RER.
- Resolución N° 289-2010-OS/CD: Procedimiento sobre cálculo de la energía dejada de inyectar por causas ajenas al generador RER.

¹⁵ Potencia que puede suministrar cada unidad generadora con alta seguridad a lo que defina el reglamento (Decreto Ley N° 25844, 1992)

- Procedimiento Técnico del COES N°20: Procedimiento sobre el ingreso, modificación y retiro de instalaciones en el SEIN - COES.

3.2 Análisis de la propuesta de reglamento de generación distribuida en el Perú

El 02 de agosto de 2018, mediante la publicación de la Resolución Ministerial N° 292-2018-MEM/DM, se pre publicó el proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la generación distribuida, dando un plazo de 30 días hábiles para recibir sugerencias y comentarios de la ciudadanía en general, posteriormente, mediante la Resolución Ministerial N° 349-2018-MEM/DM se amplió el plazo por 30 días hábiles adicionales, por lo que el plazo final para presentar los respectivos comentarios fue hasta el día 30 de octubre del 2018. Dicho reglamento ha generado diversos debates en la comunidad interesada, desde conferencias, webinars, artículos y foros, hasta la presente fecha sigue en evaluación.

A continuación, se muestra los aspectos más relevantes del proyecto de reglamento de generación distribuida (DS N° 292 - 2018 - MEM/DM, 2018).

3.2.1 División de la generación distribuida

El reglamento de generación distribuida propone dividir la generación distribuida en:

- Mediana generación distribuida (MGD): Enfocado al productor de energía eléctrica cerca de los centros de consumo, es esencialmente un vendedor de energía eléctrica (generador).
- Microgeneración distribuida (MCD): Enfocado a las personas que producen de energía eléctrica para abastecer sus propias necesidades, es esencialmente un consumidor de energía (usuario).

Tabla 5. División de la generación distribuida

	Mediana generación distribuida (MGD)	Microgeneración distribuida (MCD)
Base normativa	Ley N° 28832 – Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica	DL N° 1221 - Mejora la regulación de la distribución de electricidad para promover el acceso a la energía eléctrica en el Perú
Potencia instalada	<200KW, 10MW]	[0,200KW>
Conexión	Red de Distribución en Media Tensión	Red de Distribución en Baja o Media Tensión
Tecnologías de Generación	Todas	Biomasa, eólica, solar, hidráulica y cogeneración

Fuente: Elaboración propia a partir de (DS N° 292 - 2018 - MEM/DM, 2018)

3.2.2 Mediana generación distribuida (“MGD”)

3.2.2.1 Régimen aplicable a la a la MGD.

3.2.2.1.1 Conexión. El proyecto contempla el procedimiento que debe seguir el interesado (Generador Distribuido) para conectarse a la Red de Distribución. Y asigna responsabilidades, tanto para el interesado como para la EDE (Empresa de Distribución Eléctrica).

El interesado presenta una solicitud de información a la EDE, con las características principales del proyecto. A elección del interesado, será éste o la EDE quien realizará el Estudio de Conexión, el interesado es quien asume los gastos.

Precisa plazos para la conformidad del estudio y para la subsanación de observaciones, tanto si el estudio lo elaboró el interesado, o la EDE. Si las partes no llegan a un acuerdo, el interesado podría recurrir a Osinergmin para que emita un pronunciamiento.

Se pacta un contrato, en donde se pactan los términos y condiciones para la conexión, se establece el plazo para la conexión y operación, y se define a una garantía de cumplimiento de conexión a favor de la EDE.

De requerir inversión en la infraestructura, mejoras y/equipamientos en la red, el interesado asumirá el costo de estas, si las partes no llegan a un acuerdo, se puede recurrir a Osinergmin para determinar los costos a reconocer.

3.2.2.1.2 Operación. Dada la necesidad de tener un coordinador de la operación de la generación conectada a las redes de distribución, se asigna a las EDE el rol de coordinador de la generación distribuida, quien a su vez mantiene permanente comunicación con el COES.

El MGD está obligado a operar sus instalaciones cumpliendo las disposiciones de su coordinador y entregar la información necesaria para su coordinación operativa.

3.2.2.1.3 Régimen comercial y tarifario. Modalidad de contratación:

- Mediante contrato con la Empresa de Distribución Eléctrica (EDE),
- Mediante contrato con Usuarios libres
- Participación en Licitaciones de Suministro
- Inyecciones al Mercado Mayorista de Energía (integrándose al COES).

Potencia y Energía:

- Mercado regulado: El precio máximo es la tarifa en barra (la define Osinergmin anualmente)
- Mercado Libre: Pactado por las partes interesadas.

Transmisión: La MGD asumirá los peajes correspondientes.

Energía y Potencia Firme: Mismo tratamiento que los procedimientos COES correspondientes para cada tecnología.

El uso de las redes de distribución se realizará pagando únicamente el costo integral incurrido.

3.2.2.2 Comentarios sobre la Mediana generación distribuida (MGD)

3.2.2.2.1 Con respecto a los estudios de conexión: La EDE es la encargada de revisar el estudio y su aprobación, por lo que es posible que por motivos “no técnicos¹⁶” pueda negar la aprobación de proyectos perfectamente viables. Es necesario complementar esta parte, en el desarrollo de los procedimientos de GD, donde se debe definir temas técnicos a detalle, formularios y la supervisión de las EDE para la correcta revisión de estos estudios.

3.2.2.2.2 Con respecto a la potencia instalada y a la red de conexión: En el Perú los Distribuidores tienen y operan redes en baja, media y alta tensión dentro de sus zonas de concesión de distribución, por lo que no existe razón técnica para limitar la conexión de la generación distribuida hasta redes de 33KV.

En el Perú existe GD que el proyecto de reglamento estaría excluyendo, por ejemplo, en la zona de distribución de ENOSA, tienen las siguientes características: Potencia instalada superior de los 10MW y conectadas a redes de distribución superiores de los 33KV. A continuación, menciono algunos de los proyectos de GD existentes en Piura.

Tabla 6. Generación distribuida existente (Zona Concesión del Norte)

Central	Titular	Potencia Instalada (MW)	Tensión de Conexión (KV)	Ubicación (Región)
CH. Curumuy	SINERSA	12 MW	60 KV	Piura
CH. Poechos I	SINERSA	16 MW	60 KV	Piura
CH. Poechos II	SINERSA	10 MW	60 KV	Piura
CTB Maple Etanol	Agropecuaria Aurora S.A.C.	37 MW	60 KV	Piura
CTB Caña Brava	Bionergía Del Chira S.A.	12 MW	60 KV	Piura
CT Tablazo	Olympic	30 MW	60 KV	Piura

Fuente: Información de MINEM y Osinergmin

3.2.2.2.3 Con respecto a la Política Energética Nacional: De acuerdo con la Política Energética Nacional, el Perú se comprometió a promover la generación distribuida, en la realidad el proyecto de reglamento todavía tiene muchos desafíos. Con respecto a la MGD, la potencia instalada máxima de 10MW y el nivel para la conexión máxima de 33kV son limitantes que van en contra de la Política Energética Nacional.

¹⁶ Que afecte a sus intereses es económicos.

3.2.2.2.4 Con respecto a la base legal: El proyecto de reglamento excede a la Ley N° 28832 (Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica). Dado que esta ley no precisa el nivel de tensión de conexión de la red de la GD, solamente hace referencia que tiene que estar conectada a la red de distribución, ni autoriza que el reglamento precise el nivel de tensión. Por lo tanto, la distinción de tensión va en contra de su base legal y el principio de primacía legal que establece el artículo N°51 de la Constitución. La primacía de la ley sobre su reglamento es reforzada en el artículo N° 118, numeral 8, de la Constitución, estableciendo que como atribuciones del presidente de la república es el “Ejercer la potestad de reglamentar las leyes sin transgredirlas ni desnaturalizarlas; y, dentro de tales límites, dictar decretos y resoluciones” (Congreso Constituyente Democrático, 1993).

3.2.3 Microgeneración distribuida(“MCD”)

3.2.3.1 Régimen aplicable a la a la MCD.

3.2.3.1.1 Conexión. El interesado presenta una solicitud de factibilidad de conexión a la EDE, adjuntando el recibo de pago por la elaboración del Estudio de Conexión, el cual será realizado por la EDE en caso lo considere conveniente.

Al igual que la MGD, se consideran reglas y plazos para la conexión, pero más ajustados (30 días para elaborar el estudio de conexión). Además, señala que las características técnicas de funcionamiento serán definidas en el Procedimiento MCD correspondiente.

Se precisa que el interesado deberá pagar a la EDE un cargo de conexión asociada a los costos de conexión en los que incurra la EDE.

Se define un convenio de conexión y operación, como un contrato entre la EDE y el interesado, en el caso de necesidad de realizar inversiones en infraestructura, mejoras y/o equipamiento, las inversiones las asume el interesado.

3.2.3.1.2 Operación. La MCD generará libremente sin necesidad de un coordinador de despacho. La producción es para autoconsumo, los excedentes son inyectados a la Red de Distribución.

3.2.3.1.3 La comercialización. Solo se permite el autoconsumo de energía eléctrica.

Se establece un sistema de crédito de energía, si el MCD en un determinado mes tiene excedentes de energía, podrá ser utilizada a cargo de consumo de energía en los meses siguientes, teniendo como límite el periodo de un año calendario.

3.2.3.2 Comentarios sobre la Microgeneración distribuida (MCD)

3.2.3.2.1 Sobre el rol de Osinergmin: Osinergmin es presentado como un árbitro para resolver conflictos entre el Generador Distribuido y la EDE, por lo que es importante que se definan los procedimientos para poder actuar cuando se presenten los mismos. Además, de que es el supervisor y fiscalizador para el cumplimiento de las obligaciones del Generador Distribuido, de la EDE y del COES.

3.2.3.2.2 Sobre el tribunal de controversias: En el reglamento (Artículo 23° del DS N° 292 - 2018 - MEM/DM, 2018) se precisa que cuando haya conflicto entre el Generador Distribuido y la EDE, serán resueltos por Osinergmin "... conforme a lo establecido en su Reglamento para la Solución de Controversias", sin embargo el tribunal de controversias es aplicable a los clientes libres; por lo que es importante que se aclare el caso de la MCD, pues en general estos son clientes regulados (potencia contratada menor a 200KW), es decir ¿un MCD pasaría a ser un cliente libre sin importar su potencia contratada?.

3.2.3.2.3 Sobre el usuario final: Cuando se decretó el DL N° 1221 en el 2015, se generó una gran perspectiva para el usuario final, en concreto el cliente BT5 B esperaba con muchas ansias el presente decreto, sin embargo, sigue esperando, pues todavía tiene vacíos que tienen que ser llenado.

Para el usuario final, un cliente BT5 B, que tiene una potencia contratada de 3KW, y que en el supuesto de que quiera instalar un sistema fotovoltaico de una potencia de 1KW, no conoce sobre estudio de conexión, y tiene que pagar a la EDE por dicho estudio, el mismo que puede llegar a ser un pago relativamente alto con respecto de la pequeña instalación que desea instalar. Además de los plazos, contratos de conexión y operación, entre otros.

3.2.3.2.4 Sobre la comercialización: Básicamente se aplica el Net Metering, es decir un mecanismo de facturación que permite a los consumidores que generan su propia electricidad, inyectarla a la red y usarla en cualquier momento, haciendo un balance mensual del total de energía. Sin embargo, el Perú no cuenta con la infraestructura necesaria, no tenemos medidores bidireccionales, por lo que actualmente es imposible realizar tal balance.

3.3 Marco normativo de la generación distribuida en el contexto internacional

Cada país tiene condiciones diferentes: mercado, recursos energéticos y políticas energéticas. Como se mencionó en el capítulo denominado "Marco teórico" de la presente tesis, la definición de GD difiere para cada país, esta es adaptada a su normativa, esto es: si es para autoconsumo, características de conexión, potencia instalada y tecnología empleada. Por ejemplo, en el Perú la GD se divide en MGD y MCD, cada una con

características particulares; sin embargo, cada país a adaptado la definición según su marco regulatorio.

Es importante destacar las principales características del marco normativo de cada país, dado que nos permite identificar sus estrategias para incentivar el uso energías renovables, y proponer las mejoras respectivas a nuestro marco regulatorio en el siguiente capítulo.

La presente tesis se enfoca en los países latinoamericanos, dado que en general, tenemos características similares, y por lo tanto similares estrategias para promover el uso de ERNC.

3.3.1 Marco normativo de la generación distribuida en Chile

Chile tiene uno de los reglamentos con mayores medidas para promover la generación distribuida, especialmente a partir de energía fotovoltaica, cabe mencionar que esta región cuenta con los niveles más altos de radiación en el mundo.

3.3.1.1 Base legal

- Decreto Supremo N° 244 (2005) - Aprueba Reglamento para Medios de Generación no Convencionales y Pequeños Medios de Generación establecidos en la Ley General de Servicios Eléctricos (PMGD). Y el Decreto Supremo N° 88 (2020) – Modifica regulaciones sobre el DS N° 244.
- Le N° 20.571 (2014) – Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la Generación Eléctrica.
- Decreto N° 71 (2016) –Reglamento de la Ley N° 20.571, que aprueba el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales. También se le conoce como Ley Net Billing. Y su modificación la Ley 21.118 (2018).
- Ley N° 21.118 (2018) – Modifica a la Ley General de Servicios Eléctricos, con el fin de incentivar el desarrollo de las generadoras residenciales.

3.3.1.2 División de la generación distribuida en Chile. El marco regulatorio de Chile promueve a la GD a partir de fuentes renovables no convencionales, y contempla dos tipos de GD: (1) autogeneración a pequeña escala y (2) generación distribuida conectada al SEIN. La autogeneración a pequeña escala con una capacidad instalada de hasta 300 KW y con el objetivo de abastecer sus propios requerimientos de energía (autoconsumo). Y la generación distribuida conectada al SEIN, que son pequeños medios de generación distribuida (PMGD) con una capacidad mayor a 100 KW hasta 9 MW.

3.3.1.3 Principales características. A continuación, las principales características de la generación distribuida en Chile:

Tabla 7. Principales características de la normativa de la GD en Chile

Característica	Autogeneración a pequeña escala	Generación distribuida conectada al SEIN
Base legal	Le N° 20.571 (2014) y Decreto N° 71 (2016).	Decreto Supremo N° 244 (2005) y Decreto Supremo N° 88 (2020)
Uso de la energía	Autoconsumo.	Pequeña generación conectada al SEIN (PMGD)
Tipo de tecnología	ERNC (solar, eólica, minihidráulica, biomasa y geotérmica).	ERNC (solar, eólica, minihidráulica, biomasa y geotérmica).
Potencia instalada Conexión	Menor a 300 KW. Hasta 400 V. La potencia máxima instalable es aprobada por el distribuidor bajo tres criterios: no invertir el flujo del transformador, corriente de CC, y la variación de tensión. Para proyectos de hasta 10 KW, el trámite es reducido y electrónico. Los trámites pueden tomar entre 30 y 60 días, pero si es del tipo fotovoltaico, el plazo máximo es de 30 días.	Entre 100 KW y 9 MW. Redes de BT y MT hasta 23 KV Estudios de conexión, basándose en: el alimentador al que se conecta, impacto en niveles de tensión e impacto en la potencia de CC.
Operación	No tiene obligaciones de operación.	Coordinación entre el GD y el operador del sistema
Responsabilidad de pagos	Costos adicionales asumidos por el usuario eléctrico. En el caso de obras físicas mayores y trabajos en la red de distribución eléctrica, tales como expansiones, transformadores, subestaciones y recambio de conductores, influenciados por la conexión del generador, serán de cargo de la empresa distribuidora pero remunerados por el usuario eléctrico.	Solo en el caso que el generador tenga un impacto en la red de distribución, se determinan los costos de conexión como la diferencia entre dos escenarios del desarrollo de la red eléctrica: un horizonte igual a la vida útil del generador, y sin el generador.
Excedentes de energía y comercialización	Potencia instalada menor a 20 KW: las empresas distribuidoras siempre estarán obligadas a pagar por toda la energía inyectada (el pago de esta energía es mediante un mecanismo de net billing). Potencia instalada entre 20 kW y 300 KW: los excedentes son inyectados a la red, y se acumularán para el periodo siguiente, si después de 5 años no se pueden descontar, estos pasarán al beneficio de la comunidad residente.	Establece que los precios estabilizados se determinarán por bandas, es decir por bloques de tiempo, definiéndose 6 bloques por día (de 4h cada bloque). Este precio es para cada una de las barras, se le llama Precios de Nudo de Corto Plazo, y es determinado semestralmente por la Comisión Nacional de Energía (CNE).
Incentivos	Subsidios para compra e instalación de sistemas fotovoltaicos.	Subsidios para compra e instalación de sistemas fotovoltaicos.
Otros	La instalación debe realizarla un instalador certificado.	-

Fuente: Elaboración propia a partir de la base legal mencionada en el subtítulo anterior

3.3.1.4 Resultado de la Política de generación distribuida en Chile

La normativa en Chile con respecto a las energías renovables es de las más desarrolladas, en la figura 37 se puede observar el impacto que ha tenido sobre la matriz energética, año tras año ha venido disminuyendo su consumo de petróleo, sin embargo, todavía es muy dependiente de hidrocarburos, principalmente del carbón.

Del mismo modo que las energías renovables con respecto a la solar y eólica han ido aumentando, la energía hidráulica ha venido disminuyendo, no tiene sentido reemplazar un tipo de energía renovable por otro, lo ideal sería disminuir el uso de hidrocarburos fósiles.

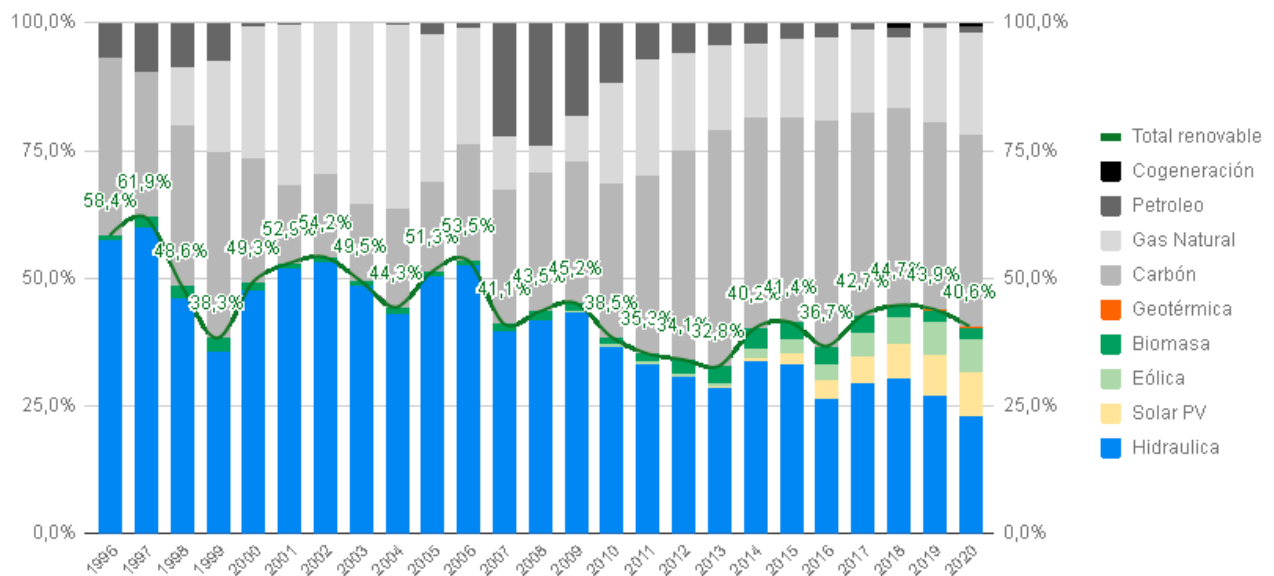


Figura 37. Participación relativa en la producción de energía eléctrica por tipo de tecnología¹⁷

Fuente: Obtenido de Generadoras de Chile (Generadoras de Chile, 2020)

3.3.2 Marco normativo en la generación distribuida Colombia

“La matriz de energía eléctrica en Colombia es una de las más limpia del mundo, en el 2018 la potencia instalada fue de: 68% de centrales hidráulicas, 30% de centrales térmicas (gas natural, combustibles líquidos y carbón) y solo el 1% de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (eólica, solar y biomasa)” (Planas Marti & Cárdenas, 2019).

3.3.2.1 Base legal

- Ley N° 1715 (2014) – Que regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.
- Decreto N° 348 (2017) – Lineamientos de política pública para la entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala.

¹⁷ Los datos correspondientes al año 2020 consideran la generación acumulada a septiembre.

- Resolución N° 030 de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (2018) –Se regulan aspectos operativos y comerciales para permitir la autogeneración a pequeña escala, a gran escala y de la generación distribuida conectada Sistema Interconectado Nacional.

3.3.2.2 División de la generación distribuida en Colombia. El marco regulatorio divide a la GD en: i) Autogeneración, para atender sus propias necesidades, realizada por personas naturales o jurídicas y ii) Generación distribuida, para generar electricidad cerca de los consumidores finales, y conectarse a la red de distribución, es realizada por personas jurídicas. Además, divide la autogeneración en auto generación a pequeña escala (AGPE) y autogeneración a gran escala (AGGE). El marco regulatorio está enfocado en las Energías renovables no convencionales (biomasa, solar, eólica, minihidráulica, y geotérmica).

3.3.2.3 Principales características. A, continuación, las principales características de la generación distribuida en Colombia:

Tabla 8. Principales características de la normativa de la GD en Colombia

Característica	Autogeneración		Generación distribuida
	AGPE	AGGE	
Base legal	Resolución N° 030 de la CREG (2018).	Resolución N° 030 de la CREG (2018).	Resolución N° 030 de la CREG (2018).
Uso de la energía	Autoconsumo de pequeña escala.	Autoconsumo a gran escala.	Generación conectada al SIN.
Tipo de tecnología	ERNC	ERNC	ERNC
Potencia instalada	Hasta 1 MW.	Entre 1 MW y 5 MW.	Menor igual a 100 KW
Tensión de conexión	A cualquier nivel de tensión.	A cualquier nivel de tensión.	A cualquier nivel de tensión.
Estudios de conexión	Procedimiento simplificado de conexión.	Requiere estudio de conexión	Procedimiento simplificado de conexión
Excedentes de energía y comercialización	Vende sus excedentes al comercializador, a un precio horario. Determinado por fórmulas establecidas en el reglamento	Vende sus excedentes al comercializador, a un precio horario. Determinado por fórmulas establecidas en el reglamento.	Puede vender su generación de acuerdo con las reglas de comercialización.

Fuente: Elaboración propia a partir de la base legal mencionada en el subtítulo anterior

3.3.2.4 Resultado de la Política de generación distribuida en Colombia. Colombia es un país con una matriz energética muy limpia, principalmente por la energía hidráulica, sin embargo, las energías renovables no convencionales suman el 1% de la capacidad instalada, el marco regulatorio que las fomenta no ha causado un impacto en el desarrollo de estas tecnologías. Una de las causas podría ser, la comercialización de los excedentes de energía, esto es por fórmulas no tan claras para el usuario final.

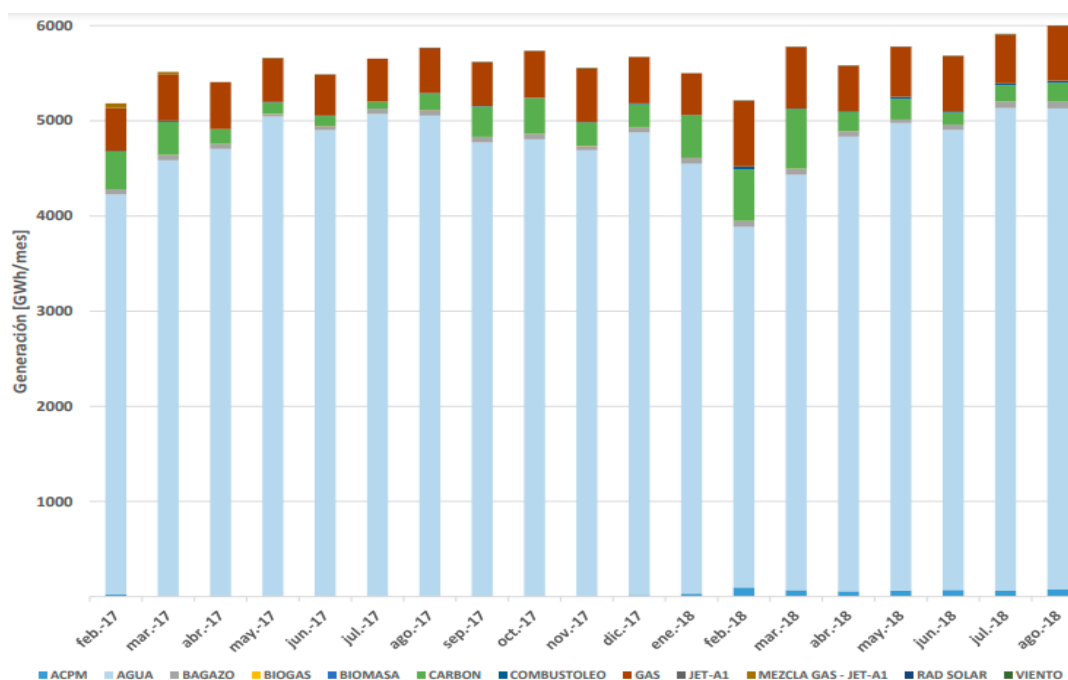


Figura 38. Informe mensual de variables de generación y del mercado eléctrico colombiano 2018

Fuente: Obtenido de Subdirección de Energía Eléctrica – Colombia

3.3.3 Marco normativo en la generación distribuida México

“Hasta diciembre de 2019 la matriz energética de México está compuesta principalmente por: 66% de energía térmica, 29% de energía renovable y 5% en cogeneración, nuclear y otros” (CULLELL, 2020).

El marco regulatorio de México permite vender los excedentes o el total de energía eléctrica generada por los Generadores Distribuidos.

3.3.3.1 Base legal

- Ley de la Industria Eléctrica (2014) y su reglamento (2014).
- Ley de Transición Energética (2015) y su reglamento (2017).
- La Resolución N° RES/142/2017 de la Comisión Reguladora de Energía expide las disposiciones administrativas de carácter general, los modelos de contrato, la metodología de cálculo de contraprestación y las especificaciones técnicas generales, aplicables a las centrales eléctricas de generación distribuida y generación limpia distribuida

3.3.3.2 División de la generación distribuida en México. La Resolución N° RES/142/2017 divide a la GD en tres actividades, el usuario final decide a cuál pertenecer:

- Consumo de centros de carga (autoconsumo) – Net Metering.
- Venta de excedentes de la energía eléctrica – Net Billing.
- Venta total de energía eléctrica – Venta total.

3.3.3.3 Principales características. A continuación, las principales características de la generación distribuida en México:

Tabla 9. Principales características de la normativa de la GD en México

Característica	Descripción
Base legal	Ley de la Industria Eléctrica y su reglamento (2014). Ley de Transición Energética y su reglamento (2015). Resolución N° RES/142/2017.
Capacidad	Menor a 500 KW.
Conexión	Acceso a la Redes de Distribución.
Estudios de conexión	No tiene costo para el solicitante. Es realizado por el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) a través de la EDE. Mediante una plataforma electrónica, en la que se da recepción, seguimiento, atención, y emisión de aprobación.
Obras de refuerzo	El distribuidor debe anticipar necesidades de expansión de la red. Si las obras no fueron previstas, el solicitante puede ejecutar las obras o aportar a la EDE para su realización.
Resolución de controversias	A cargo de la Comisión Reguladora de Energía (CRE).
Verificación e inspección	A cargo de la Comisión Reguladora de Energía (CRE).
Comercialización	Medición neta de energía: Considera intercambio de flujos de energía, y compensa la energía entregada con la recibida. El contrato de prestación se puede asociar a uno o más contratos de suministro. Transcurridos doce meses sin ser compensado, el saldo se remunera al Precio Marginal Local. Facturación neta: La totalidad de la energía se registra de forma independiente y se liquida al valor del Precio Marginal Local. Venta total de energía: Aplicable cuando no existe contrato de suministro asociado. Se aplica el mismo régimen de la facturación neta.
Incentivos	Excepción de impuestos de equipo de generación renovable. Créditos a tasas subsidiadas FIDE y FIRCO.
Otros	Cuota obligatoria de energía limpia y certificados de energía limpia. Cuentan con una plataforma informática para conocer las estadísticas de la generación distribuida, incluyendo la capacidad de los circuitos de distribución y la capacidad de generación interconectada a dichos circuitos, con el objetivo de mostrar la capacidad disponible.

Fuente: Elaboración propia a partir de la base legal mencionada en el subtítulo anterior

3.3.3.4 Resultado de la Política de generación distribuida en México. El marco regulatorio de generación distribuida de México ha incentivado el desarrollo de la generación distribuida, la figura 39 muestra la Evolución de la capacidad instalada y el total de contratos anuales de generación distribuida, se aprecia un desarrollo acelerado de estas tecnologías (los datos corresponden hasta junio 2020).

Según el informe titulado: Solicitudes de interconexión de Centrales Eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW, elaborado por el CRE en México:

De un total de 165,528 contratos de interconexión y una capacidad total instalada de 1,196.52 MW de GD: el 99.4% de solicitudes correspondió a tecnologías fotovoltaicas, el 92.7% correspondió a contratos con capacidad instalada menor a 10 KW, y el acumulado de capacidad instalada correspondiente a los contratos menores de 10 KW fue del 54.9% de la capacidad instalada total de generación distribuida (Comisión Reguladora de Energía, 2020).

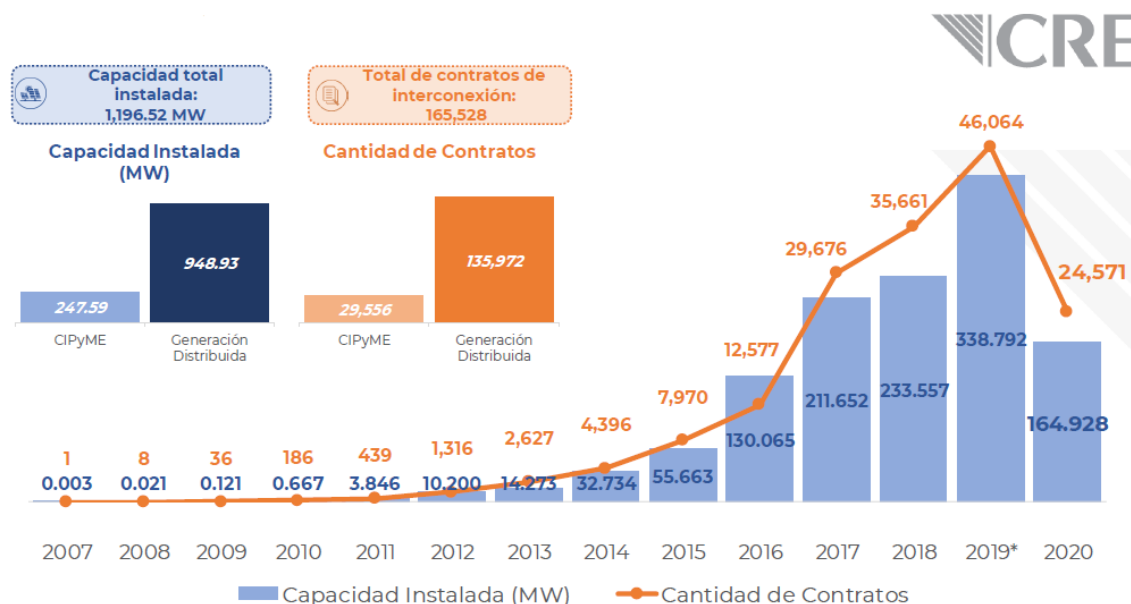


Figura 39. Solicitudes de interconexión de centrales eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW - Evolución anual – CIPyME2 / GD

Fuente: Elaborado por CRE – Comisión Reguladora de Energía – México

3.3.4 Marco normativo en la generación distribuida Brasil

“La matriz energética de Brasil es principalmente renovable. La potencia instalada en 2018 está dividida en: 64% hidráulica, 15.8% hidrocarburos, 9.1% biomasa, 8.8% eólica, 1.2% nuclear y 1.1% solar” (Ministerio de Minas y Energía - Brasil, 2019).

El marco normativo de Brasil en GD está muy desarrollado, tiene como objetivo el empoderamiento del consumidor final, convertirlo en “prosumidor”, productor y consumidor a la vez, establece incentivos económicos en bonos y exoneración de impuestos.

La GD en Brasil se ha producido por fuentes renovables como: hídrica, eólica, biomasa, y solar. “La generación fotovoltaica representa el 88.5% del total de la GD (hasta 04/09/2019), principalmente por el nivel de radiación en todo el territorio de Brasil y del abaratamiento de equipos y financiamientos que otorga dicho país” (Bezerra, 2019).

3.3.4.1 Base legal

- ANEEL NR N° 482/2012: La Agencia Nacional de Energía Eléctrica, establece las condiciones generales para el acceso de la Microgeneración y Minigeneración distribuida a los sistemas de distribución de energía eléctrica, al sistema de compensación de energía eléctrica, y establece otras disposiciones.
- Ley PLS 252/2014: establece que las edificaciones públicas tengan SSFV o medidas para la reducción de los impactos ambientales.
- ANEEL NR N° 687/2015 y ANEEL NR N° 786/2017: Modificaciones de la norma NR N° 482/2012.
- Resolución N° 70 (2020): Reduce a cero por ciento las tasas de impuestos de importación de determinados bienes, entre los productos beneficiarios son: inversores, módulos fotovoltaicos y otros componentes de la tecnología solar fotovoltaica.

3.3.4.2 División de la generación distribuida en Brasil. ANEEL NR N° 482/2012 divide en dos a la GD, y ANEEL NR N° 687/2015 modifica la potencia instalada respectiva:

- Microgeneración distribuida: Menor a 75 KW
- Minigeneración distribuida: Entre 75 KW y 5 MW

3.3.4.3 Principales características. A continuación, las principales características de la generación distribuida en Brasil:

Tabla 10. Principales características de la normativa de la GD en Brasil

Característica	Descripción
División	Microgeneración distribuida y minigeneración distribuida.
Potencia instalada	Menor a 75 KW: Microgeneración distribuida. Entre 75 KW y 5 MW: Minigeneración distribuida.
Base legal	ANEEL NR N° 482/2012 ANEEL NR N° 687/2015 Ley PLS 252/2014 Resolución N° 70 (2020)
Potencia instalada	Menor a 75 KW
Tipo de fuente	Hidráulica, solar, eólica, biomasa y cogeneración
Conexión	A la red de distribución
Comercialización de excedentes de energía	Los excedentes son inyectados a la red, y se acumularán para el periodo siguiente, hasta por 60 meses.
Incentivos	Excepción de impuestos por la importación de equipos de instalaciones fotovoltaicas. Y un bono verde.

Fuente: Elaboración propia a partir de la base legal de GD en Brazil

3.3.4.4 Resultado de la Política de generación distribuida en Brasil. A partir de la Resolución Normativa ANEEL N° 482/2012, la GD en Brasil ha crecido exponencialmente, hasta Julio 2020 la capacidad instalada de generación distribuida en Brasil era de 3388. MW. Hasta esa fecha contaba con 168504 conexiones de generación distribuida, estas cifras según la Asociación Brasileña de generación distribuida- ABGD (Energía Estratégica, 2020).

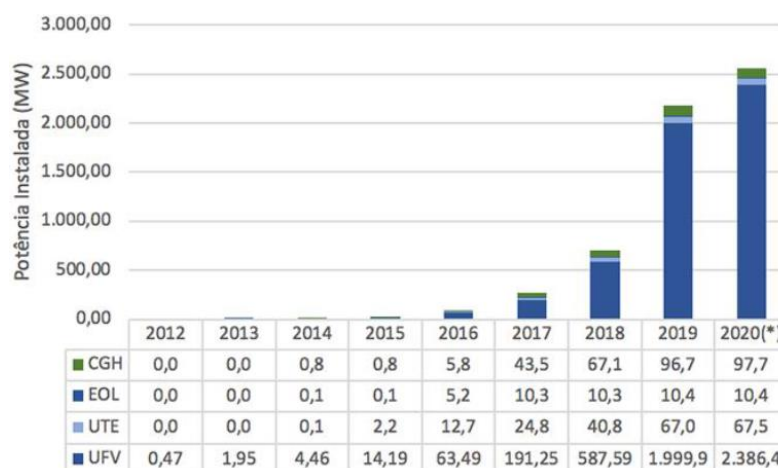


Figura 40. Evolución de la Potencia Instalada de la GD por tipo de tecnología

Fuente: ANEEL, hasta marzo 2020

3.3.5 Marco normativo en la generación distribuida en España

España promueve a las energías renovables desde 1980, comenzando con fuentes hidráulicas, en la década de los 90' fue de las pioneras en la industrialización de la tecnología fotovoltaica. La normativa española incentiva principalmente tecnologías fotovoltaicas.

Existe un Ministerio para incentivar la transición ecológica, este se encarga en registrar el autoconsumo de energía eléctrica, y del cumplimiento de “objetivos renovables”.

Se incentivan el autoconsumo, esta es una forma de GD. La normativa promueve el autoconsumo, por lo que el presente ítem estudia el autoconsumo de energía eléctrica.

3.3.5.1 Base legal

- Ley 24/2013: Desarrolla el concepto de autoconsumo como el consumo por parte de uno o varios consumidores de energía eléctrica proveniente de instalaciones de producción próximas a las de consumo y asociadas a los mismos.
- Real Decreto 413/2014: Se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. Y se brindan beneficios a las instalaciones de producción a partir de estas fuentes de energía.
- Ley 900/2015: Se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real Decreto N° 15/2018: Medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. En ella se elimina el denominado “impuesto al sol”, se adoptan medidas para acelerar la transición energética hacia un modelo basado RER.
- Real Decreto N° 244/2019: Se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

3.3.5.2 División de la generación distribuida en España. La normativa española incentiva el autoconsumo (es una forma de GD), y lo divide en:

- Autoconsumo sin excedentes: Instalaciones de autoconsumo que no permiten la inyección de energía excedente a la red de distribución o de transporte eléctrico. También denominada como “modalidad de autoconsumo 1”.
- Autoconsumo con excedentes no acogidos a compensación: Instalaciones de autoconsumo que pueden inyectar excedentes de energía a la red de distribución o de transporte eléctrico. El sistema de compensación trata de que la comercializadora compensará en la factura eléctrica la energía inyectada a la red, el precio descontado dependerá de la comercializadora. Pueden acogerse a esta modalidad clientes con potencias instaladas menores a 100 KW y utilicen fuentes renovables para la generación de energía.
- Autoconsumo con excedentes acogidos a compensación: Instalación de autoconsumo que inyecta excedentes de energía a la red. Aquellos clientes que no cumplan con los requisitos para acogerse a la modalidad anterior, o que voluntariamente opten por no acogerse a esta modalidad. El precio de la energía vertida será el dispuesto por la legislación de instalaciones generadoras.

3.3.5.3 Principales características. A continuación, las principales características de la generación distribuida en España.

Tabla 11. Principales características de la normativa de la GD en España

Característica	Autoconsumo sin excedentes	Autoconsumo con excedentes no acogidos a compensación	Autoconsumo con excedentes acogidos a compensación
Base legal	Real Decreto N° 15/2018. Real Decreto N° 244/2019.		
Capacidad	-	Mayor de 100 kW.	Menor o igual que 100 kW.
Fuente	-	-	Energías renovables, cogeneración y residuos.
Conexión	A la red de Red de Distribución.		
Estudios de conexión	Exentas de obtener permisos de acceso y conexión a la red eléctrica. Sólo será necesario entregar el certificado de instalación, la memoria técnica y/o el proyecto técnico correspondiente en cada caso.	Los consumidores que no dispongan de contrato de acceso para sus instalaciones de consumo deberán suscribir un contrato de acceso con la empresa distribuidora o mediante la empresa comercializadora; la distribuidora deberá elaborar en el plazo de un mes un informe de condiciones técnicas de conexión y, posteriormente, se formalizará un contrato técnico de acceso. Están exentas de obtener permisos de conexión las instalaciones de potencia igual o inferior a 15 kW.	
Incentivos	Reconocimiento al derecho de autoconsumir energía eléctrica sin cargos.		
Peajes	La energía auto- consumida de origen renovable, cogeneración o residuos estará exenta de todo tipo peajes.	Pajes por acceso a la red de distribución, por la energía horaria excedentaria vertida.	No pagan peajes.

Fuente: Elaboración propia a partir de la base legal de GD de España

3.3.5.4 Resultado de la Política de generación distribuida en España. España viene incentivando las energías renovables desde los ochenta, sin embargo, estaban estancados. El cambio en la regulación, la derogación al impuesto al sol en el 2018, el Real Decreto N° 15/2018 y su posterior desarrollo normativo Decreto Real N°244/2019, donde se reconocer la remuneración de excedentes; ha provocado el despegue del desarrollo de las tecnologías eólicas, y principalmente la fotovoltaica. Durante el 2019 se han instalado 3.3 GW de instalaciones fotovoltaicas, para ser un total de 7.8 GW, es decir en un año se instaló el 73% de la total capacidad instalada hasta ese momento.

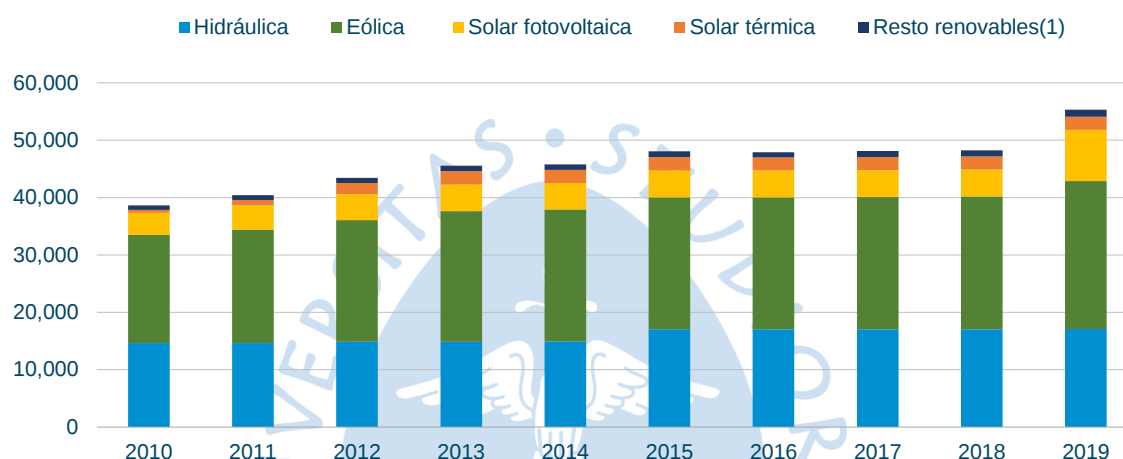


Figura 41. Evolución de la potencia instalada renovable (MW).

Fuente: (1) Incluye biogás, biomasa, geotérmica, hidráulica marina, hidroeléctrica y residuos renovables.

Fuente Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC)

3.4 Análisis comparativo entre el marco normativo peruano e internacional respecto a la GD

El desarrollo de las tecnologías de generación a partir de ERNC, y sus múltiples beneficios, ha motivado a todos los países a reevaluar que marco regulatorio se adapta mejor a su situación energética. El Perú a través del MINEM ha publicado una propuesta de reglamento de GD. A continuación, se describen las principales diferencias y similitudes del marco regulatorio peruano e internacional respecto a la generación distribuida.

La propuesta de reglamento de GD ubica al Perú como uno de los países de América latina con mayor capacidad de potencia por generador distribuido (10MWW). Además, divide a la GD en dos: Microgeneración distribuida (MCD) y Mediana generación distribuida (MGD), bajo el mecanismo de Net Metering y Net Billing respectivamente.

En cuanto a las obras de refuerzo, tanto la normativa peruana, como la internacional, concuerdan con que generador distribuido deberá asumir los gastos de requerir inversión adicional (infraestructura en la red de distribución).

Todos los países analizados en la presente tesis (Chile, Colombia, Brasil, México y España) presentan distintas formas para comercializar los excedentes de energía, no solo como cargo de consumo en los meses siguientes, sino también se determinan formas de pago del distribuidor en favor del generador distribuido.

Sobre los estudios de conexión, Chile, México y España, presentan facilidades (plazos cortos y plataformas para agilizar trámites). México cuenta con una plataforma informática para conocer la capacidad disponible

En España existe un registro de instaladores de MCD, en donde el instalador autorizado comparte responsabilidades con la empresa de distribución.

Sobre los incentivos, Chile, México y Brasil ofrecen excepción de impuestos, créditos a tasas subsidiadas, certificados de energía limpia, subsidios para compra e instalación de sistemas fotovoltaicos, bono verde, entre otros.



Capítulo 4

Propuesta al marco regulatorio de GD enfocado en las ERNC

El desarrollo de los capítulos anteriores (sector eléctrico peruano, marco teórico de la GD, marco regulatorio vigente en el Perú, y marco regulatorio internacional con respecto a la GD) se desarrollaron con el propósito de elaborar el presente capítulo.

Antes de proponer al marco regulatorio de GD, es indispensable definir la directriz de la política energética conveniente para el Perú, con un enfoque de incentivar la generación distribuida por todos los beneficios expuestos anteriormente.

4.1 Directrices que debe considerar el reglamento de generación distribuida

4.1.1 Política energética vigente en el Perú

En el Perú, el Decreto Supremo N° 026-2010-EM que aprueba la Política Energética Nacional 2010-2040 y el Plan Energético Nacional 2014-2025 conforman nuestra política energética.

En el DS N° 026-2010-EM se describen los objetivos y lineamientos de la política energética hacia un horizonte de 30 años, sin embargo, el tiempo ha demostrado que fue un desacierto, pues las tecnologías y el mercado se desarrollan dinámicamente, a tal punto, que la invención de una nueva tecnología podría disrumpir el sector energético mundial, es el caso del hidrógeno verde (tema que no es visto en la presente tesis).

Sobre el Plan Energético Nacional (Ministerio de Energía y Minas, 2016), es un informe en el que se identifica el estado actual del sector energético hasta ese momento, se plantea una política a mediano plazo (10 años), y se definen metas en función de un crecimiento esperado del PBI (entre 4.5 y 6.5%), sin embargo, el crecimiento fue muy por debajo (2.2 % en 2019), y esperamos una caída del 13 % para el año 2020, por lo que, al no cumplir con las metas, se concluye que el Plan Energético Nacional ha fracasado; finalmente es necesario una nueva Política Energética.

4.1.2 Objetivos y lineamientos propuestos para el diseño de la política energética en el Perú

La política energética tiene que trazar los objetivos y lineamientos sobre el sector energético, en la brevedad posible se debe publicar su respectivo plan energético, para definir concretamente las metas respectivas (estadísticas), y las estrategias para conseguir dichas metas.

Si la política se planea para muchos años, se pone fuera los avances tecnológicos, porque no es posible predecirlos. Por lo que es indispensable que el MINEM revise anualmente las metas definidas en el Plan Energético Nacional, reajustando las estrategias, y/o “actualizando” las metas. La política Energética (objetivos y lineamientos) se debe revisar cada 5 años, se debe estudiar los avances tecnológicos respectivos, nuestra necesidad energética, y la efectividad del Plan Energético Nacional.

Para promover la eficiencia energética, el desarrollo sostenible y mitigar las emisiones de CO₂, y gases de efecto invernadero, se debe incentivar la generación a partir de fuentes renovables.

Para promover la eficiencia y seguridad energética, se debe incentivar la generación distribuida, pues ofrece beneficios concretos para estos fines.

El proyecto de marco regulatorio de generación distribuida en el Perú es criticado por no empoderar al usuario final, después de estudiar el marco regulatorio de la generación distribuida en Chile, México, Colombia, Brasil y España, se concluye que todos los marcos regulatorios promueven de distintas formas el empoderamiento del usuario final, este debe ser un objetivo de la política energética en el Perú.

Para el desarrollo de la generación distribuida y la eficiencia energética se deben desarrollar las redes eléctricas inteligentes.

El desarrollo de nuevos proyectos de generación debe trabajarse en coordinación con los proyectos de Trasmisión, de tal forma que se considere la factibilidad económica, recursos energéticos, y beneficios sociales para determinar la forma en que se suministre de energía en zonas aisladas y/o rurales.

4.2 Propuesta al reglamento de generación distribuida

La propuesta de reglamento de generación distribuida- Resolución Ministerial N° 292-2018-MEM/DM, publicada el 31 de Julio en el diario oficial El Peruano, es un avance importante para desarrollar el marco regulatorio de la generación distribuida, sin embargo, es necesario revisar algunos aspectos, este debe considerar una base legal sólida, que sea consistente con la política energética y que tenga como fin último, el incentivo de la generación distribuida a partir de fuentes renovables no convencionales.

Esta sección es la consolidación de la tesis, las propuestas tienen como base el desarrollo de los capítulos anteriores. Además, toma como referencia a diversos foros en la que participaron autoridades importantes de Osinergmin, MINEM, gerentes de empresas generadoras, distribuidoras, docentes, entre otros académicos. En particular, el foro “Reglamento de la ley de Concesiones Eléctricas generación distribuida Ley N° 25844” realizado el 21 de setiembre del 2018 por la Universidad Nacional de Ingeniería. Y del artículo denominado: “La generación distribuida: El camino hacia la producción descentralizada de electricidad y pautas para su reglamentación” elaborado por Eduardo Ramos, en la revista Forseti, Revista de Derecho (2020).

4.2.1 Propuestas para la mediana generación distribuida

4.2.1.1.- Sobre la potencia máxima. La propuesta considera una potencia máxima para el caso de la MGD de 10 MW, recomendamos que se amplíe hasta 50 MW, para considerar a los proyectos ya ejecutados.

La regulación existente establece que los generadores cuya potencia instalada sea mayor o igual a 50 MW serán integrantes del COES. Por esta razón la propuesta de este valor.

4.2.1.2.- Sobre el nivel de tensión para la conexión. Las Distribuidoras en el Perú operan en redes de baja, media y alta tensión, por lo que se recomienda que no haya distinción respecto al nivel de tensión para la conexión a la Red de Distribución.

No existe razón técnica de porque el reglamento decide limitar la conexión de la Mediana generación distribuida a únicamente redes de media tensión, el marco normativo internacional respecto de la generación distribuida no establece una limitación respecto al nivel de tensión.

Ya se mencionó que el reglamento excede a su base legal, la Ley N° 28832 no precisa el nivel de tensión de conexión a la Red de Distribución, por lo que esta distinción va en contra de su base legal.

4.2.1.3.- Sobre el reconocimiento de beneficios y el incentivo de las ERNC. La propuesta de reglamento no reconoce ninguna compensación o beneficio de la generación distribuida a partir de recursos renovables no convencionales. Para incentivar que las empresas inviertan en estas tecnologías se debe estudiar formas de incentivos, estos pueden ser: Certificados de energía limpia, de esta manera les darían un valor agregado a sus productos; alternativas de financiamiento; en el contexto actual, debido a la crisis económica provocada por la pandemia, no se considera sensato la reducción de impuestos para los proyectos de MGD.

4.2.1.4.- Energía y Potencia firme. Actualmente el mercado eléctrico no reconoce un valor para la Energía y Potencia firme¹⁸ de las centrales eólicas y solares. El MINEM debe mejorar el reconocimiento de las diversas tecnologías, dado que no se ha demostrado que las centrales eólicas y solares deban tener una potencia firme igual a cero, la normativa solo se ha limitado a señalar que la Potencia firme para estas tecnologías es igual a cero sin mayor explicación.

4.2.2 Propuestas para la microgeneración distribuida

4.2.2.1.- Sobre el empoderamiento del usuario final. Del capítulo anterior, inciso 3.3 “Marco normativo de la generación distribuida en el contexto internacional” se puede observar que el marco internacional incentiva enérgicamente el empoderamiento del usuario final, para ello utiliza diferentes estrategias: exoneración total o parcial en el pago de peajes; excepción de impuestos por la compra equipos para generación renovable; diferentes formas de financiamiento, créditos a tasas subsidiadas; permitiendo la comercialización de la energía (net Metering y net Billing).

En el capítulo 1, inciso 1.5.2, denominado “Impacto del COVID-19 a la economía del Perú”, se estima la economía se ha atrasado entre tres y cuatro años; la propuesta es que a partir del 2024 se excluya de impuestos por compra de equipos de tecnologías renovables no convencionales, debido a que, en el contexto actual, el estado necesita de los impuestos para afrontar la crisis provocada por la pandemia.

El desarrollo de las tecnologías de generación ha permitido que los costos de inversión disminuyan y sean rentables; sin embargo, la inversión inicial es alta, por lo que el estado debería de implementar estrategias para que los inversionistas financien estos proyectos.

El proyecto de reglamento de GD permite la inyección de los excedentes de energía, establece un sistema de crédito de energía, para ser utilizado en los siguientes meses, después de un año calendario se “pierde” esta energía; se propone que para los sistemas de hasta una potencia instalada de 10 KW, se diseñe un sistema de net Billing, es decir que el usuario final reciba una remuneración económica, la forma de calcular la tarifa debe ser determinada por Osinergmin. Se recomienda que la potencia instalada máxima del sistema de generación tenga que ser menor a la potencia contratada con la empresa suministradora de energía eléctrica.

¹⁸ La energía y potencia firme es un concepto creado por la LCE para garantizar ingresos mínimos a los Generadores, en función de su confiabilidad energética.

4.2.2.2.- Sobre el trámite de conexión. El Microgenerador Distribuido no se dedica a la industria de la energía, para él no es fácil elaborar un estudio de conexión, al no conocer del trámite, operación, entre otros; según el reglamento propuesto, la empresa distribuidora tendría que elaborar el estudio de conexión, lo cual podría resultar contraproducente, dado que esta también evalúa la factibilidad del proyecto, es posible que tergiversen el estudio, para posteriormente rechazarlo, sin motivos técnicos. La propuesta es que se cree una institución que elabore los estudios de conexión cuando el MCD no pueda hacerlo; el costo por la elaboración del informe debe ser asumido por el MCD.

En Chile y México el trámite de solicitud de conexión de la GD se puede realizar a través de plataformas web, por orden de su respectivo marco regulatorio, estas plataformas han sido diseñadas por las empresas distribuidoras; estas plataformas cumplen un rol muy importante, sobre todo antes en esta crisis. La propuesta es implementar estos sistemas a programas piloto para evaluar si cumplen con el propósito de agilizar los trámites.

4.2.2.3.- La creación de un registro de instaladores de MCD.

Es posible que, debido a una mala operación, diseño y/o instalación del sistema de GD, se produzcan fallas en la red de distribución, esto es: inversión de flujos de potencia en los transformadores, pérdidas de potencia, variación de niveles de tensión, desconexiones bruscas, armónicos, y problemas en la calidad de la energía eléctrica. Es importante que las responsabilidades de la empresa de distribución y del generador distribuido estén muy claras.

La propuesta es que se cree un registro de instaladores de sistemas de MCD, esto ocurre en la industria del gas natural. El instalador habilitado compartiría las responsabilidades con la empresa de distribución, por fallas a consecuencia de un mal diseño, y/o instalación del sistema. El instalador o empresa habilitada, tiene que cumplir con los criterios y exigencias de seguridad y calidad del servicio.

4.2.3 Otros aspectos relevantes para la regulación de la generación distribuida.

4.2.3.1 Los distribuidores deben determinar un factor de penetración de GD, y poner la información a disposición de todos sus clientes. La propuesta es que las EDE identifiquen técnicamente la capacidad para instalar generación distribuida en cada una de sus redes, que el COES con el apoyo de Osinergmin se pronuncie sobre el estado actual del SEIN, y que se publiquen los resultados, dándoles un punto de partida a los inversionistas y usuarios en general.

El Distribuidor debe proponer en su programa de ampliación y modernización, los elementos que se requieran para integrar la generación distribuida, manteniendo las condiciones requeridas de eficiencia, calidad, confiabilidad, seguridad y sustentabilidad del sistema.

4.2.3.2 Programas piloto. Es necesario que proyectos piloto acompañen todo este proceso, se está pasando de la generación centralizada a la generación distribuida, para prevenir y proyectar posibles fallas e impacto en las redes de Distribución y al sector eléctrico en conjunto.

Hasta junio de 2020 la SUNEDU ha otorgado 92 licenciamientos¹⁹, es bastante probable que, entre los objetivos de su programa de licenciamiento, estén las energías renovables y la eficiencia energética; por lo que es factible que se promuevan proyectos piloto, generar temas de investigación, la presente tesis es un ejemplo de ello.

4.2.3.3 Seguimientos constantes del impacto de la GD a las redes de distribución. La introducción no planificada y no controlada de la generación distribuida en las redes de Distribución causaría un impacto en las EDE, específicamente en la sobrecontratación y el cumplimiento de las obligaciones de las EDE para con las generadoras, para las EDE sería imposible proyectar una planificación de demanda en un horizonte mínimo de dos años. Dependiendo del nivel de penetración de la GD, afectará de cierta manera al sector eléctrico en conjunto, generación, transmisión y distribución. Dado que la MGD se produce por empresas que pertenecen a la industria eléctrica; para el COES, Osinergmin y las EDE es factible que proyecten y planifiquen la introducción de la GD, no es el caso de la MCD.

Con la experiencia obtenida en otros países, se observa que el desarrollo debe ser gradual y programada, es necesario que las EDE determinen el nivel de penetración que pueden aceptar en cada una de sus redes. En México y Chile las EDE tienen una plataforma web, en donde se puede encontrar la capacidad máxima de inyección en cada red de distribución.

Para monitoree la evolución de la generación distribuida, de tal forma que se mitigue algún impacto negativo; para encargarse del registro de instaladores de MCD antes propuesto; la inspección de las instalaciones de MCD y MGD; y la promoción de estas tecnologías. Se propone un centro de control de la GD.

4.2.3.4 Sobre las redes inteligentes. Las redes inteligentes “REI”, son la combinación de tecnologías eléctricas con tecnologías de información (Consultor: EDF INTERNATIONAL NETWORKS SAS, 2018, pág. 6). Para la comercialización de la energía, es necesario de medidores bidireccionales, además de que permiten la gestión de la demanda, entre otros beneficios. Para el desarrollo de la generación distribuida, es vital el progreso de las redes inteligentes.

¹⁹ Dato obtenido del sitio web oficial de la SUNEDU - <https://www.sunedu.gob.pe/lista-de-universidades-licenciadas/>

4.2.3.5 Entregables pendientes. El marco regulatorio de generación distribuida debe de contar con normas, referencias técnicas, y procedimientos bien definidos, “planillas” para elaborar solicitudes de conexión, y formatos para facilitar la elaboración y presentación de documentos, especialmente para ayudar al usuario final. Sin embargo, el proyecto de reglamento no precisa que entidad será encargada de elaborar los entregables respectivos.

Se recomienda que el reglamento de generación distribuida designe las entidades que redactarán los documentos respectivos, y los lineamientos a tener en cuenta.





Conclusiones

La definición de generación distribuida varía en cada país, esta depende del marco regulatorio establecido y a múltiples factores: tecnologías de generación, límite de potencia, nivel de tensión para la conexión, entre otros. La característica principal de la definición es que la generación distribuida es la generación producida cerca de los centros de consumo.

La presente tesis busca mejorar el marco regulatorio para promover la generación distribuida, específicamente la propuesta de reglamento de GD, y promover la generación a partir recursos renovables no convencionales. Sin embargo, cabe resaltar que muchas veces nos enfocamos en lo que no tenemos, mas no en lo que tenemos, y en el Perú tenemos las condiciones para ejecutar proyectos de GD, de hecho, ya existe generación a partir de tecnologías renovables no convencionales conectadas a la red de distribución y sistemas aislados de la red; el proyecto de reglamento abre las puertas a los inversionistas para que ingresen al mercado eléctrico, esta tesis busca mejorar estas condiciones.

El marco regulatorio de generación distribuida debe considerar la política energética nacional, la base legal, y la realidad existente. Se concluye que el proyecto de reglamento: (1) no es compatible con la política energética; (2) al restringir el nivel de tensión para la conexión excede la definición de generación distribuida de la Ley 28832, excede a su base legal; (3) excluye a la generación distribuida existente; (4) no incentiva la GD al no reconocer ciertos beneficios; (5) no designa a las entidades respectivas para que elaboren los documentos restantes que conforman el marco regulatorio; no considera reglas para la determinación de responsabilidad ante posibles fallas; y (6) no define los lineamientos ni designa a las entidades para la elaboración de los entregables restantes, procedimientos, normas, planillas, entre otros.

Para la elaboración de un marco regulatorio, es necesario de una Política Energética Nacional idónea, dado que el desarrollo de las tecnologías de generación es impredecible, resulta imposible trazar directrices a largo plazo, la Política Energética y su plan estratégico respectivo deben ser reevaluados constantemente.

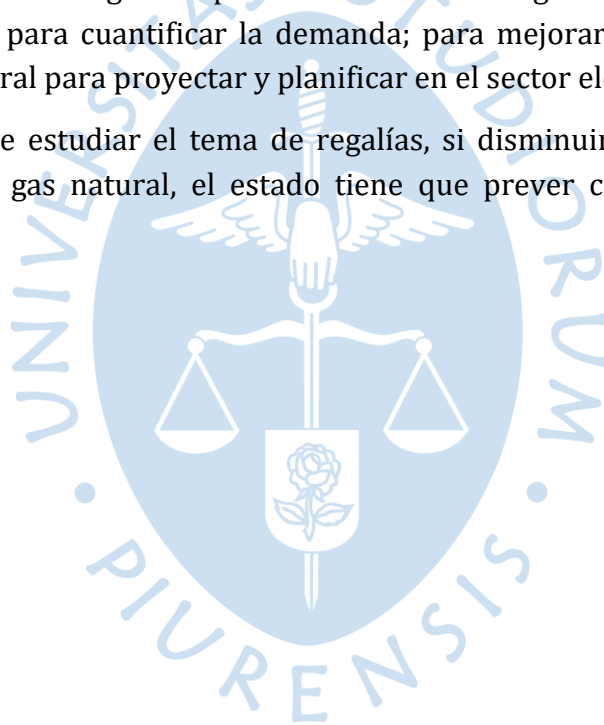
Al revisar el marco regulatorio de los países de Chile, México, Brasil, Colombia y España; nos damos cuenta que todos comparten un objetivo común, empoderar al usuario final; sin embargo, la propuesta de marco regulatorio del Perú no persigue este fin.

La tarifa eléctrica BT5B residencial tiende a subir, y los precios de las “nuevas tecnológicas” tienden a bajar, es un hecho que la descentralización de la energía eléctrica, la transformación energética va a pasar, en el momento en que financien al usuario final (bancos, inversionistas), se producirá una disrupción en el sector eléctrico.

En términos generales la generación distribuida puede beneficiar a la red, si los gestores de la red son los que deciden donde se va a conectar y la potencia a instalar; pero si la idea es que el usuario tiene el derecho de decidir a donde conectarse y en que potencia, no necesariamente va a beneficiar a la red, sino porque el usuario quiere hacerlo (para él es rentable, tiene responsabilidad ambiental, etc.). En Europa, el modelo es que el cliente decide donde se conecta.

El desarrollo de la generación distribuida depende estrechamente del avance de las redes inteligentes en el país, a continuación, se mencionan los principales argumentos que justifican las redes inteligentes: para cuantificar la energía inyectada y así gestionar su comercialización; para cuantificar la demanda; para mejorar la calidad y eficiencia energética; y en general para proyectar y planificar en el sector eléctrico.

El estado debe estudiar el tema de regalías, si disminuimos las inversiones de nuevas centrales de gas natural, el estado tiene que prever como reemplazarán los ingresos respectivos.



Referencias bibliográficas

- Agencia Andalucía de la Energía. (2011). *Tecnología Termosolar*. Piura: Consejería de Economía, Innovación y Ciencia. Obtenido de Tecnología Termosolar.
- Artículo 23° del DS N° 292 - 2018 - MEM/DM. (2018). Publicación del proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Generación Distribuida. Lima: Diario Oficial El Peruano.
- Atersa. (2017). *Aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica*. Obtenido de <https://www.atersa.es/es/conocenos/aplicaciones-energia-solar-fotovoltaica/>
- Bayod Rújula, A. A., Mur Amada, J., & Bernal-Agustín, J. L. (2005). *Definitions for Distributed Generation: a revision*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Bezerra, F. D. (2019). *MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA*. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE. Obtenido de https://www.bnb.gov.br/documents/80223/5577175/87_Energia.pdf/4bc4d076-3e0a-ff60-373e-85ea020e585a
- BioElectricidad Industrial. (2021). *Métodos Termoquímicos*. Obtenido de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:HCzLsHHtNlCj:https://bioelectricidad.org/tecnologia/m%25C3%25A9todos-termoqu%25C3%25ADmicos+&cd=4&hl=en&ct=clnk&gl=pe>
- Camazón, C. C. (2009). Energía eléctrica a partir de recursos geotérmicos. *DYNA Ingeniería e Industrias*, 44/51.
- Centro financiero de Lima. (30 de Agosto de 2020). Perú se expandirá más que promedio de América Latina a partir del 2021. *andina-AGENCIA PERUANA DE NOTICAS*.
- Church, I. P. (1905). *Hydraulic Motors*. New York: Jhon Wiley & Sons.
- COES. (2020). *Informe de la operación anual del SEIN - 2019*. Lima.
- Comisión Reguladora de Energía. (Noviembre de 2020). *Solicitudes de interconexión de Centrales Eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW*. Ciudad de México. Obtenido de www.gob.mx/cre

- Congreso Constituyente Democrático. (1993). Constitución Política del Perú. Lima: Diario Oficial El Peruano.
- Consultor: EDF INTERNATIONAL NETWORKS SAS. (2018). *Propuesta de marco normativo para el desarrollo de redes eléctricas inteligentes y Generación Distribuida*. Lima: Entregable N°4.
- Corporate Strategy. (19 de Junio de 2019). *BloombergNEF*. Obtenido de <https://www.bloomberg.com/professional/blog/battery-powers-latest-plunge-costs-threatens-coal-gas/>
- Dammert Lira, A., Molinelli Aristondo, F., & Carbajal Navarro, M. (2011). *Fundamentos Técnicos y Económicos del Sector Eléctrico Peruano*. Lima: Osinergmin.
- Decreto legislativo N° 1002. (2008). *Artículo 3.- Recursos Energéticos Renovables (RER)*. Lima: Diario Oficial El Peruano.
- Decreto Ley N° 25844. (1992). *Ley de Concesiones Eléctricas - Definiciones*. Lima: Diario Oficial El Peruano.
- Decreto N° 71 Ministerio de Energía. (2014). *Ley N° 20.571 Que regula el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales*. Santiago: Diario Oficial de la República de Chile.
- Decreto Supremo N° 022 - 2009 - EM. (2009). *Reglamento de Usuarios Libres de Electricidad*. Lima: Diario Oficial El Peruano.
- Decreto Supremo N° 026 - 2016 - EM. (2016). *Decreto Supremo que aprueba el Reglamento del Mercado Mayorista de Electricidad*. Lima: Diario Oficial El Peruano.
- Decreto Supremo N° 050 - 2008 - EM. (2008). *Reglamento de la Generación de Electricidad con Energías Renovables*. Lima: Diario Oficial El Peruano.
- Dirección General de Electricidad. (2020). *Anuario ejecutivo de electricidad 2019*. Lima: Ministerio de Energía y Minas.
- DL N° 1002. (2008). *DL Que promueve la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovable*. Lima: Diario Oficial El Peruano.
- DL N° 1221. (2015). *Mejora la regulación de la distribución de electricidad para promover el acceso a la energía eléctrica en el Perú*. Lima: Diario Oficial El Peruano.
- DS N° 012 Artículo 110. (2011). *Reglamento de la generación eléctrica con energías renovables*. Lima: Diario Oficial El Peruano.
- DS N° 012 Artículo 22. (2011). *Reglamento de la generación de electricidad con energías renovables*. Lima: Diario Oficial El Peruano.
- DS N° 012 Artículo 3. (2011). *Reglamento de la generación de electricidad con energías renovables*. Lima: Diario Oficial El Peruano.

- DS N° 292 - 2018 - MEM/DM. (2018). Publicación del proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Generación Distribuida. Lima: Diario Oficial El Peruano.
- ENDESA. (2021). *Centrales de biomasa y sus tipos*. Obtenido de <https://www.fundacionendesa.org/es/centrales-renovables/a201908-central-de-biomasa>
- Energía Estratégica. (24 de Agosto de 2020). Datos por país: En todos los mercados latinoamericanos crece la generación distribuida. *Energía Estratégica*. Obtenido de <https://www.energiaestrategica.com/datos-por-pais-en-todos-los-mercados-latinoamericanos-crece-la-generacion-distribuida/>
- Energy Research Partnership. (2018). *Future resilience of the UK electricity system*. London.
- Factorenergia. (febrero de 2021). *Energía geotérmica: una energía en potencia*. Obtenido de <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/energia-geotermica/>
- Fondo Monetario Internacional. (2020). *Perspectivas de la economía mundial: Un largo y difícil camino cuesta arriba*. Washington DC.
- Gallegos, R., & Rodríguez, S. (2015). *Hacia la transformación del mercado eléctrico mexicano: Generación Distribuida*. Ciudad de México: Instituto Mexicano para la competitividad A.C.
- Generadoras de Chile. (2020). *Generadoras de Chile*. Obtenido de <http://generadoras.cl/generacion-electrica-en-chile>
- Geração Heliotérmica. (28 de 04 de 2016). *CRESESB*. Obtenido de http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=561
- HelioEsfera. (11 de Noviembre de 2018). *HelioEsfera*. Obtenido de <https://www.helioesfera.com/como-funciona-un-sistema-fotovoltaico-de-autoconsumo/#>
- Ingemecanica. (2017). *Instalación Solar Fotovoltaica para Vivienda*. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialesemanal/tutorialn192.html>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (Abril de 2020). *INEI*. Obtenido de <http://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/en-las-ultimas-7-decadas-economia-peruana-crecio-a-un-promedio-anual-de-38-12180/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (Enero de 2020). *INEI Instituto Nacional de Estadística e informática*. Obtenido de <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/economia/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2021). *Producto Bruto Interno Trimestral*. Lima.

- IRENA. (2020). *Renewable Power Generation Costs in 2019*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- La Resolución CREG 030. (2018). *Ley de Generación Distribuida. Se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional*. Bogota: Diario Oficial.
- Larson, A. (29 de Abril de 2020). *POWER - Noticias y tecnología para la industria energética global*. Obtenido de <https://www.powermag.com/whats-the-cheapest-new-build-power-technology/>
- Ley N° 20571. (2016). *Reglamento que regula el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales*. Santiago: Diario Oficial de la República de Chile.
- Ley N° 26876. (1997). *Ley antimonopolio y antioligopolio del Sector Eléctrico*. Lima: Diario Oficial El Peruano.
- Ley N° 28832. (2006). *Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica*. Lima: Diario Oficial El Peruano.
- Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica. (Julio de 2006). *Octava disposición complementaria final*. Lima: Diario Oficial El Peruano.
- Ley para asegurar el desarrollo eficiente de la generación eléctrica. (Julio de 2006). *Artículo 1 - Numeral 11*. Lima, Perú: Diario Oficial El Peruano.
- Los verdes - Foro de Ecología Política. (2016). *Renovables. Generación eléctrica distribuida. Energía limpia desde los propios usuarios*. Buenos Aires: Fundación Heinrich Böll Stiftung Conosur.
- Mantilla González, J. M., Duque Daza, C. A., & Galeano Urueña, C. h. (2008). *Análisis del esquema de generación distribuida como una opción para el sistema eléctrico colombiano*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Martín, C. J. (25 de Febrero de 2020). *Las energías renovables baten su récord en México pese a las tensiones con el Gobierno*. pág. 1. Obtenido de https://elpais.com/economia/2020/02/26/actualidad/1582694040_481642.html
- Ministerio de Energía y Minas. (2016). *Plan Energético Nacional 2014 - 2025*. Lima: Diario Oficial El Peruano.
- Ministerio de Energía y Minas. (2020). *Balance Nacional de Energía 2019*. Lima.
- Ministerio de Minas y Energía - Brasil. (2019). *Balance energético Nacional 2019 - Brasil*. Rio de Janeiro: Empresa de pesquisa Energética - EPE.
- N° 064-2010-EM. (2010). *Decreto Supremo que aprueba la Política energética nacional del Perú 2010-2040*. Lima: Diario Oficial El Peruano.

- Norma técnica EM.010. (2006). Instalaciones eléctricas interiores del reglamento nacional de edificaciones. Lima: Diario Oficial El Peruano.
- Osinerghmin. (2016). *La industria de la electricidad en el Perú - 25 años de aportes al crecimiento económico del país*. Lima: Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú.
- Osinerghmin. (2017). *La industria de la energía renovable en el Perú*. Lima: Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú.
- Osinerghmin. (2019). *Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética*. Lima: Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú.
- Osinerghmin. (2019). *Reporte semestral de monitoreo del mercado de electricidad - Primer semestre 2019*. Lima: Gerencia de Políticas y Análisis Económico - GPAE.
- Osinerghmin. (2020). *Reporte semestral de monitoreo del mercado de electricidad - Primer Semestre del 2020*. Lima: Gerencia de Políticas y Análisis Económico - GPAE.
- Osinerghmin. (2021). *Energías Renovables*. Obtenido de Energía Mini Hidráulica: <https://www.osinerghmin.gob.pe/empresas/energias-renovables/energia-mini-hidraulica>
- Osinerghmin. (2021). *Energías Renovables*. Obtenido de Energía Geotérmica: <https://www.osinerghmin.gob.pe/empresas/energias-renovables/energia-geotermica/que-es-la-energia-geotermica>
- Partes del aerogenerador. (08 de 2018). *Portal educativo Partesdel.com*. Obtenido de <https://www.partesdel.com/aerogenerador.html>
- Planas Marti, M. A., & Cárdenas, J. C. (26 de Marzo de 2019). *BID Mejorando vidas*. Obtenido de <https://blogs.iadb.org/energia/es/la-matriz-energetica-de-colombia-se-renueva/>
- Protermo Solar. (2018). *Protermo Solar*. Obtenido de <https://www.protermosolar.com/la-energia-termosolar/que-es-tipos-de-plantas-beneficios/>
- Ramos, E. (2020). La generación distribuida: El camino hacia la producción descentralizada y pautas para su reglamentación. *FORSETI Revista de Derecho, Volumen 8*(N° 11), pp 07 - 35.
- Redacción APD. (25 de Julio de 2019). *Asociación para el Progreso de la Dirección*. Obtenido de <https://www.apd.es/economias-y-deseconomias-de-escala/>
- Reyes, P. (07 de Marzo de 2018). *ANALYTICA* . Obtenido de Inteligencia económica estrategias de negocio: <https://www.analytica.com.do/2018/03/concentracion-de-mercado/>

- Risatti, F. (16 de Mayo de 2018). Turbinas para contener una gran crisis. *EL PAÍS*. Obtenido de https://elpais.com/economia/2018/05/16/actualidad/1526486814_344075.html
- Roldán, P. N. (28 de Octubre de 2017). *Economipedia.com*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/coste-medio.html>
- Sanz , D. (21 de Noviembre de 2012). *Energías Renovadas*. Obtenido de <https://energiasrenovadas.com/componentes-de-un-aerogenerador/>
- Tamayo, J. S. (2016). *La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país*. Lima: Osinergmin.
- Tecnalia, L. (2007). *Guía básica de la generación distribuida*. Madrid: Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (FENERCOM).
- Terhune, L. (01 de Noviembre de 2016). *SHARE AMERICA*. Obtenido de <https://share.america.gov/distributed-generation-growing-more-popular/>
- Tirole, J. (1990). *La teoría de la organización industrial*. Barcelo: Ariel Economía.
- United States Environmental Protection Agency. (19 de Enero de 2017). *EPA. United States Environmental Protection Agency*. Obtenido de <https://www.epa.gov/energy/distributed-generation-electricity-and-its-environmental-impacts>