

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

GENERACIÓN DISTRIBUIDA: OPORTUNIDADES Y CONDICIONES PARA SU DESARROLLO EN EL ECUADOR

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA NORMATIVA A NIVEL REGIONAL, INCLUYENDO ASPECTOS TÉCNICOS, ECONÓMICOS Y COMERCIALES, CON ÉNFASIS EN LOS CLIENTES RESIDENCIALES

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

GIOVANNY MAURICIO CATAÑA DÍAZ

giovanny.catana@epn.edu.ec

DIRECTOR: JOSÉ MEDARDO CADENA MOSQUERA

medardo.cadena@epn.edu.ec

DMQ, febrero 2024

CERTIFICACIONES

Yo, Giovanni Mauricio Cataña Díaz declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Giovanni Mauricio Cataña Díaz

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Giovanni Mauricio Cataña Díaz, bajo mi supervisión.

Ing. José Medardo Cadena Mosquera, MBA
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

GIOVANNY MAURICIO CATAÑA DÍAZ

JOSÉ MEDARDO CADENA MOSQUERA

DEDICATORIA

A mis padres, mencionarles que, este logro no es solamente mío, sino también de ustedes. Sin su preocupación, apoyo y consejos en el transcurso de mi vida universitaria, el cumplimiento de este objetivo no hubiera sido posible.

A toda mi familia de “sapitos” que estuvieron en cada proceso de este objetivo cumplido, sé que al igual que mi persona, ellos estarán muy felices por haberme recibido como Ingeniero.

Giovanny

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por siempre escucharme en mis oraciones, y permitirme lograr un objetivo más en mi vida.

Agradezco a mis padres por siempre corregirme, aconsejarme y nunca perder la fe en mí. Esto es gracias a ustedes y les estaré eternamente agradecido por apoyarme a formarme en esta prestigiosa Universidad.

Agradezco a mi hermana Andrea Cataña y su esposo William Acosta, que fueron un pilar fundamental en este proceso, nunca faltó su apoyo y consejos. Lo que siempre llevaré en mi corazón en mi vida personal y profesional.

A ti, Katherine Torres, por siempre confiar en mí, por escucharme y aconsejarme, gracias por darme tranquilidad cada día, lo que me ha permitido cerrar con éxito este capítulo en mi vida.

Agradezco a mi hermana Jacqueline Cataña y su esposo Fausto Gamboa, por su apoyo al inicio de mi carrera universitaria, con conocimientos y consejos. Lo que ha sido un aporte fundamental para lograr este objetivo.

Agradezco a mis amigos, con los que estuvimos en las alegrías y en las tristezas, en el estudio y en la diversión, con los que siempre tuve apoyo y consejo en cada dificultad de la carrera. Sin ellos, esta satisfacción de culminar la carrera no sería lo mismo.

Agradezco a mi tutor Medardo Cadena, por siempre mostrar predisposición para guiarme, a través de su gran experiencia en el tema desarrollado en este trabajo.

Agradezco a los docentes de la Escuela Politécnica Nacional, que con su excelente metodología para dar clases me hicieron amar a la prestigiosa carrera de Ingeniería Eléctrica.

Giovanny

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO	V
RESUMEN.....	VII
ABSTRACT	VIII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo general	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Alcance.....	3
1.4 Marco teórico.....	4
1.4.1 Generación Distribuida	4
1.4.2 Tecnologías de Generación Distribuida	5
1.4.2.1 Mini-Hidráulica	5
1.4.2.2 Eólica	6
1.4.2.3 Solar Fotovoltaica	7
1.4.2.4 Mareomotriz.....	8
1.4.3 Impacto positivo de la Generación Distribuida.....	8
1.4.3.1 Beneficios económicos	9
1.4.3.2 Beneficios técnicos	9
1.4.3.3. Beneficios ambientales	10
1.4.4 Inconvenientes de la implementación de Generación Distribuida	10
1.4.5 Protagonismo del Consumidor Final.....	11
1.4.6 Comercialización de la Generación Distribuida.....	12
1.4.6.1 Medición neta (Net Metering).....	12
1.4.6.2 Facturación neta (Net Billing).....	13
1.4.6.3 Compra total – Venta total	13
1.4.7 Modelos de negocios de generación distribuida	14
2 METODOLOGÍA.....	15
2.1 Situación actual de la Generación Distribuida.....	15
2.1.1 Brasil.....	16
2.1.2 Chile	17

2.1.3 Colombia	18
2.1.4 Uruguay	18
2.1.5 Ecuador	19
2.2 Normativa Vigente.....	20
2.2.1 Brasil.....	20
2.2.2 Chile	20
2.2.3 Colombia	21
2.2.4 Uruguay	21
2.2.5 Ecuador	22
2.3 Especificaciones técnicas de Generación Distribuida (GD).	23
2.3.1 Brasil.....	23
2.3.2 Chile	24
2.3.3 Colombia	24
2.3.4 Uruguay	24
2.3.5 Ecuador	25
2.4 Viabilidad financiera en proyectos de Generación Distribuida (GD).....	27
2.5 Factibilidad de conexión.....	28
2.5.1 Brasil [14].....	29
2.5.2 Chile [15]	29
2.5.3 Colombia	30
2.5.4 Uruguay	31
2.5.5 Ecuador	32
2.6 Incentivos.....	34
2.6.1 Brasil.....	35
2.6.2 Chile	37
2.6.3 Colombia [1] [32].....	38
2.6.4 Uruguay [1] [32]	39
2.6.5 Ecuador	40
3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
3.1 Resultados	41
3.2 Conclusiones.....	46
3.3 Recomendaciones.....	47
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

RESUMEN

El presente trabajo trata sobre el impacto positivo que ha tenido en estos años la generación distribuida, así como el papel protagónico del consumidor final en la incorporación de esta modalidad, la comercialización de excedentes de energía y sus diferentes esquemas de compensación. En la parte medular de este trabajo, se analiza la situación actual de la generación distribuida en América Latina, con un enfoque al avance significativo que ha tenido esta modalidad en Brasil, Chile, Colombia, Uruguay y Ecuador.

Se incluye una investigación y análisis de la normativa vigente países de la región, para identificar elementos comunes en aspectos técnicos, económicos y comerciales, como son: especificaciones técnicas, factibilidad de conexión, e incentivos que contribuyen a la viabilidad financiera. Sobre esta base se realiza un análisis comparativo para identificar barreras y posibles ajustes que puedan ser aplicables a la normativa vigente en el Ecuador, que contribuyan a alcanzar un mayor nivel de desarrollo de generación mediante esta modalidad.

PALABRAS CLAVE: Generación distribuida, consumidor final, energía excedente, viabilidad financiera, factibilidad de conexión, Incentivos.

ABSTRACT

This paper deals with the positive impact that distributed generation has had in recent years, as well as the leading role of the final consumer in the incorporation of this modality, the commercialization of energy surpluses and its different compensation schemes. The main part of this work analyzes the current situation of distributed generation in Latin America, focusing on the significant progress of this modality in Brazil, Chile, Colombia, Uruguay and Ecuador.

It includes a research and analysis of the current regulations in each of the countries mentioned, in order to identify common elements in technical, economic and commercial aspects, such as: technical specifications, connection feasibility, and incentives that contribute to financial viability. On this basis, a comparative analysis is carried out to identify barriers and possible adjustments that may be applicable to the regulations in force in Ecuador, which contribute to achieve a higher level of development of distributed generation.

KEYWORDS: Distributed generation, final consumer, surplus energy, financial viability, connection feasibility, incentives.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

Según datos del Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP), a fines del 2022 se ha identificado una capacidad instalada de 21.4 [GW] de Generación Distribuida en América Latina y el Caribe, de los cuales un 99% corresponde a energía solar fotovoltaica.

Al año 2022, del 99% correspondiente a energía solar fotovoltaica mencionado anteriormente, el 46% corresponde a generación distribuida, a comparación del año 2021, donde apenas el 38% de la energía solar fotovoltaica correspondía a esta modalidad. Según datos de la Agencia Internacional de Energías Renovables, IRENA, energía solar fotovoltaica en la región se ha incrementado en un promedio del 61% en cada año desde 2013 hasta 2022, mientras que la generación distribuida correspondiente a energía solar fotovoltaica presentó un crecimiento promedio del 92% en el mismo periodo [1].

Al cierre del año 2022 se evidencia que el sector residencial es el líder en la incorporación de generación distribuida en la región, con un 49% de la capacidad total instalada, incrementando en un 5% en comparación con el año 2021 [1].

La transición energética resulta importante por el incremento permanente de la demanda energética, la tendencia hacia la movilidad eléctrica, la digitalización, redes inteligentes, entre otras actividades que serán exigencias que tendrán que enfrentarse a mediano o largo plazo los sistemas eléctricos de cada región. También radica su importancia en lograr una concientización ambiental, al tomar acciones con la mitigación de gases de efecto invernadero.

Para facilitar la incorporación de generación distribuida, es necesario incentivar al desarrollo de regulaciones flexibles, ágiles e innovadoras, para promover el despliegue y desarrollo de esta tecnología.

En Ecuador, el desarrollo de la generación distribuida es incipiente, al margen de algunos avances en materia normativa, como son las regulaciones Nro. ARCERNNR-001/2021, Nro. ARCERNNR-002/2021, y la reciente Regulación ARCERNNR-008/23. Por otra parte, las reformas a la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE) emitidas mediante Decreto Ejecutivo No. 239 en octubre de 2021 (cuyo artículo 6 reforma

el numeral 24 del reglamento), amplían el espacio del reglamento anterior, para que los consumidores regulados, grandes consumidores y consumos propios de los Autogeneradores puedan instalar, para su autoabastecimiento, sistemas de generación distribuida mediante energías renovables, pudiendo inyectar excedentes a la red eléctrica de distribución, a cambio de una compensación a establecerse vía regulación.

A pesar del poco tiempo transcurrido desde la vigencia de esta normativa, resulta importante evaluar su impacto y los avances que reporta la generación distribuida en nuestro país, para lo cual resulta necesario investigar la situación actual en cuanto a capacidad instalada en generación distribuida.

En forma complementaria, es necesario analizar si la normativa vigente y las condiciones de entorno, matizadas principalmente por las tarifas vigentes en el Ecuador y ciertos beneficios de tipo arancelario y tributario, son suficientes para que los actores a los que se en el Reglamento a la LOSPEE en el artículo 24 (consumidores regulados, grandes consumidores y consumos propios de los autogeneradores), encuentren en la generación distribuida una opción viable para el autoabastecimiento y reducción de costos de energía mediante incentivos. Este análisis se verá enriquecido con un estudio comparativo a nivel regional, para identificar posibles barreras aún no visibilizadas, que no permiten o no generan los incentivos suficientes para que los actores opten por esta alternativa.

1.1 Objetivo general

Realizar un estudio comparativo de la normativa sobre Generación Distribuida vigente en algunos países de América Latina y en el Ecuador, considerando aspectos técnicos, económicos y comerciales, con enfoque hacia los clientes residenciales.

1.2 Objetivos específicos

2. Identificar la normativa sobre Generación Distribuida que rige en Ecuador y en varios países de América Latina.
3. Realizar un análisis comparativo de la normativa vigente en Ecuador y los países de América Latina que evidencian un mayor desarrollo en la incorporación de Generación Distribuida a nivel de clientes residenciales, considerando aspectos técnicos, económicos y comerciales.

4. Identificar barreras y posibles ajustes de la normativa vigente en el Ecuador que permitan un mayor nivel de desarrollo de la generación distribuida.

1.3 Alcance

El proyecto propuesto se enfoca en realizar un diagnóstico a la normativa vigente en el Ecuador aplicable para la generación distribuida, considerando aspectos técnicos, económicos y comerciales. También busca realizar un análisis comparativo con las normativas de cuatro países de América Latina que evidencian un mayor desarrollo en la incorporación de generación distribuida y un mayor nivel de experiencia en regulación de energías renovables no convencionales con el fin de identificar aspectos relevantes que nos permitan determinar las potenciales barreras y los posibles ajustes que podrían implementarse en la normativa vigente en el Ecuador.

Este diagnóstico y análisis comparativo estará enfocado en clientes residenciales, que se espera adquieran un rol protagónico en la incorporación de energías renovables. Para el análisis comparativo se han considerado a países de la región: Brasil, Chile, Colombia y Uruguay, que reportan una importante penetración de generación distribuida en los últimos años, con una capacidad instalada de 8.75 [GW] aproximadamente.

Los países seleccionados se caracterizan por su fortaleza a nivel institucional y una trayectoria destacable a nivel normativo (cabe señalar que estos países tomaron como referencia normativa de países europeos que son pioneros en la incorporación de esta tecnología). Adicionalmente, se trata de países con un alto nivel de irradiación solar que les permite alcanzar un mejor aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Generación Distribuida

Hasta la actualidad no se ha encajado a la generación distribuida en una única definición, ya que, en las publicaciones existentes al respecto, incluyendo a las empleadas en este trabajo, guardan similitud, pero a su vez difieren en ciertos aspectos. Esta definición puede diferir según su potencia de generación, ubicación, o incluso el tipo de tecnología. Lo que está claro, es que, la generación distribuida es aquella que se encuentra cerca del consumidor, es decir, en la zona residencial. A diferencia de la generación convencional que se encuentra muy lejana del consumidor.



Figura 1. Transición a generación distribuida mediante energías renovables [2]

A continuación, se presentan algunas de las definiciones de organizaciones que son referentes a nivel internacional para este tipo de tecnología [3].

El Consejo Internacional sobre Grandes Sistemas Eléctricos (CIGRE) define la generación de autoconsumo como toda generación con capacidad instalada entre 50 MW y 100 MW, no diseñada de forma centralizada y que a su vez se encuentran conectados a la red eléctrica de distribución.

La Agencia Internacional de la Energía (IEA) define la generación distribuida como la generación ubicada en instalaciones del consumidor final o en instalaciones de la empresa

eléctrica distribuidora, que suministra energía directamente al sistema eléctrico de distribución

En síntesis, la Generación Distribuida (GD) se refiere a la generación de pequeña potencia (usualmente menor a 50 MW) que se ubica cerca del consumidor, y que se conecta a la red eléctrica de distribución. Normalmente, parte de esta generación se consume por el sistema y el exceso de energía se exporta a la red eléctrica de distribución.

1.4.2 Tecnologías de Generación Distribuida

A continuación, se proporcionará una breve descripción de las tecnologías de generación distribuida mediante recursos renovables, considerando aquellas que llevan un mayor tiempo en el mercado eléctrico y un alto grado de penetración en la actualidad [3].

1.4.2.1 Mini-Hidráulica

Este tipo de tecnología aprovecha la energía potencial que es transformada en energía cinética en su trayecto por las tuberías desde el lugar donde se encuentre el recurso hídrico hasta la turbina, que mediante su movimiento giratorio nos permitirá generar energía eléctrica. Cabe mencionar que la capacidad instalada de estas minihidráulicas no supera los 10 MW y que la distancia para que el recurso hídrico sea devuelto al río, aguas abajo, no supera el 1 km.

Esta Mini-Hidráulica puede ser de derivación, donde se aprovecha el caudal del río; o de embalse, donde se almacena el agua en una presa para aprovechar el salto de la misma. El elemento protagonista en estas centrales es la turbina, la cual puede ser tipo Pelton, Francis o Kaplan.

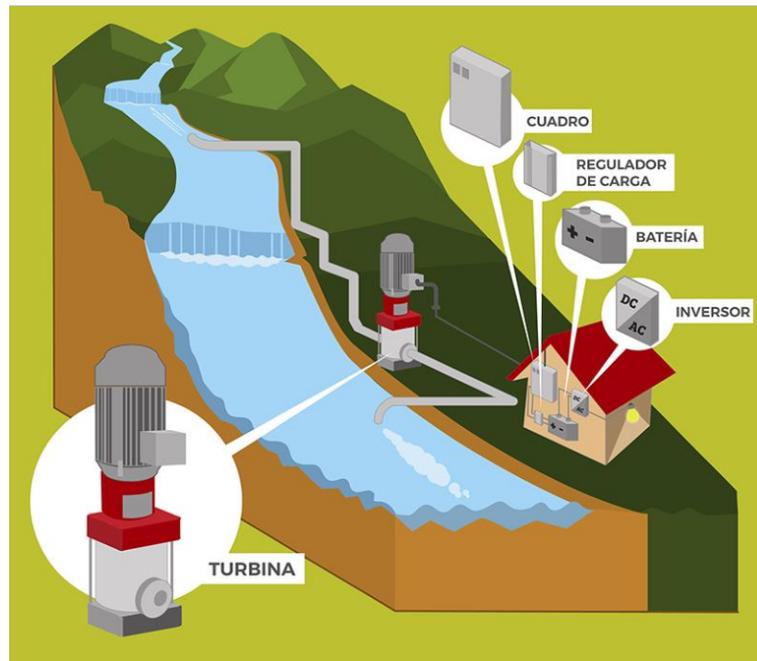


Figura 2. Esquema de mini – central hidráulica [4]

1.4.2.2 Eólica

En este tipo de tecnología, el viento es la principal fuente de energía que, al incidir en las aspas de los aerogeneradores, permite la conversión de energía cinética en energía eléctrica mediante el giro de estas aspas.

Para considerar a esta tecnología como generación distribuida, deberá estar instalada cerca del consumidor que generalmente se encuentra aislado. Al tratarse de una energía renovable, empieza a ser competitiva por su sencillez, pero, por otro lado, existe inconvenientes como el alto costo de inversión inicial, además de la irregularidad de la fuente primaria (viento), así como su impacto ambiental.

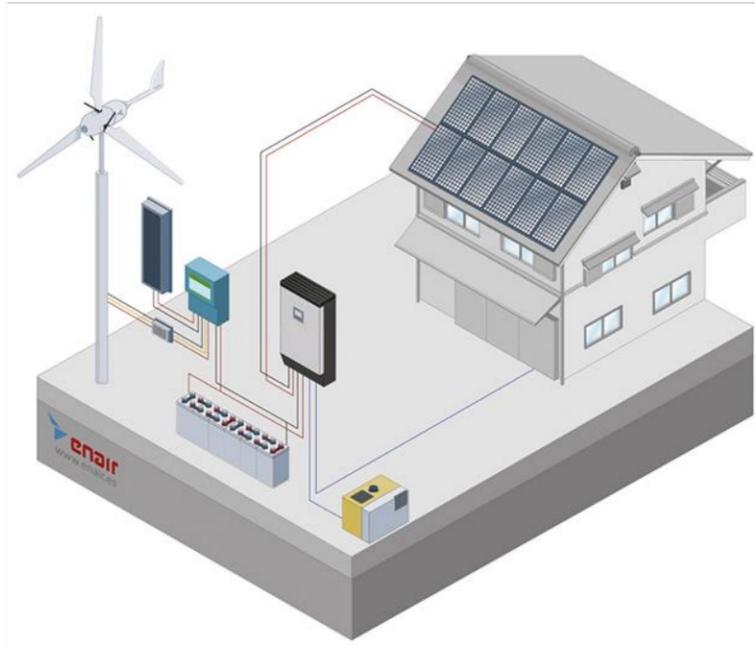


Figura 3. Esquema de Generación Distribuida eólica [5]

1.4.2.3 Solar Fotovoltaica

Este tipo de tecnología se aprovecha la radiación solar, mediante su absorción por medio de células fotovoltaicas, que por el desplazamiento de cargas en el interior de las mismas se puede generar energía eléctrica, cabe mencionar que estas células fotovoltaicas producirán corriente continua, pero que por medio de un inversor podremos transformar a corriente alterna para el consumo.

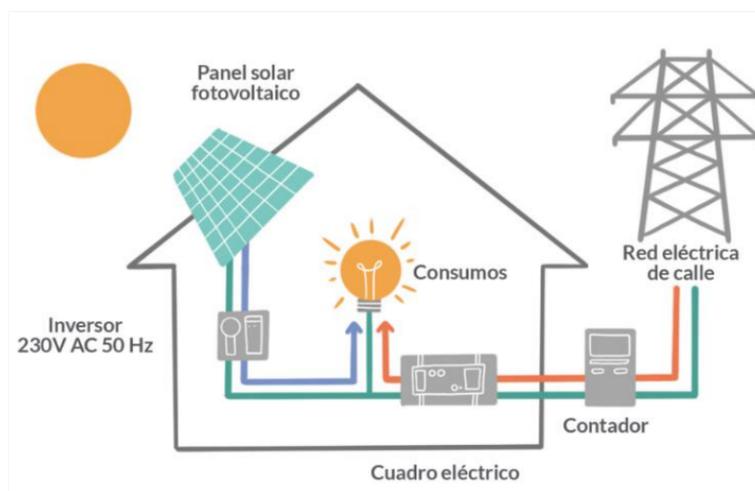


Figura 4. Esquema de Generación Distribuida fotovoltaica [6]

1.4.2.4 Mareomotriz

El movimiento de las olas del mar es la base de esta tecnología, ya que, utiliza el ascenso y descenso del nivel del mar para producir energía mareomotriz mediante turbinas que se encuentran situadas en diferentes puntos a la costa del mar. Cabe mencionar que este tipo de tecnología, debido a su alto costo de inversión, es viable para mareas altas.

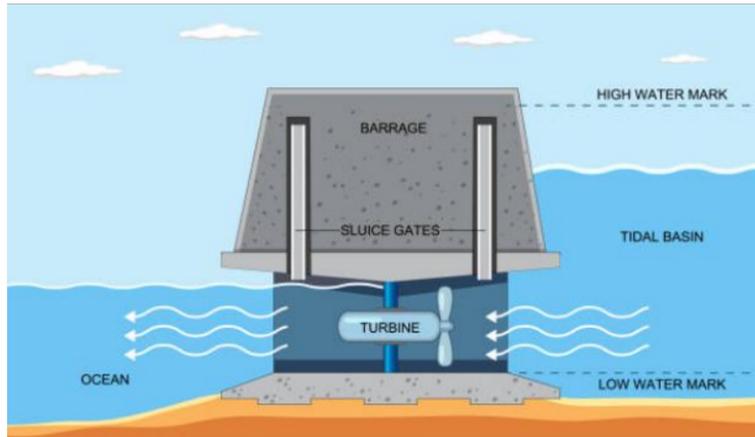


Figura 5. Esquema de Generación mareomotriz [7]

1.4.3 Impacto positivo de la Generación Distribuida (GD).

El principal beneficio de la generación distribuida lo evidencia el consumidor final, ya que le permite autoadministrar su demanda eléctrica, con un ahorro de energía y de dinero a la vez, logrando una mayor independencia del mercado energético. Al adoptar esta modalidad, se promueve la economía y la creación de empleos, al mismo tiempo que se fomenta la educación energética, fundamental para un uso responsable y eficiente de la energía eléctrica. [8].

La generación distribuida beneficia al sistema eléctrico, ya que con esta modalidad se mejora la estabilidad del mismo. La cercanía entre la generación y el consumidor también permite reducir las pérdidas de energía eléctrica en las líneas de transmisión. Esta modalidad nos ofrece una alternativa para retardar futuras inversiones en la infraestructura eléctrica, ya que a una mayor demanda se requiere de una repotenciación de ciertas áreas del sistema eléctrico, y que, al lograr una mayor independencia en el consumidor, lograremos reducir esa demanda energética [1].

La generación distribuida de fuentes renovables reemplaza la generación convencional y logra reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la disminución de afecciones a la salud asociadas con la contaminación atmosférica. [3] [8].

1.4.3.1 Beneficios económicos

- **Reducción de costos.** – La generación distribuida reduce costos al crear nuevas líneas de transmisión o repotenciarlas, así como los costos de operación y mantenimiento.
- **Incremento de la seguridad energética.** – La implementación de generación distribuida mitiga considerablemente los posibles desbalances entre la oferta de energía eléctrica y su demanda.
- **Menor costo de producción.** – Esta modalidad permitirá tener energía eléctrica a menor costo, lo que permitirá que el sector industrial reduzca sus costos de producción y con ello aumentar su eficiencia. Además, el sector residencial evidenciará una reducción en el precio del consumo de energía eléctrica.

1.4.3.2 Beneficios técnicos

- **Reducción de pérdidas técnicas.** – Al encontrarse en ubicaciones aledañas, la generación distribuida reduce significativamente la necesidad de importar energía eléctrica de otras partes del país para satisfacer la demanda, lo que reduce las pérdidas asociadas con la transmisión de energía a largas distancias.
- **Estabilidad en el sistema.** – La compensación de potencia activa y reactiva mejora la estabilidad del sistema y mejora los perfiles de voltaje del sistema, además de reducir las pérdidas de energía eléctrica.
- **Mejor perfil de voltaje.** - En cada nodo del alimentador, los voltajes tenderán a subir, ya que la corriente que proviene desde una subestación hacia la demanda, disminuirá. Esto se puede lograr mediante la integración de uno o más sistemas de generación distribuida.

- **Confiabilidad en el sistema.** – El alivio de la carga en los alimentadores y la incorporación de la generación distribuida mejoran la confiabilidad del sistema eléctrico y reducen la probabilidad de fallas en las líneas de transmisión. Para el mercado eléctrico y en especial para las empresas eléctricas distribuidoras, este aspecto resulta interesante, ya que, al disminuir los valores de energía no suministrada (ENS), aumentará el valor de energía facturada.

1.4.3.3. Beneficios ambientales

- Mitigación de las emisiones de azufre, dióxido de carbono y monóxido de carbono.
- Descarbonización del sistema y transición a proyectos de generación distribuida con fuentes renovables.
- Ampliar la cobertura de abastecimiento de energía eléctrica a áreas rurales o remotas a través de un sistema de generación distribuido fácilmente adaptable a las condiciones del lugar.

1.4.4 Inconvenientes de la implementación de Generación Distribuida

- Al relacionar el grado de penetración con las pérdidas de energía en el sistema, se obtienen curvas tipo U. Lo que nos lleva a la conclusión de que a medida que aumenta el grado de penetración de la Generación Distribuida (GD) podríamos llegar a un punto donde las pérdidas de energía sean relativamente altas, mismo efecto que se puede evidenciar con la alta penetración de Generación Distribuida (GD) eólica [9].

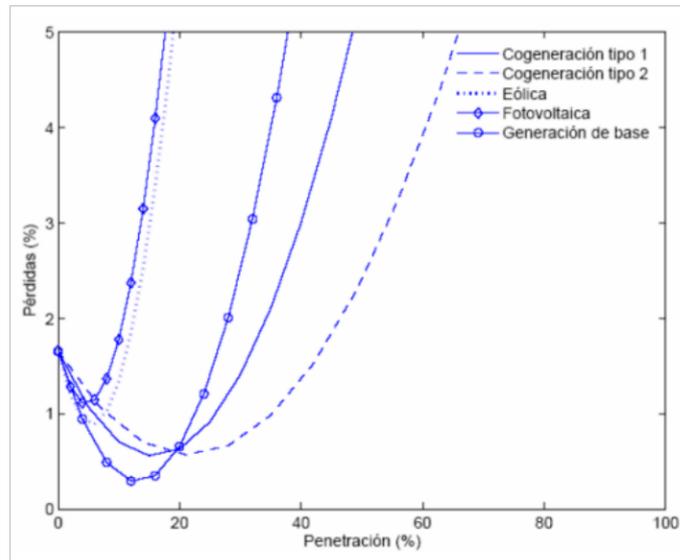


Figura 6. Curvas tipo U [9]

- La incorporación de nuevos sistemas de generación distribuida conlleva la presencia de componentes electrónicos como, por ejemplo, los inversores que inyectarán corrientes armónicas al sistema pudiendo ocasionar daños en los equipos. Mediante un buen diseño de un filtro de armónicos se podrán evitar estos problemas.
- La alta penetración de generación distribuida puede modificar la potencia de cortocircuito en cada nodo, donde la corriente de falla es resultante de los aportes de todos los generadores del sistema, donde se considerará también la generación distribuida. Esto afecta directamente al sistema de protecciones, que, en caso de ser necesario, debería ser recalibrado mediante una nueva coordinación con nuevos tiempos de operación para nuevos valores de corriente de falla.

1.4.5 Protagonismo del Consumidor Final

La incorporación de la generación distribuida ha permitido que los consumidores finales participen activamente en el mercado eléctrico, ya que pueden inyectar los excedentes de energía a la red eléctrica de distribución, que con incentivos económicos será convenientemente compensado, y con ello aportar a los beneficios mencionados en el subtema anterior.

Cabe mencionar que el consumidor final, representa más del 80% de la demanda energética, lo que le permite tener un papel protagónico en la participación energética, no solamente autoadministrando su energía eléctrica, sino también colaborando a mejorar los perfiles de estabilidad y de calidad de energía eléctrica, todo esto debido a que aporta al incremento de capacidad instalada de generación en el sistema eléctrico [1].

1.4.6 Comercialización de la Generación Distribuida

Como se mencionó anteriormente, el consumidor tiene la opción de inyectar excedentes de energía a la red eléctrica de distribución provenientes de su sistema, para lo que existe diferentes esquemas de incentivos económicos con la finalidad de remunerar adecuadamente al consumidor final, los cuales se detalla a continuación [1]:

1.4.6.1 Medición neta (Net Metering)

En este esquema, el exceso de energía se inyecta en la red de distribución y es remunerada al mismo precio que la tarifa de consumo [1]. El cliente residencial puede conectar su sistema fotovoltaico a la red eléctrica de distribución a través de este esquema de interconexión mediante un medidor bidireccional. Este medidor puede medir la energía inyectada a la red de distribución, así como la energía consumida por el usuario cuando su sistema fotovoltaico no genera energía eléctrica, como puede ser en las noches. Y si el usuario consume más energía de la que genera su sistema, solo deberá pagar la diferencia entre la energía consumida por el usuario y la que se inyecta a la red. [10].

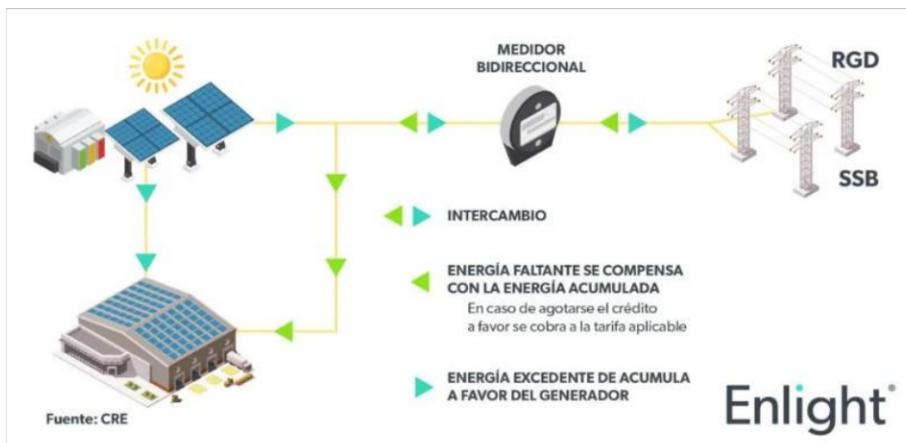


Figura 7. Esquema de Medición Neta [10]

1.4.6.2 Facturación neta (Net Billing)

En el sistema de facturación neta, el consumidor envía la energía excedente a la red eléctrica y recibe créditos por esa energía enviada. Estos créditos pueden ser utilizados para compensar la energía consumida de la red eléctrica en momentos en los que la generación local no es suficiente para cubrir la demanda, como en horas nocturnas o cuando la demanda es alta. [1].

La valoración económica de la energía entregada y energía recibida depende de los precios vigentes en los diferentes períodos horarios. Por lo que podríamos concluir que el esquema de medición neta presenta dos ventajas sobre el esquema de facturación neta: la primera es que la energía vale más, y la segunda es que en el esquema de facturación neta se requiere un mayor conocimiento del mercado eléctrico, conocimiento que no necesariamente está al alcance de un usuario residencial o industrial [10].

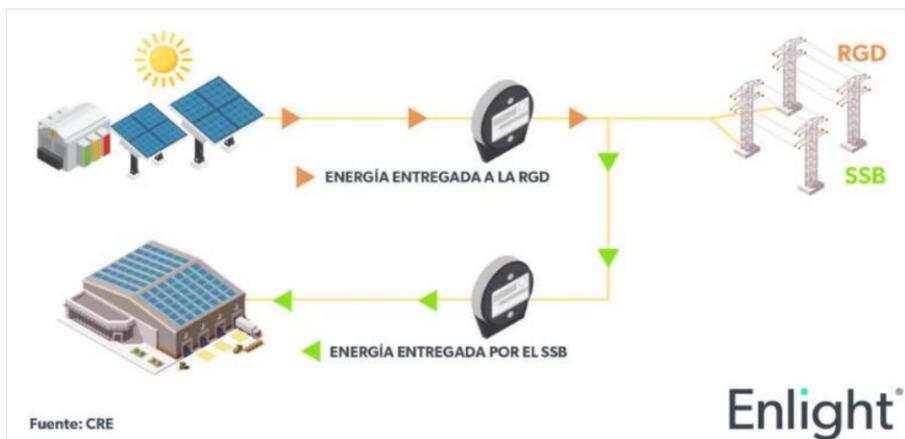


Figura 8. Esquema de Facturación Neta [10]

1.4.6.3 Compra total – Venta total

En este esquema toda la energía eléctrica generada por el sistema es inyectada a la red eléctrica de distribución, aquí no existe autoconsumo, ya que el mismo es abastecido por la red de distribución [1]. En este esquema, al inyectar toda la energía eléctrica generada por el sistema, se vende en su totalidad a la empresa distribuidora a un valor con la misma consideración que el esquema de facturación neta, por lo que resulta ser poca atractiva económicamente para el usuario, ya que, a pesar de generar ingresos por la venta de energía generada por su sistema, el costo de inversión del mismo se recuperaría después de algunos años [10].



Figura 9. Esquema de Compra total – Venta total [10]

1.4.7 Modelos de negocios de generación distribuida

En el sistema eléctrico, la implementación de la generación distribuida puede generar no solo beneficios económicos, sino también una mejora en la calidad del servicio eléctrico y beneficios ambientales. Internacionalmente, se aplican tres modelos de negocios que se muestran a continuación [11]:

- a) Las empresas eléctricas son propietarias de las instalaciones de generación distribuida, por lo que se encargan de su instalación, operación y mantenimiento. Sin embargo, como estos espacios son propiedad de clientes residenciales, los clientes deben pagar un alquiler por ellos. La empresa eléctrica controla toda la energía que ingresa a la red en este modelo comercial.
- b) Debido a los altos costos de inversión inicial de esta tecnología, las empresas eléctricas financian estos sistemas de generación distribuidos para clientes residenciales. Como se explica en el apartado 1.4.5 de este modelo de negocio, el cliente residencial se autoabastece de energía y la energía excedente se inyecta a la red con una compensación económica.
- c) Las empresas eléctricas compran energía a terceros con la finalidad de revenderla a los consumidores, de esta forma se evita cualquier relación entre la empresa eléctrica y el cliente residencial.

2 METODOLOGÍA

Para este trabajo, se empleará un enfoque cualitativo, lo que nos permitirá acceder a información legal y documental para recopilar información con el fin de proporcionar un nuevo análisis con un diagnóstico oportuno de la normativa vigente en Ecuador y la de países referentes en la incorporación de Generación Distribuida como: Brasil, Chile, Colombia y Uruguay. Además, se complementa con un método comparativo, tomando en cuenta la situación actual y la normativa energética vigente en Ecuador, como a nivel de América Latina, con la finalidad de identificar barreras y posibles ajustes a la normativa energética de esta tecnología en Ecuador.

En el presente capítulo se detallará el desarrollo de la Generación distribuida, así como, la normativa vigente a nivel residencial en Ecuador, Brasil, Chile, Colombia y Uruguay. Además, se presentará un cuadro comparativo de la normativa vigente en Ecuador y los países de la región, que evidencian un mayor desarrollo en la incorporación de Generación Distribuida a nivel de clientes residenciales, considerando aspectos técnicos, económicos y comerciales.

Esto se llevará a cabo en los siguientes pasos: En primer lugar, se analizará y describirá el desarrollo de la generación distribuida, así como las regulaciones y normativas vigentes sobre la generación distribuida en los países mencionados. En la siguiente fase, se llevará a cabo un análisis comparativo de las regulaciones en Latinoamérica y Ecuador, en el cual se identificarán las fortalezas y debilidades de la normativa actual en Ecuador, además de presentar un cuadro que muestra las barreras y posibles ajustes.

2.1 Situación actual de la Generación Distribuida.

Según datos del Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP), se ha identificado una capacidad instalada de 21.4 [GW] de generación distribuida en la región a fines de 2022. De esta capacidad instalada, el 99% corresponde a energía solar fotovoltaica y el 46% corresponde a la modalidad de generación distribuida. Energía solar fotovoltaica en la región ha aumentado en un promedio del 61% anual desde el 2013 al 2022, mientras que la generación distribuida correspondiente a energía solar fotovoltaica ha aumentado en un promedio del 92% anual en el mismo período, según datos de la Agencia Internacional de Energías Renovables [1].

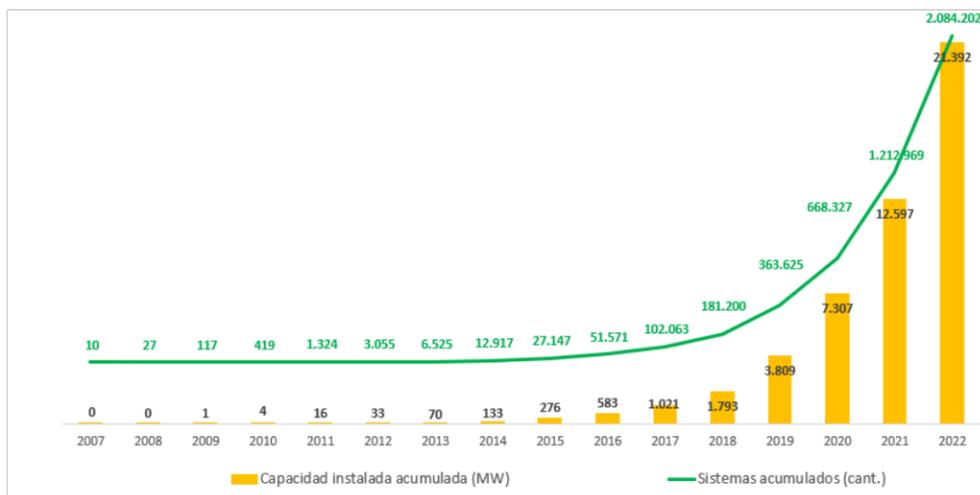


Figura 10. Evolución de la generación distribuida en América Latina y el Caribe [1]

2.1.1 Brasil

En comparación con 2021, la generación distribuida aumentó en un 82%. La capacidad instalada de la generación distribuida alcanzó los 17,36 GW a finales de 2022, del cual el 99 % representa energía solar fotovoltaica. Es importante destacar que esta capacidad de instalación produce alrededor de 24,7 TWh anuales.

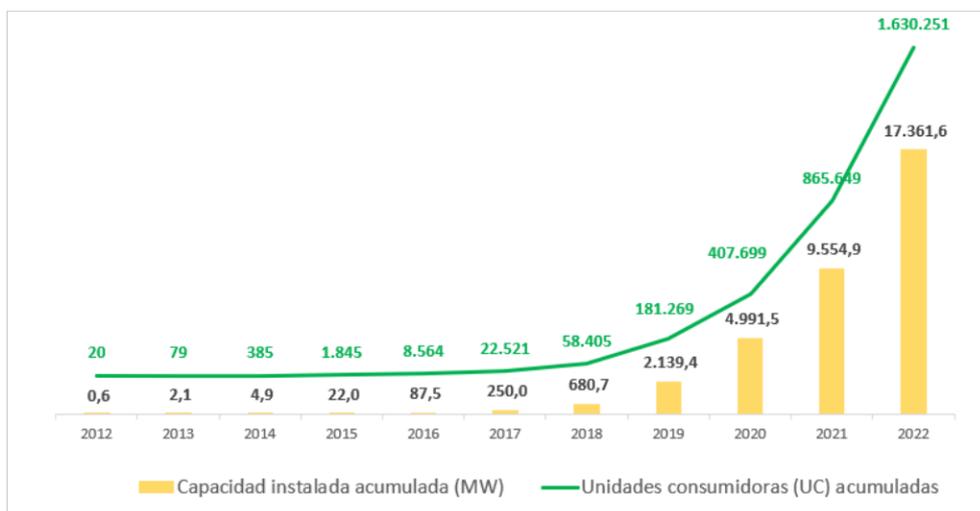


Figura 11. Evolución de la generación distribuida en Brasil [1]

La principal fuente de generación de energía en Brasil es la hidroeléctrica, que representa el 74% de la demanda eléctrica del país. Por otro lado, las energías renovables no convencionales representan el 14%. El hecho de que esta modalidad suministrara el 3.3%

de la demanda eléctrica en un solo día en diciembre de 2022 y el 7.6% de la demanda eléctrica en una sola hora en diciembre de 2023 demuestra el gran momento de la generación distribuida con tecnología fotovoltaica [1].

Brasil se ha convertido en el octavo país en términos de capacidad instalada de generación fotovoltaica. De acuerdo con los datos proporcionados por IRENA, habría superado los 24 GW, mientras que el Ministerio de Minas y Energía estima que podría superar los 26 GW en el año 2023 [12].

2.1.2 Chile

En comparación con 2021, la generación distribuida aumentó en un 50%. El 99.9% de la capacidad instalada de la generación distribuida será solar fotovoltaica a finales del 2022. Es importante destacar que la capacidad instalada en cuestión produce alrededor de 231 GWh anuales.

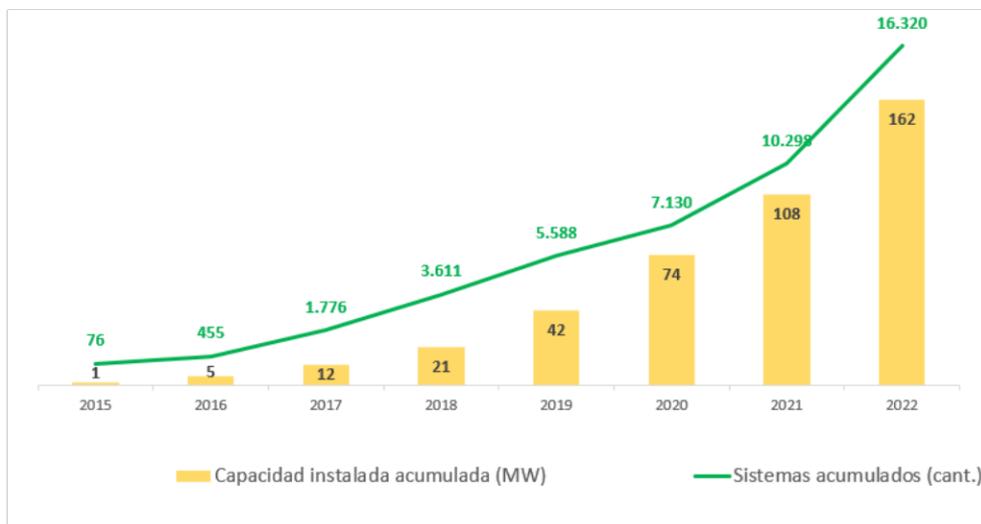


Figura 12. Evolución de la generación distribuida en Chile [1]

Chile reporta un gran avance en la incorporación de generación eléctrica con tecnología renovable no convencional, siendo la participación de esta modalidad del 39% durante el año 2022. Como se mencionó, durante el mismo año hubo un crecimiento del 50% en capacidad instalada en esta modalidad, donde se incorporó 54 MW [1].

El 33% de la capacidad instalada de generación de energía eléctrica se generó a través de fuentes de energía renovable en 2022, lo que significó una mitigación importante en las emisiones de gases de efecto invernadero. De acuerdo con información proporcionada por la Asociación Chilena de Energía Solar, la producción de energía solar a nivel residencial e industrial aumentó en un 56.8% en el mismo año. [12].

2.1.3 Colombia

En comparación con 2021, la generación distribuida aumentó en un 58 %. La capacidad instalada de la generación distribuida alcanzó los 75.7 MW a finales de 2022, del cual el 84% corresponde a energía solar fotovoltaica.

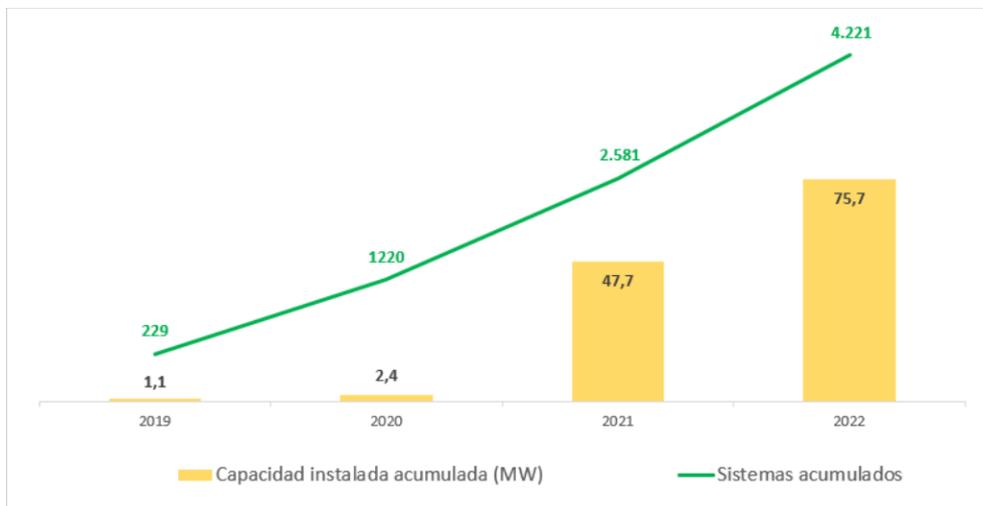


Figura 13. Evolución de la generación distribuida en Colombia [1]

Según el operador del mercado eléctrico, mediante el plan de expansión de la generación eléctrica, para inicios del 2025 entrarían en operación 9.3 GW, de los cuales 7 GW corresponde a proyectos de energía solar fotovoltaica [1]. En el país se inauguró el parque eólico Guajira, el cual aportará con 20 MW de energía al sistema, este proyecto se considera al momento el más grande de Colombia, dicho proyecto cuenta con 10 aerogeneradores [12].

2.1.4 Uruguay

La generación distribuida aumentó en un 25.8% respecto al año 2021. A finales del 2022, la generación distribuida alcanza los 65.4 MW de capacidad instalada, de lo cual el 80% corresponde a energía solar fotovoltaica.

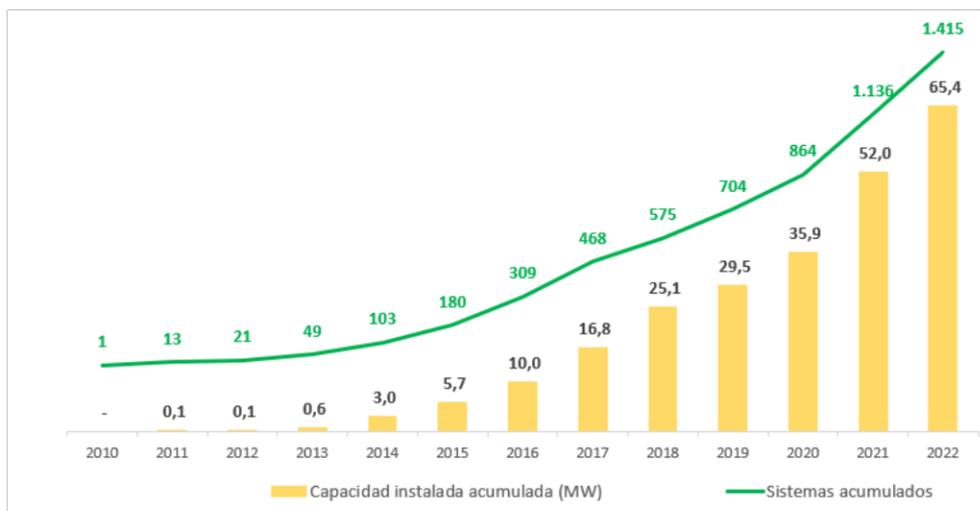


Figura 14. Evolución de la generación distribuida en Uruguay [1]

En el país, la generación distribuida está creciendo a un ritmo constante, con 13.4 MW ingresados al sistema eléctrico en 2022. La mayoría de los 65.4 MW de capacidad instalada de generación distribuida pertenecen a energía solar fotovoltaica, con casi 39 MW. A diferencia del sector residencial, que solo representa el 8% de la capacidad instalada del país, el sector industrial y comercial es el que más participa en estos proyectos de micro generación [1].

2.1.5 Ecuador

En comparación con 2021, la generación distribuida aumentó en un 451,6%. La capacidad instalada de la generación distribuida alcanzó los 17.1 MW a finales de 2022, y el 100% de esta capacidad corresponde a energía solar fotovoltaica. Es importante destacar que la capacidad instalada en cuestión produce alrededor de 21 GWh anuales.

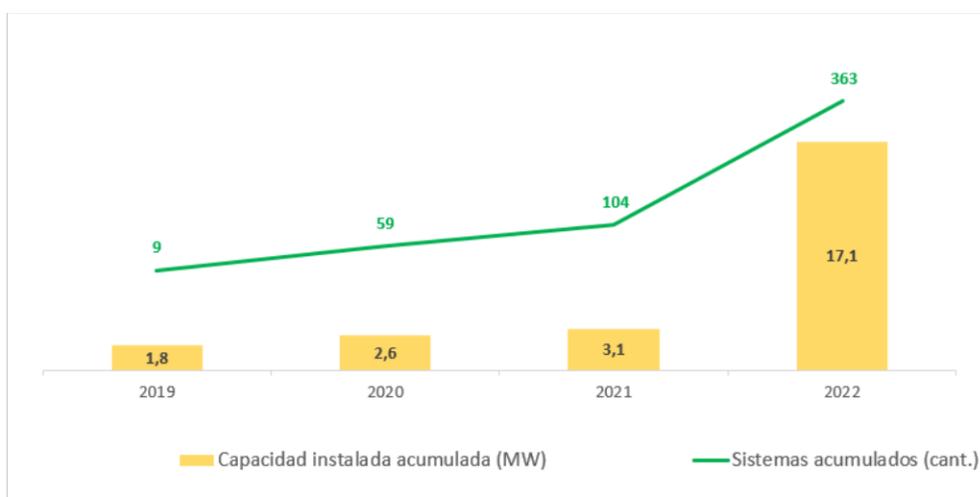


Figura 15. Evolución de la generación distribuida en Ecuador [1]

Al año 2022 se recibieron 685 solicitudes para la factibilidad de conexión de proyectos de generación distribuida, de los cuales han sido aprobados un poco más de la mitad representando una capacidad nominal de 14 MW que se incorporan al sistema eléctrico, de los cuales la mayoría corresponde a energía solar fotovoltaica [1].

2.2 Normativa Vigente.

Hoy en día existe un marco regulatorio en cada uno de los países de la región mencionados en el apartado 2.1, mismo que presenta normas para la instalación, habilitación y puesta en servicio de sistemas de generación distribuida, además incluye estándares técnicos y trámites administrativos. El marco regulatorio se encuentra en constante actualización con la finalidad de adecuarse a los cambios del mercado energético. Es importante destacar que tiene en cuenta los derechos y obligaciones de todas las partes involucradas en el desarrollo de la generación distribuida.

2.2.1 Brasil

Normativa N° 687/2015. – Regulación del sistema de compensación de energía de Micro Generación Distribuida (GD) y Mini Generación Distribuida (GD) mediante fuentes de energía renovables como solar fotovoltaica, biomasa, hidráulica y eólica [13].

Ley N° 14300/2022. – Normativa de transición a la compensación de energía inyectada a la red eléctrica de distribución por sistemas de micro Generación Distribuida (GD) y mini Generación Distribuida (GD). Aquí se establece los requisitos para la implementación de Generación Distribuida [14].

2.2.2 Chile

Ley N° 21.118-2018. – Conocida como la Ley de Net Billing, esta ley permite la autogeneración mediante energías renovables no convencionales con una capacidad instalada de hasta 300 kW, Además, promueve un incentivo a un precio regulado a la venta de energía excedente por parte de los autogeneradores [15].

2.2.3 Colombia

Ley N° 1.715- 2014. – Además de otorgar incentivos fiscales para el uso de fuentes de energía renovables no convencionales, permite que los autogeneradores entreguen energía excedente y otorga a la Comisión de Regulación de Energía y Gas el poder de establecer procedimientos y normas para la conexión, operación y control de la energía eléctrica correspondiente a generación distribuida [16] [17].

Resolución CREG N° 174 - 2021. – Regula la generación distribuida a pequeña escala, define cómo conectarse a la red de distribución y vender excedentes de energía eléctrica [18].

Ley N° 1.955 – 2019. - Incorpora fuentes de energía renovable no convencionales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero [19].

Ley N° 2.099 – 2021. – Incluye una tendencia a mejorar la transición energética a través de un fondo de energías no convencionales y un fondo que promueva nuevas tecnologías de generación de energía eléctrica. Además, se establece los incentivos para los clientes que inviertan en proyectos de generación distribuida [20].

Resolución CREG N° 135 – 2021. – Aquí se describen los requisitos, obligaciones y requisitos de los usuarios residenciales que poseen generación distribuida y que entregan o venden los excedentes de energía a la red eléctrica de distribución [21].

2.2.4 Uruguay

Decreto N° 173 – 2010 – Micro generación. – Establece ciertos requisitos generales para permitir que los consumidores finales utilicen instalaciones de generación distribuida de fuentes renovables, permitiéndoles consumir y entregar energía a la red de distribución [22].

Decreto N° 133 – 2013 – Se da la apertura a empresas interesadas en la generación de energía mediante modalidad solar fotovoltaica a gran escala. Con una potencia máxima de 200 MW [23].

Decreto N° 114 – 2014 – Generación sin inyección. – Permite la generación de energía eléctrica para el autoconsumo, sin inyección de energía excedente a la red de distribución [24].

Ley N° 16.906 – Promoción y Protección de inversiones. – Se promueve incentivos para aquellos proyectos de generación distribuida mediante fuentes renovables [25].

Decreto N° 27 – 2020. – Habilita a los clientes residenciales y comerciales a generar energía a partir de bancos de baterías, sin inyección de energía excedente a la red eléctrica de distribución [26].

2.2.5 Ecuador

Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica (LOSPEE). – Regula la participación del sector público y privado en actividades relacionadas con el servicio eléctrico y fomenta proyectos de energía renovable [27].

Regulación N° ARCERNNR – 01- 2021. – Marco normativo de la generación distribuida con fuentes renovables, para clientes residenciales con una capacidad de hasta 1000 kW. Aquí se establecen los procedimientos para habilitar, conectar, instalar y operar estos sistemas de generación distribuida. Regulación derogada por la regulación 08/23 [28].

Regulación N° ARCERNNR – 02 – 2021. – Se establece condiciones técnicas y comerciales para la operación de centrales de generación distribuida desde 100 kW hasta 10 MW [29].

Regulación N° ARCERNNR – 08 – 2023. – Es una regulación que sustituye a la Regulación N° ARCERNNR – 01- 2021. Aquí se establece un marco normativo para el autoabastecimiento de clientes residenciales regulados mediante generación distribuida, considerando además el mantenimiento de sistemas de generación distribuida y disposiciones para la medición y facturación de la energía eléctrica [30].

2.3 Especificaciones técnicas de Generación Distribuida (GD).

2.3.1 Brasil

La normativa REN N° 687 – 2015, establece un marco regulatorio para la mini y micro generación distribuida, en el cual se indica un límite de capacidad máxima de conexión para cada clasificación de Generación Distribuida (GD), de la siguiente manera [13]:

- Micro generación distribuida hasta 75 kW
- Mini generación hasta 5 MW

Cabe mencionar que la mini y micro generación distribuida puede realizarse mediante los siguientes esquemas: Generación propia, Comunitaria, Condominios y Autoconsumo remoto.

La medición de la energía eléctrica debe realizarse mediante dos medidores unidireccionales o un medidor bidireccional, según lo solicite el propietario. Para la venta, se utiliza una medición neta en la que se elimina la energía consumida junto con la energía inyectada en la red eléctrica de distribución.

A principios del 2022 se establece la Ley N° 14.300, que es complementaria a la normativa anterior, aquí se hace una distinción en el límite de potencia máxima instalada en las dos clasificaciones de generación distribuida de la siguiente manera [14]:

- Micro generación distribuida hasta 75 kW
- Mini generación de 75 kW hasta 3 MW para fuentes sin almacenamiento
- Mini generación de 3 MW hasta 5 MW para fuentes con almacenamiento

Otra de las diferencias de la ley N° 14.300 a comparación de la normativa N° 687 – 2015, es el método de comercialización de la energía, ya que, se lo hace mediante facturación neta, donde la remuneración se lo hace a un menor precio de la tarifa de consumo, en este caso sin considerar los impuestos y la tarifa de uso del sistema de distribución.

2.3.2 Chile

La Ley N° 21.118 – 2018, establece un límite de potencia máxima instalada de hasta 300 kW con un sistema de comercialización de facturación neta, donde la energía excedente se remunera a un menor precio de la tarifa de consumo en el mes en el cual se realizó la inyección de este excedente, que en caso de existir un saldo a favor del consumidor, se realizara el descuento en las facturas de los siguientes meses; y en caso de no poder ser descontado en las facturas en el consumidor final, se realizará un pago [15].

La medición de energía eléctrica debe ser mediante un medidor bidireccional, y cabe mencionar que en esta ley se habilita la conexión de sistemas comunitarios y modalidad remota.

2.3.3 Colombia

Mediante la ley N° 1.715 – 2014 y la resolución N° 281 – 2015, se clasifica las instalaciones de generación distribuida de la siguiente manera [16] [31]:

- Autogeneradores a Gran escala para capacidades mayores a 1 MW
- Autogeneradores a pequeña escala hasta 1 MW
- Generadores distribuidos hasta 1 MW

La medición de energía eléctrica debe ser mediante un medidor bidireccional, con un sistema de comercialización de medición neta para sistemas de hasta 100 kW y facturación neta para sistemas mayores a 100 kW, en este caso, para sistemas mayores a 100 kW se realiza un descuento por comercialización, cargos de transporte, distribución y pérdidas de energía.

2.3.4 Uruguay

Según el Decreto N° 173 de 2010, la capacidad máxima de conexión debe ser igual o inferior al consumo anual del usuario final. Por lo tanto, la generación de energía anual también debe ser igual o inferior al consumo anual del usuario final. Para voltajes de 230 V y 400 V, la micro generación tiene una potencia máxima de 100 kW y 150 kW respectivamente. [22].

Como la empresa distribuidora está obligada a comprar los excedentes de energía eléctrica inyectada a la red eléctrica de distribución al mismo precio que la tarifa de consumo, la medición de energía eléctrica debe realizarse mediante un medidor bidireccional y un sistema de medición neta de comercialización.

2.3.5 Ecuador

La regulación N° ARCERNNR – 01 – 2021, establecía como capacidad máxima de conexión de 1 MW, misma que debía encontrarse en el área de servicio, al igual que la del consumidor. Esta incorporación de generación distribuida podía ser con o sin almacenamiento de energía. Cabe mencionar que se clasificaba en dos tipos de generación distribuida de la siguiente manera [28]:

- Sistemas de Generación Distribuida (GD) ubicados en el mismo inmueble del consumidor final
- Sistemas de Generación Distribuida (GD) ubicados en diferentes inmuebles conectados a la red eléctrica de distribución.

La medición de energía eléctrica debía ser mediante un medidor bidireccional para sistemas que se encuentran en el mismo inmueble o dos medidores unidireccionales para sistemas que se encuentran en diferentes ubicaciones, esto mediante un sistema de comercialización de medición neta, que, en caso de existir un saldo a favor del consumidor, se realizaba un descuento en las facturas de los siguientes meses.

Resulta importante mencionar que la regulación 01/21 fue derogada mientras se desarrollaba el presente Trabajo de Integración Curricular

La regulación N° ARCERNNR – 08 – 2023 establece como capacidad máxima de conexión según las siguientes condiciones [30]:

- Si no hay inyección de energía excedente a la red, la potencia máxima del sistema será limitada por la máxima potencia consumida registrada por el consumidor
- Si hay inyección de energía excedente a la red, la potencia máxima del sistema será de 2 MW.

Además, se establece que el sistema de Generación Distribuida (GD) debe encontrarse en la misma área de servicio del consumidor, con opción al almacenamiento de energía, considerando que este almacenamiento debe ser cargado por la misma energía del sistema implementado, mas no por la red de distribución [30].

Esta regulación también indica las siguientes modalidades para el autoabastecimiento mediante generación distribuida.

- **Individual local.** – tanto el sistema como el consumidor se encuentran en el mismo inmueble
- **Múltiple local.** - tanto el sistema como el consumidor se encuentran en el mismo inmueble en condominio
- **Individual remoto.** – El sistema y el consumidor se encuentran en diferentes inmuebles.
- **Múltiple remoto con consumidores concentrados.** - Los consumidores y el sistema no están en el mismo inmueble. Cuando los clientes viven en un mismo edificio o condominio.
- **Múltiple remoto con consumidores dispersos.** - Los consumidores y el sistema no están en el mismo inmueble. Donde los clientes pertenecen a la misma persona jurídica, aunque residen en diferentes propiedades.

Todas estas modalidades deben cumplir con un proceso de habilitación del sistema de Generación Distribuida (GD) ante la empresa distribuidora, indemnizaciones por daños a terceros, obtención de todos los permisos necesarios, una operación segura y confiable de todos los equipos, los requisitos técnicos operativos y obligaciones que se establecen en el contrato de suministro y conexión.

A comparación de la regulación N° ARCERNNR – 01 – 2021, actualmente en la regulación N° ARCERNNR – 08 – 2023 debido a las distintas modalidades de autoabastecimiento se establece un medidor para registrar la energía requerida por cada usuario, un medidor para el registro de energía inyectada por el sistema de Generación Distribuida (GD), y de ser necesario un medidor para el registro del consumo de servicios auxiliares del sistema [30].

Estos medidores deben contar con una calibración inicial de ser necesario, además de una calibración periódica cada 5 años para medidores bidireccionales para sistemas mayores a 12 kW y medidores del sistema de Generación Distribuida (GD) de categoría 2 de modalidades 2a, 2b y 2c [30].

En el caso de un reclamo por medición en controversia por parte del consumidor, o cuando la empresa distribuidora identifique alguna anomalía en los medidores, la empresa distribuidora instalará un medidor temporal calibrado con la finalidad de comparar los valores medidos del medidor averiado con el medidor temporal durante 8 días, y en caso de existir una medición incorrecta, durante los siguientes 10 días la distribuidora deberá reparar o sustituir los componentes causantes de la medición errónea. Los costos por esta reparación o sustitución de componentes deberán ser asumidos por el consumidor al menos que el daño haya sido causado por perturbaciones en la red de distribución [30].

2.4 Viabilidad financiera en proyectos de Generación Distribuida (GD).

La viabilidad financiera de un proyecto de Generación Distribuida (GD) requiere un análisis exhaustivo de los costos y beneficios relacionados con la instalación y operación del sistema, considerando tanto los aspectos financieros como los técnicos. En general se consideran los siguientes aspectos: costos de inversión inicial, costos operativos y de mantenimiento, ingresos generados, ahorros en costos de energía [1].

Para analizar la viabilidad financiera resulta importante considerar el periodo de repago, ya que este es el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial realizada en el proyecto. Cuanto más corto sea este periodo, más rápido se logrará la recuperación de los costos y el proyecto se considerará financieramente más atractivo.

A continuación, basándonos en datos del documento “El Estado de la Generación Distribuida Solar Fotovoltaica en América Latina y El Caribe” presentado por PNUME se presenta un cuadro con los periodos de repago en Brasil, Chile, Colombia, Uruguay y Ecuador [1].

País	Periodo de Repago		
	Sector Residencial	Sector Comercial	Sector Industrial
Brasil	6 años	5 años	5 años
Chile	8 años	6 años	6 años
Colombia	8 años	5 – 4 años	4 – 3 años
Uruguay	7 años	6 años	5 años
Ecuador	7 años	11 años	11 años

Tabla 1. Periodos de repago en América Latina [1]

2.5 Factibilidad de conexión.

La posibilidad de conectar un sistema de generación distribuida a una red de distribución se conoce como factibilidad de conexión. Se debe garantizar que el sistema de generación distribuida (GD) pueda conectarse a la red de distribución sin afectar la calidad, la estabilidad y la confiabilidad de la distribución de energía eléctrica, por lo que se tendrá en cuenta la viabilidad técnica de la red de distribución. Como se mencionará en el apartado 2.6, se toman en cuenta los costos asociados con la conexión del sistema de Generación Distribuida (GD) a la red de distribución, así como las tarifas de conexión y los beneficios económicos, como incentivos administrativos, fiscales o financieros, en cuanto a la viabilidad financiera.

En este procedimiento también se considera la viabilidad regulatoria, ya que el proyecto de Generación Distribuida (GD) debe cumplir con todas las regulaciones y normativas locales relacionadas con la GD y la conexión a la red. Además de cumplir con permisos y aprobaciones necesarios para llevar a cabo la conexión del sistema, incluyendo los relacionados con el medio ambiente y la seguridad.

Para la interconexión con la red de distribución se tendrá en cuenta los requisitos técnicos establecidos por las autoridades competentes. La evaluación de los efectos ambientales del proyecto de Generación Distribuida (GD) es crucial en la actualidad., ya que aquí consideraremos aspectos como la ocupación del suelo, la emisión de gases de efecto invernadero y otros efectos relacionados con la generación distribuida.

2.5.1 Brasil [14]

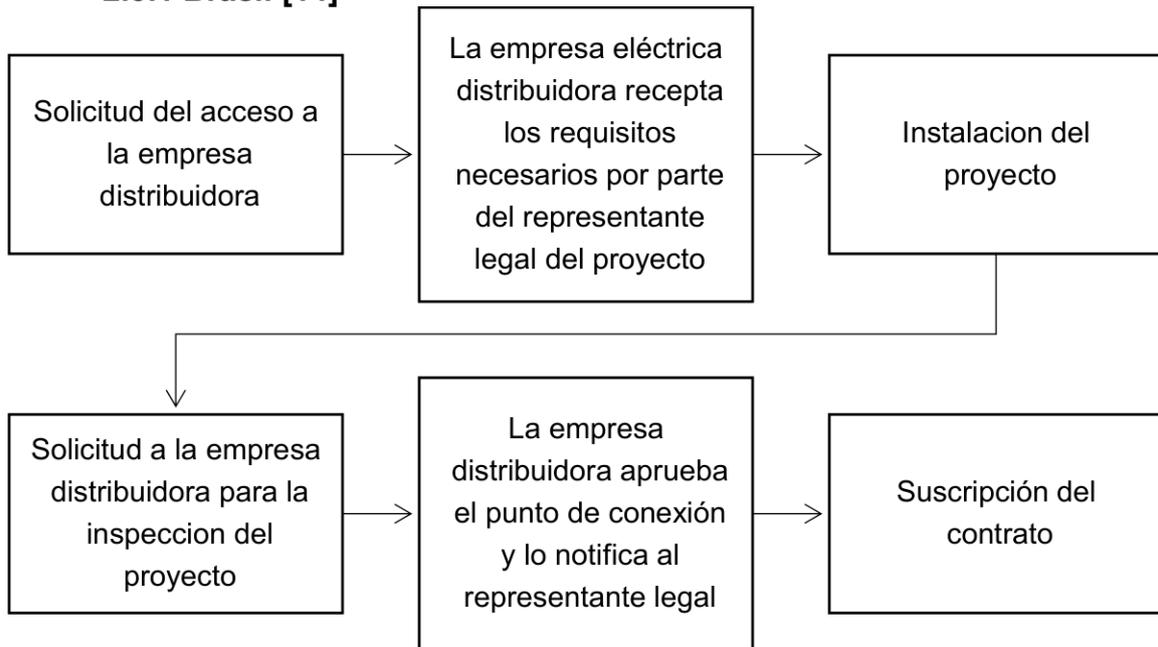


Figura 16. Procedimiento para el acceso a la conexión en Brasil

2.5.2 Chile [15]

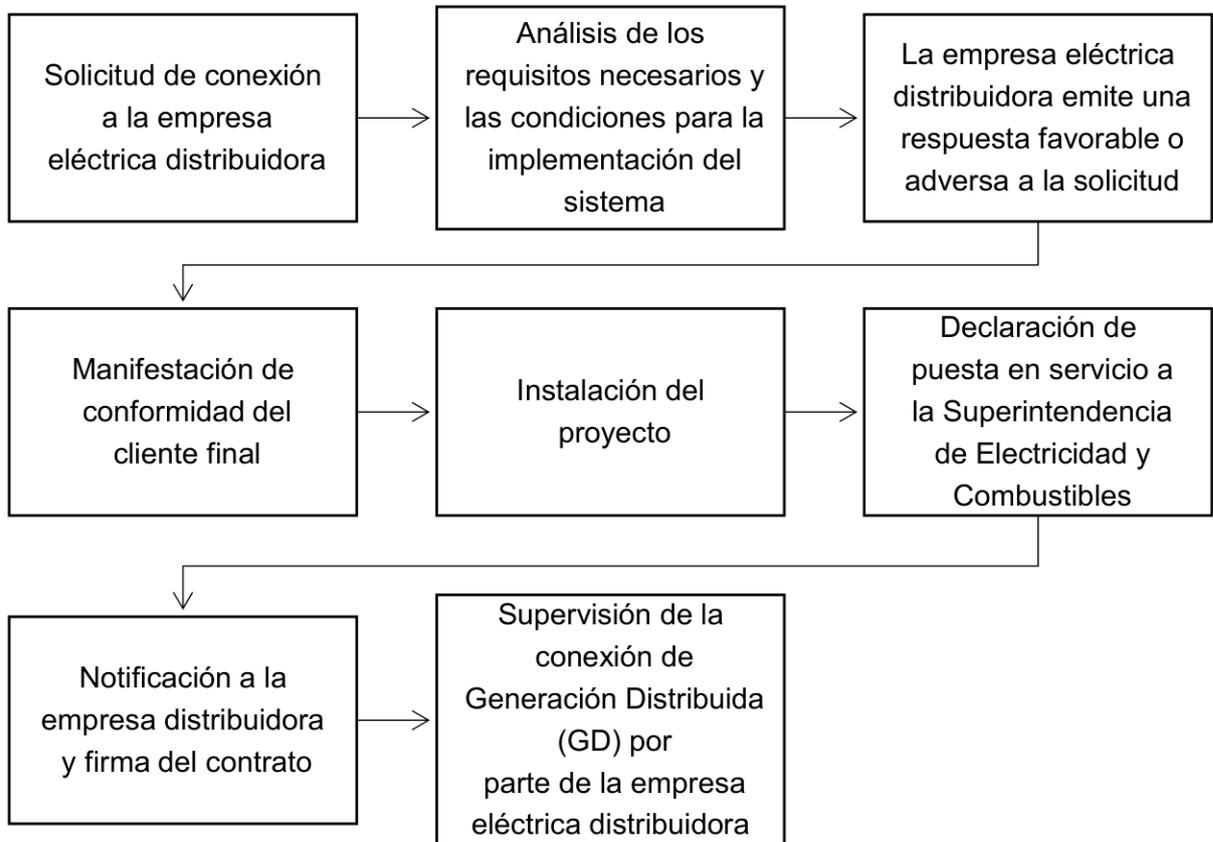


Figura 17. Procedimiento para el acceso a la conexión en Chile

2.5.3 Colombia

Según la resolución 174 – 2021 CREG [18].

Para autogeneradores de pequeña escala con una capacidad instalada mayor a 100 kW realizaran la solicitud de conexión y para autogeneradores de gran escala con una capacidad máxima de instalación de 5 MW realizaran un estudio de conexión simplificado. Se realizará pruebas y verificaciones según la capacidad instalada del sistema.

Para autogeneradores de pequeña escala con una capacidad menor a 10 kW

- ✓ Verificación de parámetros del sistema
- ✓ Verificación de la configuración del sistema
- ✓ Verificación del esquema de protecciones

Para generación de pequeña escala con capacidad de 10 kW a 100 kW

- ✓ Verificación de parámetros del sistema
- ✓ Verificación de la configuración del sistema
- ✓ Pruebas al esquema de protecciones
- ✓ Verificación de tiempos de reconexión

Para generación de pequeña escala con capacidad instalada de 100 kW a 1 MW y para generación de gran escala con capacidad instalada hasta 5 MW, se dispone realizar las pruebas establecidas en el acuerdo del Consejo Nacional de Operación. Según la misma resolución se establece el siguiente procedimiento para la habilitación y certificación de sistemas de generación distribuida [17] [18].

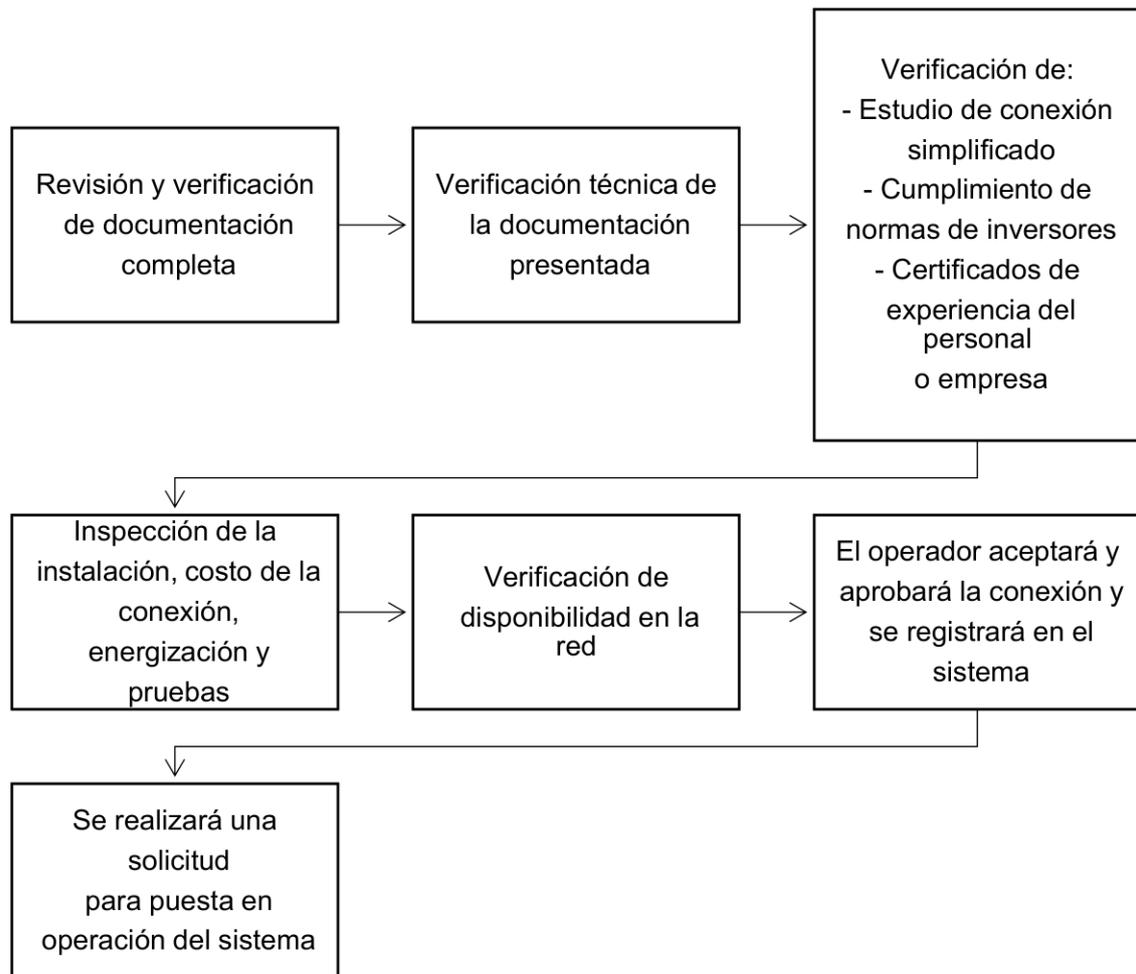


Figura 18. Procedimiento para el acceso a la conexión en Colombia

2.5.4 Uruguay

De acuerdo con el Decreto N° 114/014, se autoriza automáticamente la conexión de sistemas de hasta 150 kW mediante un registro ante la Dirección Nacional de Energía. Este registro debe incluir la identificación del titular y los datos de contacto, la potencia instalada, la fuente primaria y la localización. Para sistemas mayores a 150 kW se deberá realizar el trámite correspondiente para la autorización de conexión, como se indica a continuación [24].

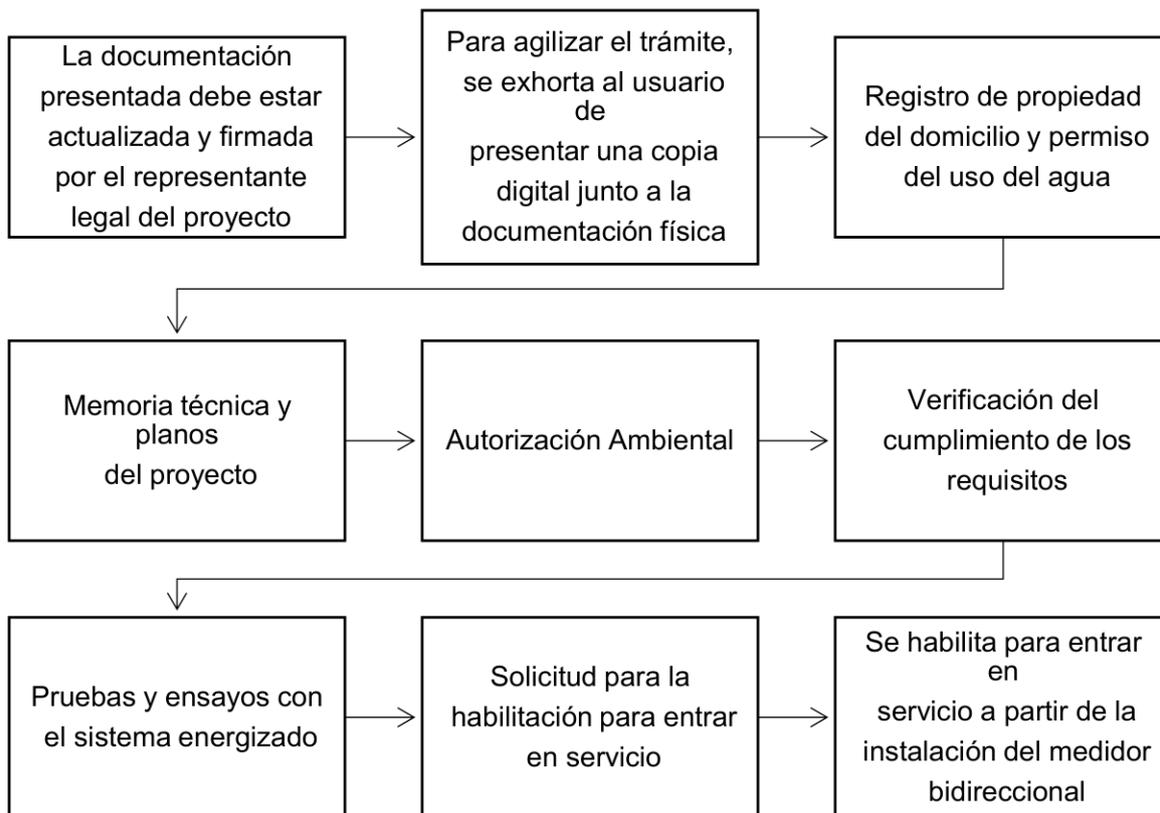


Figura 19. Procedimiento para el acceso a la conexión en Uruguay

2.5.5 Ecuador

Según la regulación N° ARCERNNR – 01 – 2021 [28].

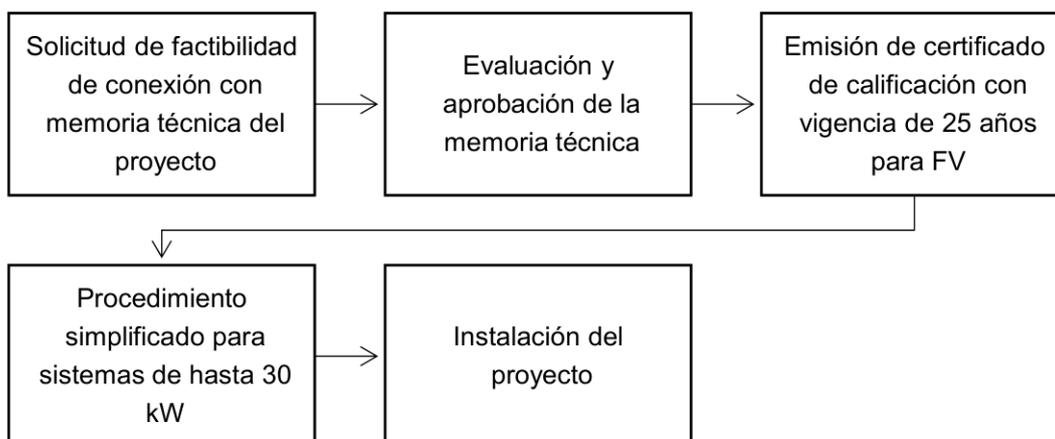


Figura 20. Procedimiento para el acceso a la conexión en Ecuador (Regulación 01/21)

Es importante mencionar que en la memoria técnica deberá incluirse documentación como:

- ✓ Ubicación y verificación de propiedades del predio donde se va a implementar el sistema de Generación Distribuida (GD)
- ✓ Esquema del proyecto y adecuaciones a la red eléctrica de distribución
- ✓ Esquemas de conexión y protección
- ✓ Cronograma para la implementación del proyecto
- ✓ Certificado del uso del agua
- ✓ Certificado de no adeudar con la empresa distribuidora

Según la regulación N° ARCERNNR – 08 – 2023 [30].

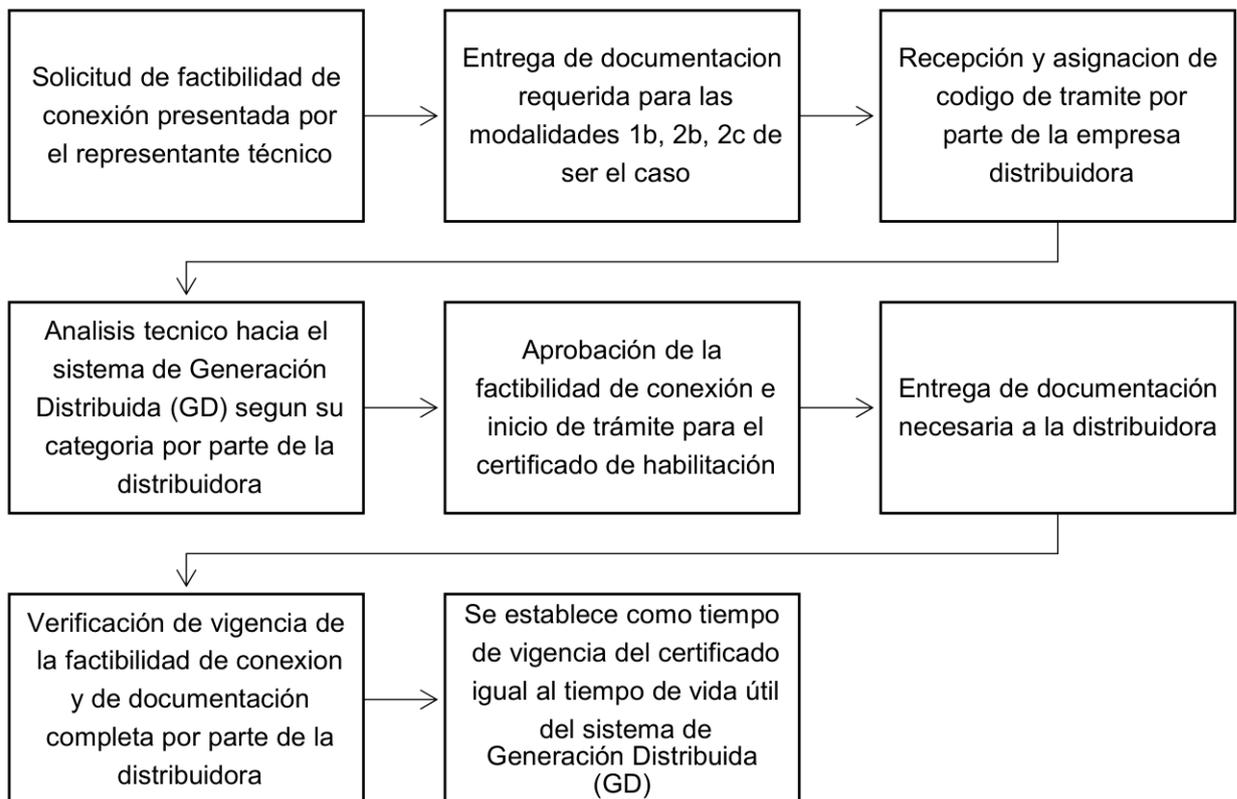


Figura 21. Procedimiento para el acceso a la conexión en Ecuador (Regulación 08/23)

Cabe mencionar que la documentación necesaria para solicitar el certificado de habilitación es lo siguiente [30]:

- ✓ Solicitud de habilitación del sistema de Generación Distribuida (GD)
- ✓ Factibilidad de conexión
- ✓ Localización del inmueble donde se instalará el sistema de Generación Distribuida (GD)
- ✓ Documento de acreditación de la posesión legítima del inmueble
- ✓ Memoria técnica del proyecto
- ✓ Diseño de adecuaciones a la red eléctrica de distribución para la conexión del sistema de Generación Distribuida (GD)
- ✓ Esquema de conexión, seccionamiento y protecciones
- ✓ Cronograma para la implementación del proyecto
- ✓ Autorización del uso del agua
- ✓ Autorización ambiental

2.6 Incentivos.

Los incentivos para la inversión en proyectos de generación distribuida representan ventajas que son otorgadas por el gobierno con el objetivo de atraer la inversión a estos sistemas mediante el cumplimiento de todos los requisitos por parte de los consumidores. Estos incentivos pueden llegar a generar beneficios a corto plazo. Los principales incentivos suelen ser los siguientes:

Incentivos	Contenido
Administrativos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Leyes nacionales a la protección de inversiones ▪ Contratos de estabilidad jurídica ▪ Acuerdos de protección de inversiones ▪ Acuerdos de eliminación de la doble imposición

Tributarios	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Exoneración total o parcial del impuesto sobre la renta ▪ Créditos tributarios sobre el impuesto sobre la renta ▪ Deducciones del valor de la renta imponible ▪ Depreciación acelerada
Financieros	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Subsidios directos ▪ Créditos preferenciales ▪ Garantías de créditos ▪ Seguros preferenciales

Tabla 2. Incentivos a la inversión de proyectos de Generación Distribuida (GD) [32]

En los siguientes países se han creado leyes o resoluciones con la finalidad de incentivar el uso y la inversión en proyectos de generación distribuida, estos incentivos pueden ser: administrativos al reducir obstáculos burocráticos, agilización de trámites, certificaciones o permisos, también pueden ser fiscales al reducir imposiciones tributarias o financieros con la creación de fondos para brindar créditos o programas de financiamiento a proyectos de generación distribuida.

2.6.1 Brasil

Algunos programas ofrecen financiamiento preferencial y subsidios para proyectos de energía renovable y generación distribuida. Esto puede incluir líneas de crédito con tasas de interés favorables y apoyo financiero para la adquisición de equipos [14] [1] [32].

Además, Brasil establece incentivos fiscales, ya que se han implementado exenciones fiscales o reducciones de impuestos para incentivar la adopción de tecnologías de generación distribuida.

Incentivo	Descripción
Tributario	<ul style="list-style-type: none"> - Deducción del impuesto sobre la Circulación de Mercancías y Servicios (ICMS). - Este impuesto es gestionado por los estados y puede haber exenciones o reducciones específicas para la energía generada y consumida localmente a través de proyectos de generación distribuida. - Deducción del impuesto sobre la Renta (IR). - En ciertos contextos, puede haber incentivos fiscales a nivel federal relacionados con la generación distribuida y la energía renovable. - Deducción del impuesto sobre la Propiedad Rural (ITR). - Para proyectos de generación distribuida en propiedades rurales, puede haber exenciones o beneficios fiscales específicos.
Financiero	<ul style="list-style-type: none"> - El Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social - BNDES, establece un programa, con carácter de emergencia y excepcionalidad, para apoyar a los concesionarios de servicios públicos de distribución y generación y a los productores independientes de energía eléctrica, este programa está destinado a compensar la insuficiencia de recursos que deben recuperarse, además se autoriza el financiamiento. - El Programa Social de Energías Renovables (PERS), destinado a la inversión en proyectos fotovoltaicos y otras fuentes de energía renovable, ya sea a nivel local o remoto compartido, con financiamiento del Programa de Eficiencia Energética.

Tabla 3. Incentivos en Brasil

2.6.2 Chile

Chile ha implementado varias medidas para incentivar la generación distribuida y la adopción de energías renovables, dentro de los incentivos fiscales tenemos la exención de tarifas para generadores distribuidos que no superan ciertos límites de capacidad, haciendo que la generación distribuida sea más atractiva económicamente. Además, se han realizado licitaciones para sistemas de generación distribuida a pequeña escala que ofrecen contratos de compra de energía generada a largo plazo.

Dentro de los incentivos administrativos tenemos la simplificación en trámites, ya que se han tomado medidas para simplificar y agilizar los procesos administrativos y permisos relacionados con la instalación de sistemas de generación distribuida.

En Chile, hay diversas opciones de financiamiento para la incorporación de sistemas de generación de modalidad distribuida, siendo el ministerio de vivienda y urbanismo el encargado principal del sector residencial. También existen iniciativas dirigidas por el Ministerio de Energía para lograr la misma meta [1].

Incentivo	Descripción
Administrativo	<ul style="list-style-type: none">- Simplificación y agilización de trámites y permisos
Tributario	<ul style="list-style-type: none">- Exención de tarifas para generadores distribuidos que no superan ciertos límites de capacidad- Contratos a largo plazo para la compra de energía eléctrica inyectada a la red
Financiero	<ul style="list-style-type: none">- Ponle energía a tu empresa. – es un concurso en el cual el acreedor tiene a disposición de hasta 60 mil dólares para cofinanciar proyectos de generación distribuida mediante energías renovables, este

	<p>programa tiene la intención de beneficiar a más de 100 empresas en el país.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Programa Casa Solar. – Este programa permite la adquisición de sistemas de 500 kW y 600 kW para el sector residencial a precios más bajos que el valor de mercado y cofinancia hasta el 50% del valor de la inversión. Es importante destacar que la adquisición de estos sistemas incluye todos los procedimientos legales requeridos y la implementación del proyecto de acuerdo con la regulación actual de Generación Distribuida (GD). - Fondo de Desarrollo Energético (FDE). – Este fondo ha apoyado proyectos de energía renovable, incluyendo generación distribuida. Este fondo puede proporcionar subsidios y financiamiento para proyectos innovadores y sostenibles. - Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR). - Los gobiernos regionales en Chile administran el FNDR, que se utiliza para financiar proyectos de desarrollo en una amplia gama de campos, incluyendo energía renovable. Algunas regiones pueden destinar parte de estos fondos a proyectos específicos de generación distribuida.
--	---

Tabla 4. Incentivos en Chile

2.6.3 Colombia [1] [32]

En los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley N° 1.715 – 2014 y el decreto N° 2.143 – 2015, se establece los siguientes beneficios o Incentivos con la finalidad de estimular la inversión en el desarrollo de la generación distribuida [16].

Incentivo	Descripción
Tributario	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de hasta el 50% al valor del impuesto sobre la renta para proyectos de generación distribuida, este beneficio tiene una validez de 15 años. - La adquisición de bienes, equipos, maquinaria, entre otros, está exenta del IVA. que están relacionados con los proyectos de inversión de generación distribuida. - Exención de aranceles para la importación de insumos, equipos, maquinaria destinados a la inversión de proyectos de generación distribuida.
Financiero	<ul style="list-style-type: none"> - El fondo de energías no convencionales que es financiado por entidades gubernamentales, privadas, públicas, nacionales y multilaterales. - El fondo único de soluciones energéticas, que financia proyectos de generación distribuida y ofrece programas o asesorías enfocados en la sostenibilidad ambiental y social para mejorar la calidad del servicio.

Tabla 5. Incentivos en Colombia

Cabe mencionar que mediante la ley N° 2.099 – 2021 establece que estos beneficios promocionales estén vigentes durante los próximos 30 años [20].

2.6.4 Uruguay [1] [32]

Dentro de los incentivos financieros tenemos las licitaciones y contratos a largo plazo, donde el gobierno mediante estas licitaciones busca obtener un contrato a largo plazo para proporcionar estabilidad financiera para los proyectos de generación distribuida. Por otro lado, se establece incentivos administrativos al implementar procedimientos simplificados

y facilidades para la incorporación de proyectos mediante la modalidad distribuida a la red eléctrica.

También se presenta un incentivo fiscal a la incorporación de sistemas de generación distribuida, este incentivo es una deducción del impuesto sobre la renta. Además, se establece un crédito fiscal de financiamiento de hasta el 70% del valor de la inversión del sistema de generación distribuida, el porcentaje de este financiamiento dependerá de la puntuación de cada proyecto.

Se ha implementado el Fondo de Innovación en Energías Renovables (REIF), el cual viene a ser un programa a de financiamiento mediante la combinación de capital privado y fondos de las naciones unidas con la finalidad de impulsar proyectos de generación distribuida con fuentes renovables.

2.6.5 Ecuador

Incentivo	Descripción
Administrativo	<ul style="list-style-type: none"> - Procedimientos simplificados para la conexión con la finalidad de agilizar la incorporación de proyectos mediante la modalidad distribuida al sistema eléctrico. - Marco normativo claro y comprensible, facilitando a los propietarios de proyectos de generación distribuida entender los requisitos y procedimientos.
Tributario o Fiscal	<ul style="list-style-type: none"> - Liberación de aranceles en la importación de equipos y maquinaria relacionada con la generación distribuida - 0% de IVA al costo de paneles solares - 100% de depreciación y amortización de equipos relacionados con la generación distribuida

	<ul style="list-style-type: none"> - Para el desarrollo de proyectos de generación distribuida se exime del pago del impuesto sobre la renta. - Exoneración del impuesto sobre la renta por 5 años a quienes contribuyan al cambio de la matriz energética
--	--

Tabla 6. Incentivos en Ecuador [33] [34]

3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Resultados

Los resultados del análisis comparativo que se ha realizado, se resumen en las tablas que se muestran a continuación:

Especificaciones técnicas:

	Especificaciones técnicas	
País	Año de normativa vigente	Capacidad máxima de conexión
Brasil	2022	5 MW
Chile	2018	300 kW
Colombia	2018	1 MW
Uruguay	2014	100 kW – 230 V 150 kW – 400 V
Ecuador	2023	2 MW

Tabla 7.1. Cuadro comparativo de normativa a nivel regional (Especificaciones técnicas).

Esquemas de comercialización y tipo de medición:

País	Especificaciones técnicas		
	Esquemas de Generación Distribuida	Tipo de medición	Esquema de comercialización
Brasil	<ol style="list-style-type: none"> 1. Propia 2. Comunitaria 3. Condominio 4. Remota 	Medidor bidireccional o dos unidireccionales	Facturación neta
Chile	<ol style="list-style-type: none"> 1. Comunitaria 2. Remota 	Medidor bidireccional	Facturación neta
Colombia		Medidor bidireccional	Medición neta menor a 100 kW Facturación neta mayor a 100 kW
Uruguay		Medidor bidireccional	Facturación neta
Ecuador	<ol style="list-style-type: none"> 1. Individual local 2. Individual remota 3. Múltiple local 4. Múltiple remota (consumidores concentrados) 5. Múltiple remota (consumidores dispersos) 	Medidor bidireccional	Facturación neta

Tabla 7.2. Cuadro comparativo de normativa a nivel regional (Especificaciones técnicas).

Viabilidad financiera y factibilidad de conexión:

	Periodo de retorno de la inversión Sector residencial	Factibilidad de conexión
Brasil	6 años	Procedimiento claro y difícil acceso a formularios
Chile	8 años	Procedimiento claro y trámite en línea
Colombia	8 años	Procedimiento claro y fácil acceso a formularios
Uruguay	7 años	Procedimiento claro y ordenado
Ecuador	7 años	Procedimiento claro y fácil acceso a formularios

Tabla 7.3. Cuadro comparativo de normativa a nivel regional (Viabilidad financiera y Factibilidad de conexión).

Período de retorno de la inversión:

Clasificación	Periodo de retorno de la inversión
Usuarios con consumos mensuales superiores a 1500 kWh	Entre 2 y 3 años
Usuarios con consumos mensuales inferiores a 500 kWh	10 años y 15 años
Usuarios con consumos mensuales entre 500 kWh y 1500 kWh	Entre 4 y 10 años

Tabla 7.4. Periodo de retorno de la inversión en Ecuador [35] [9]

Incentivos:

	Incentivos		
	Administrativos	Fiscales	Financieros
Brasil		<ol style="list-style-type: none"> 1. Reducción ICMS 2. Reducción IR 3. Reducción ITR 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Programa de Eficiencia Energética y Sustentabilidad 2. Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social 3. Programa Social de Energías Renovables
Chile	Simplificación de trámites		<ol style="list-style-type: none"> 1. Ponle energía a tu empresa 2. Programa Casa Solar 3. Fondo de Desarrollo Energético 4. Fondo Nacional de Desarrollo regional
Colombia		<ol style="list-style-type: none"> 1. Reducción hasta el 50% del IR 2. Exención de IVA a la importación de equipos, maquinaria, etc. 3. Exención de aranceles 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fondo de energías no convencionales 2. Fondo único de soluciones energéticas

Uruguay	Simplificación de trámites	<ol style="list-style-type: none"> 1. Deducción del IR 2. Exoneración de IVA a la importación de equipos, maquinaria, etc. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estabilidad financiera mediante contratos a largo plazo 2. Crédito fiscal de hasta el 70% de la inversión 3. Fondo de Innovación en Energías Renovables
Ecuador	<ol style="list-style-type: none"> 1. Procedimientos simplificados para la conexión 2. Marco normativo claro y comprensible 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Liberación de aranceles 2. 0% de IVA al costo de paneles solares 3. 100% de depreciación y amortización de equipos 4. Exoneración del pago del impuesto sobre la renta 	

Tabla 7.5. Cuadro comparativo de normativa a nivel regional (Incentivos).

Cabe señalar que mientras se desarrollaba el presente Trabajo de Integración Curricular, en Ecuador se aprobó la regulación 08/23 que sustituyó a la regulación 01/21, incluyendo instrucciones precisas sobre cómo instalar, operar y habilitar los sistemas de generación distribuida para que puedan conectarse a la red de distribución, en este marco regulatorio se establece estándares y requisitos técnicos, trámites administrativos para la factibilidad de conexión y para la certificación de habilitación del sistema de GD.

	Brasil	Chile	Colombia	Uruguay	Ecuador
Normativa actualizada 2018-2023	✓	✓	✓	✗	✓
Capacidad máxima de conexión	5 MW	300 kW	1 MW	150 kW	2 MW
Diferentes esquemas de GD	✓	✓	✗	✗	✓
Medidor bidireccional	✓	✓	✓	✓	✓
Facturación neta	✓	✓	✓	✓	✓
Medición neta	✗	✗	✓	✗	✗
Factibilidad de conexión	Difícil acceso	En línea	Fácil acceso	Fácil acceso	Fácil acceso
PRÍ sector residencial	6 años	8 años	8 años	7 años	7 años
PRÍ sector comercial	5 años	6 años	5 años	6 años	11 años
PRÍ sector industrial	5 años	6 años	4 años	5 años	11 años
Incentivos administrativos	✗	✓	✗	✓	✓
Incentivos fiscales	✓	✗	✓	✓	✓
Incentivos financieros	✓	✓	✓	✓	✗

Figura 22. Resumen de análisis comparativo de normativa en la región

Fuente: Elaboración Propia

3.2 Conclusiones

Se evidencia a nivel de la región una alta penetración de la generación distribuida (GD), ya que actualmente los clientes residenciales, clientes comerciales y clientes industriales tienen cada vez mayor acceso a la información sobre los beneficios económicos, ambientales y sociales que conlleva la implementación de sistemas mediante esta modalidad, además de tener un fácil acceso al marco regulatorio y con ello tener claro los requisitos, beneficios, derechos y obligaciones de los actores involucrados en la incorporación de sistemas de GD. En Ecuador, el nivel de penetración de la GD en especial a nivel de los clientes residenciales, es aún incipiente, aunque podría acelerarse por efecto

de las nuevas regulaciones y de los riesgos en el abastecimiento que se hicieron evidentes en meses recientes

Es preocupante que, en Ecuador, a pesar de contar con un marco regulatorio que data de algunos años y que ha sido recientemente actualizado en el 2023, no exista un desarrollo importante de la Generación Distribuida (GD) por la ausencia de mayores incentivos de carácter fiscales y financieros, que se suma a la presencia de tarifas a nivel de consumidores finales con diferentes niveles de subsidio, lo cual sin duda constituye un desincentivo.

Se evidencia por el apartado 2.4, que Ecuador cuenta con un periodo de 7 años para la recuperación de la inversión inicial en proyectos de Generación Distribuida (GD) a nivel residencial, pero cabe mencionar que por el análisis del documento “Segmentación de clientes residenciales con fines de autoabastecimiento fotovoltaico mediante índices de rentabilidad en Ecuador”, este periodo dependerá del consumo mensual de cada usuario residencial, en conclusión, en Ecuador un proyecto será viable financieramente para consumos mensuales superiores a 1500 kWh.

La regulación N° ARCERNNR – 08 – 2023 incluyó la obligación de instalar un medidor que registre la totalidad del consumo, tanto el autoabastecido como el de la energía que se toma de la empresa distribuidora, lo cual podría constituir una barrera adicional para que los clientes residenciales se decidan por esta alternativa. Por su parte, la Ley Orgánica de Competitividad Energética aprobada el 10 de enero del 2024 (mientras se cerraba el desarrollo del presente trabajo) dispone que los clientes residenciales con sistemas de Generación Distribuida (GD) con energía renovable no convencional de hasta 75 kW solo requerirán de un único medidor bidireccional, medida que consideramos adecuada.

3.3 Recomendaciones

Resulta importante mantener la flexibilización de la regulación actual, así como su constante actualización y ajuste hacia el desarrollo del mercado de Ecuador, ya que permite que el consumidor final conozca de forma clara las normas y reglas del mercado eléctrico y con ello incentivarlo a involucrarse participativamente en esta modalidad de generación eléctrica.

Se debe mantener los diferentes tipos de esquemas para la implementación de generación distribuida, que al igual que Brasil, le permitirá al país un mayor crecimiento en la penetración de generación distribuida, esto debido a que los diferentes esquemas contribuyen a que todo tipo de sistema y consumidor pueda ser incluido a todos los beneficios otorgados por el estado.

Es importante trabajar con las entidades financieras para conseguir que se establezcan líneas de crédito específicas para este tipo de instalaciones, considerando que la elevada inversión inicial para sistemas de Generación Distribuida (GD) es una de las principales barreras para su desarrollo. En este sentido, podría ser de mucha utilidad implementar un programa de capacitación a las entidades financieras sobre los beneficios asociados al invertir en proyectos de generación distribuida mediante energías renovables y sobre el bajo riesgo que conllevan la implementación de estos sistemas.

Cada día el consumidor residencial requiere de mecanismos rápidos para adoptar esta modalidad, por lo que resulta importante poder simplificar los trámites para la solicitud de conexión y habilitación de operación de los sistemas; una opción muy viable sería apuntar a la estandarización de estos trámites a nivel regional y a la digitalización de los mismos.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] PNUMA, “El Estado de la Generación Distribuida Solar Fotovoltaica en América Latina y El Caribe,” Julio 2022. [En línea]. Available: <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/40538>.

[2] iStock, “Concepto ecológico de consumo de energía,” Febrero 2022. [En línea]. Available: <https://www.istockphoto.com/es/vector/concepto-ecol%C3%B3gico-de-consumo-de-energ%C3%ADa-por-fuente-energ%C3%ADa-no-renovable-como-gm1369107415-438934203?phrase=energ%C3%ADa+mareomotriz>.

[3] A. Colmenar, D. Borge, E. Collado y M. Castro, “Generación distribuida, autoconsumo y redes inteligentes,” 2015. [En línea]. Available: <https://www.librosuned.com/LU19457/Generaci%C3%B3n-distribuida,-autoconsumo-y-redes-inteligentes.aspx>

[4] Your Water Turbine, “Turbinas hidráulicas: El sistema más eficiente para generar luz,” 2020. [En línea]. Available: <https://yourwaterturbine.com/>.

- [5] ENAIR: Ryse Energy, "Sistema aislado estándar, para instalaciones aisladas de minieólica de menor tamaño," 2023. [En línea]. Available: <https://www.enair.es/es/aplicaciones>.
- [6] X. Montaña, "Como avanza la Generación Distribuida en Bolivia," Diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://fundacionsolon.org/2021/12/15/como-avanza-la-generacion-distribuida-en-bolivia/>.
- [7] iStock, "Concepto de electricidad mareomotriz para la educación científica," [En línea]. Available: <https://www.istockphoto.com/es/vector/concepto-de-electricidad-mareomotriz-para-la-educaci%C3%B3n-cient%C3%ADfica-gm1471802787-502321397?phrase=energ%C3%ADa+mareomotriz>.
- [8] E. Ramos, "La generación distribuida: El camino hacia la producción descentralizada de electricidad y pautas para su reglamentación," 2020. [En línea]. Available: <https://revistas.up.edu.pe/index.php/forseti/article/view/1255>
- [9] G. Salazar, "Análisis técnico y económico de la implementación del Net Metering para diferentes tipos de consumidores de electricidad en el Ecuador," Abril 2020. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20937/1/CD%2010455.pdf>.
- [10] Enlight, "Net metering y net billing: esquemas de interconexión en México," Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.enlight.mx/blog/conoce-los-esquemas-de-interconexion-que-existen-en-mexico>.
- [11] J. Muñoz, M. Rojas y C. Barreto, "Incentivo a la Generación Distribuida en el Ecuador," 2018. [En línea]. Available: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=505554803006>.
- [12] OLADE, "Panorama energético de América Latina y el Caribe 2023," Diciembre 2023. [En línea]. Available: <https://www.olade.org/publicaciones/panorama-energetico-de-america-latina-y-el-caribe-2023/>.
- [13] ANEEL, "Normativa 687-2015," Noviembre 2015. [En línea]. Available: <https://microinversor.com.br/resolucao-normativa-687-aneel/?v=19d3326f3137>.
- [14] Presidencia de la República, "Ley 14.300 - 2022," Enero 2022. [En línea]. Available: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>.
- [15] Ministerio de Energía, "Ley 21.118 - 2018," Noviembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1125560>.

- [16] Unidad de Planeación Minero Energética, “Ley 1.715 - 2014,” Mayo 2013. [En línea]. Available: http://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY_1715_2014.pdf.
- [17] Ministerio de Energía y Minas, “Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014,” 2014. [En línea]. Available: https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla_IGE_Incentivos_Tributarios_Ley1715.pdf.
- [18] Comisión de regulación de energía y gas, “Resolución 174 - 2021,” Octubre 2021. [En línea]. Available: https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0174_2021.htm.
- [19] Congreso de Colombia, “Ley 1955 - 2019,” Mayo 2019. [En línea]. Available: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=93970.
- [20] Congreso de la República, “Ley 2.099 - 2021,” Julio 2021. [En línea]. Available: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=166326.
- [21] Comisión de regulación de energía y gas, “Resolución 135 - 2021,” Septiembre 2021. [En línea]. Available: https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0135_2021.htm.
- [22] Ministerio de Industria, Energía y Minería, “Decreto N° 173 - 2010,” Junio 2010. [En línea]. Available: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/173-2010>.
- [23] Ministerio de Industria, Energía y Minería, “Decreto N° 133 - 2013,” Mayo 2013. [En línea]. Available: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/133-2013>.
- [24] Ministerio de Industria, Energía y Minería, “Decreto N° 114 - 2014,” Mayo 2014. [En línea]. Available: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/114-2014/1>.
- [25] Ministerio de Industria, Energía y Minería, “Ley N° 16906,” Enero 1998. [En línea]. Available: <https://www.impo.com.uy/bases/leyes/16906-1998>.
- [26] Ministerio de Industria, Energía y Minería, “Decreto N° 27 - 2020,” Febrero 2020. [En línea]. Available: <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/27-2020>.
- [27] Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, “Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica,” Enero 2015. [En línea]. Available: <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/leyes/>.

- [28] Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, “Regulación 01 - 2021,” 2021. [En línea]. Available: <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/regulaciones/#>.
- [29] Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, “Regulación 02 - 2021,” 2021. [En línea]. Available: <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/regulaciones/#>.
- [30] Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables, “Regulación 08 - 2023,” Noviembre 2023. [En línea]. Available: <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/regulaciones/#>.
- [31] Ministerio de Energía y Minas, “Resolución 281 - 2015,” Junio 2015. [En línea]. Available: <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=72071&dt=S>.
- [32] A. López y Á. Ons, “Incentivos a la inversión y transformación productiva sostenible en América Latina,” Octubre 2023. [En línea]. Available: https://www.redsudamericana.org/sites/default/files/talleres/Incentivos%20a%20la%20Inversio%CC%81n%20y%20Transformacio%CC%81n%20Productiva%20Sostenible%20en%20Ame%CC%81rica%20Latina_wp%204%20esp.docx.pdf.
- [33] EY Ecuador, “Energía Renovable Ecuador Aspectos Tributarios,” Junio 2021. [En línea]. Available: <https://aeeree.org/wp-content/uploads/2021/06/EY-Presentacion-Fernanda-Checa.pdf>.
- [34] Ener City , “Beneficios Económicos Y Tributarios De La Energía Solar En Ecuador,” Noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://enercitysa.com/blog/beneficios-economicos-y-tributarios-de-la-energia-solar-en-ecuador/>.
- [35] J. Muñoz, M. Cárdenas y J. Heredia, “Segmentación de clientes residenciales con fines de autoabastecimiento fotovoltaico mediante índices de rentabilidad en Ecuador,” Noviembre 2022. [En línea]. Available: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/id-tecnologico/article/view/3646>.