



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE ELECTRICIDAD

**“COMPARATIVA DE LA NORMATIVA PARA LA CONEXIÓN DE SISTEMAS
SOLARES FOTOVOLTAICOS EN LATINOAMÉRICA Y ESPAÑA”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Eléctrico

AUTORES: NESTOR JOSUE BARAHONA VELEZ.

MARCO VINICIO CARCHIPULLA CARCHIPULLA.

TUTOR: ING. JOHNNY XAVIER SERRANO GUERRERO, PhD.

Cuenca - Ecuador

2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Nestor Josue Barahona Velez con documento de identificación N° 0707034161 y Marco Vinicio Carchipulla Carchipulla con documento de identificación N° 1400744098; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 5 de abril del 2025

Atentamente,



Nestor Josue Barahona Velez

0707034161



Marco Vinicio Carchipulla Carchipulla

1400744098

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Nestor Josue Barahona Velez con documento de identificación N° 0707034161 y Marco Vinicio Carchipulla Carchipulla con documento de identificación N° 1400744098, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Artículo académico: “Comparativa de la normativa para la conexión de sistemas solares fotovoltaicos en Latinoamérica y España”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 5 de abril del 2025

Atentamente,



Nestor Josue Barahona Velez

0707034161



Marco Vinicio Carchipulla Carchipulla

1400744098

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Johnny Xavier Serrano Guerrero con documento de identificación N° 0104983382, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “Comparativa de la normativa para la conexión de sistemas solares fotovoltaicos en Latinoamérica y España”, realizado por Nestor Josue Barahona Velez con documento de identificación N° 0707034161 y por Marco Vinicio Carchipulla Carchipulla con documento de identificación N° 1400744098, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 5 de abril del 2025

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**JOHNNY XAVIER
SERRANO GUERRERO**

Ing. Johnny Xavier Serrano Guerrero, PhD.

0104983382

“Comparativa de la Normativa para la Conexión de Sistemas solares Fotovoltaicos en Latinoamérica y España”

Marco Vinicio Carchipulla Carchipulla & Nestor Josue Barahona Velez.

mcarchipullac@est.ups.edu.ec & nbarahona@est.ups.edu.ec

Universidad Politécnica Salesiana

Cuenca - Ecuador

Resumen

Las políticas energéticas cumplen una función clave en el impulso y la regulación de la generación de energía distribuida a nivel global. Actualmente, el crecimiento del sistema eléctrico sugiere la necesidad de implementar fuentes de energía limpia, compuestas de un marco regulatorio íntegro. Esta investigación compara normativas en torno a la generación distribuida fotovoltaica e identifica similitudes y diferencias sobre especificaciones técnicas, permisos de instalación, y comercialización en microgeneración que inyectan energía excedente a la red de distribución en Ecuador, Argentina, Colombia, Perú, Bolivia y España. Los resultados obtenidos proporcionan una visión integral de la regulación actual en Latinoamérica y España respecto a la conexión de sistemas solares fotovoltaicos (SSFV). Además, se sugieren algunas mejoras en las regulaciones de autoconsumo para maximizar los beneficios económicos de este tipo de instalaciones y fomentar el crecimiento sostenible de la energía solar fotovoltaica en ambas regiones.

Palabras clave: *Sistemas Fotovoltaicos, Generación Distribuida, Normativa.*

1. Introducción

La búsqueda de fomentar energía limpia, es una prioridad para numerosos países con el objetivo de mitigar el impacto del efecto invernadero generado por las emisiones de CO_2 provenientes de centrales de energía no renovable [1]. En consecuencia, las fuentes de energía renovable como la solar y la eólica, son esenciales para garantizar un suministro energético sostenible y mitigar los efectos del cambio climático [2]. Además, el enfoque en la implementación de estas tecnologías cerca del usuario ha impulsado el desarrollo del concepto de generación distribuida (GD), diseñadas para integrar fuentes y cargas energéticas descentralizadas [3].

La Unión Europea (UE) impulsa la GD, que aprovecha los recursos energéticos cercanos para el autoconsumo de forma descentralizada con posible aportación a la red. [4]. Asimismo, reduce las pérdidas energéticas en el transporte y la distribución, contribuyendo a la economía local [5]. El autoconsumo puede lograrse mediante diversas unidades de generación distribuida a pequeña escala, como sistemas fotovoltaicos (SF) y minieólicos. Entre estas tecnologías, la energía fotovoltaica destaca como la más utilizada [6]. Debido a la importancia de su utilización, cada país se ve en la necesidad de implementar normas, leyes y regulaciones que garanticen el funcionamiento confiable dentro de su sistema energético [7].

Las políticas energéticas en Ecuador buscan diversificar las fuentes de energía renovable [8]. Para ello, la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), en el año 2023 y último trimestre del 2024, incrementa normativas en la generación distribuida para el autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica [9], [10]. Donde se establecen mecanismos de control para sistemas de generación distribuida, basado en sistemas fotovoltaicos (SF), encontrando datos relevantes como especificaciones técnicas, permisos de conexión y comercialización que ayudan al usuario a optimizar el proceso de autoabastecimiento y conexión a la red [11].

Argentina, ha mostrado un notable avance en el desarrollo de energías renovables a través de su programa RenovAr, que ha impulsado la instalación de proyectos solares [12]. La Ley 27.424, conocida como la Ley de Generación Distribuida de Energías Renovables, permite a los usuarios generar su propia energía y vender el excedente a la red [13]. Además, se ofrecen incenti-

vos fiscales y financieros para fomentar la adopción de sistemas fotovoltaicos [14]. En [15] se plantea un análisis de los principales aspectos de esta ley, planteando un modelo descentralizado de generación de energía renovable.

En Perú, existe una regulación específica para la generación distribuida, basados en la generación solar y eólica, la cual está contemplada en la Ley de Generación Eléctrica con Energías Renovables (Ley N° 28832) y en el Decreto Supremo 1221 [16]. Además, a finales del año 2024 mediante la resolución 439-2024-MINEM/DM, establece el Reglamento de Generación Distribuida conectada a Sistemas de Utilización de los Usuarios de Servicio Público de Electricidad. Donde exponen puntos específicos de potencia máxima, trámite de conexión a la red y su comercialización. [17]. Estudios realizan un análisis de proyectos en los cuales generadores de energía solar fotovoltaica inyectan su producción a la red y recibe una compensación económica por el excedente [18]. Adicional, se implementa un esquema de compensación para promover proyectos de energías renovables, lo que ha incentivado al usuario la producción de energía mediante un SF [19].

Por su parte, Colombia mediante la resolución CREG N° 174 - 2021 regula la integración de energías renovables al sistema eléctrico [20]. Asimismo, mediante la Ley 1715 de 201 y CREG N° 030- 2018, define los requisitos mínimos de conexión y expone los beneficios de la comercialización [21]. En 2021, se realizó un análisis de incentivos fiscales y financieros sobre la comercialización de la energía excedente, para los proyectos de generación distribuida (Solar y Eólica) [22]. Además, la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) ha desarrollado una normativa específica para la conexión de sistemas fotovoltaicos a la red, lo que facilita la expansión de esta tecnología en el país [23].

En Bolivia, aunque aún se encuentra en etapas iniciales de desarrollo en cuanto a energías renovables, ha comenzado a establecer un marco regulatorio para promover la generación de energía solar según el Decreto Supremo N° 4477 [24]. Además, la Ley de Electricidad y sus reglamentos permiten la generación distribuida y la venta de excedentes de energía a la red [25]. Por otro lado, en 2024 la Autoridad de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear “AETN”, adiciona al citado decreto supremo: el procedimiento para la determinación de la retribución por la energía inyectada a la red de distribución; la inscripción, registro y habilitación de las empresas dedicadas a las actividades de la instalación de generación distribuida [26]. Sin embargo,

la falta de incentivos económicos y programas de apoyo ha limitado el crecimiento del sector fotovoltaico en comparación con otros países de la región [27].

España con la eliminación del “Impuesto al sol” en 2018 marcó un punto de inflexión para el desarrollo de la energía solar fotovoltaica [28]. La normativa actual, regulada por el Real Decreto 244/2019, establece un marco claro para el autoconsumo y la generación distribuida [29]. Los usuarios pueden inyectar su excedente de energía a la red y recibir compensaciones económicas a través de mecanismos de balance neto [30]. Además, España ha implementado diversas políticas de apoyo y subvenciones para promover la instalación de sistemas fotovoltaicos, tanto en el ámbito residencial como comercial [31].

En este sentido, este estudio presentará un análisis comparativo de la normativa vigente o prevista para sistemas solares fotovoltaicos para autoconsumo y venta de sus excedentes a la red de distribución en países de América Latina (Ecuador, Argentina, Perú, Colombia y Bolivia) y España. Además, se utilizará como referencia el mismo sector de generación (microgeneración) en los 6 países. Se mostrará un análisis comparativo de especificaciones técnicas, permisos de instalación y comercialización. Esta comparativa permitirá evaluar brechas existentes en la normativa de Ecuador y proponer cambios óptimos que permita incentivar la creación de más sistemas fotovoltaicos ayudando a la expansión de la matriz energética del país.

Sin embargo, es fundamental resaltar que, a pesar de una amplia búsqueda de información sobre las normativas actuales establecidas, existe carencia de información sobre los tiempos de duración del trámite para conexión de los SF a la red, en diversos países. Por lo tanto, este estudio busca contribuir a la literatura existente de las normativas en los países mencionados y proporcionar una evaluación de la situación actual de nuestro país.

A continuación, se detalla la estructura del documento. En la Sección 2, se lleva a cabo un análisis de los antecedentes pertinentes. La Sección 3 aborda la metodología empleada en la investigación. Finalmente, en la Sección 4, se presentan la discusión de resultados obtenidos, ofreciendo una interpretación precisa respaldada por análisis descriptivo y cualitativo relevantes presente en los resultados del estudio.

2. Antecedentes

La literatura muestra comparaciones de las regulaciones, especificaciones técnicas, permisos de instalación, comercialización y facturación, donde los resultados llegan a ser distintos, debido a la evolución constante de las normativas en este sector. De esta manera, comparar aspectos fundamentales, entre los diferentes países es esencial para promover la mejora en sus normativas locales [32]. Por este motivo se analizaron estudios con objetivos y metodologías similares.

En [33], se estableció que la configuración de sistemas fotovoltaicos debe considerar factores como la potencia nominal, las pérdidas del sistema y el arreglo de paneles en serie y paralelo, asegurando la sincronización con la red eléctrica bajo normativas específicas que se encuentran en la Resolución vigente en Ecuador. En [32], se analizó la Ley 27.424/17 de Argentina enfocándose en las especificaciones técnicas para la generación distribuida solar fotovoltaica, considerando la potencia nominal, la medición bidireccional y la compatibilidad con la red, conforme a las normativas provinciales y de las distribuidoras. En España, las especificaciones técnicas para las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red consideran factores como la potencia contratada por el usuario, la tasa de autoconsumo, y las características del sistema de medición y generación. Según [34], las instalaciones deben ajustarse a parámetros de rendimiento definidos por la normativa vigente, garantizando la viabilidad técnica y económica para diferentes escenarios de demanda y ubicación. Asimismo, en Perú [35], realiza una propuesta para generación distribuida para autoconsumo, donde se analiza la ley 28832 enfocándose una parte en las especificaciones mínimas para que SF se conecten a la red, concluye que al incrementar la potencia promovería la expansión de esta tecnología. Por su parte [36], plantea una comparativa de la normativa entre países latinoamericanos como Bolivia y Colombia, el objetivo de este artículo es presentar la situación actual de normativas vigentes, donde las especificaciones técnicas es uno de los objetivos de estudio. Concluye que en Bolivia la generación distribuida aún no establece parámetros claros con respecto a su potencia y sector de conexión.

En [37], se analizó la normativa de Ecuador y España que regula los trámites para sistemas de autoconsumo fotovoltaico. Se concluyó que en Ecuador exigen varios pasos administrativos los cuales pueden prolongar la conexión,

con un promedio de tiempo superior a tres meses. En contraste, en España, el RD 244/2019 simplifica considerablemente los procesos, eliminando ciertos permisos de conexión para las instalaciones para autoconsumo lo cual reduce significativamente los tiempos de tramitación. Respecto a Argentina [32], describe el proceso de conexión para sistemas de generación distribuida, regulado por la Ley 27.424/17, el cual requiere que el usuario solicite la autorización correspondiente, la cual es evaluada por la distribuidora. Una vez aprobada, se emite el certificado de usuario-generador y se formaliza el contrato de conexión, teniendo en cuenta que gran parte del proceso se puede realizar en línea.

En [38] se realiza un análisis de los esquemas de medición y facturación neta en sistemas de autoconsumo fotovoltaico en Ecuador y España examina la implementación y el desempeño de estas estrategias en ambos países. Se resalta cómo influyen en la rentabilidad de las instalaciones fotovoltaicas, especialmente en el segmento residencial, al compensar la energía inyectada a la red y su efecto en las tarifas eléctricas. [39] hace un análisis económico de los sistemas fotovoltaicos en Argentina se centra en el sector residencial y en la implementación de la Ley 27.424, que establece un modelo de facturación neta. El estudio evalúa casos reales en la provincia de San Juan, considerando aspectos como tarifas eléctricas, costos tecnológicos y retornos financieros. En 2023,[40] compara los regímenes de Net Metering y Net Billing dentro del contexto de la Generación Distribuida en el mercado eléctrico peruano. Concluye que, aunque el Net Metering ofrece un mayor incentivo para los usuarios al fomentar la generación distribuida, su aplicación podría afectar la sostenibilidad financiera de las empresas distribuidoras. Esto se debe a que dicho mecanismo remunera la energía inyectada a la red al mismo precio de la tarifa de consumo, sin considerar el valor real en el mercado spot. Asimismo, [41] estudia la autogeneración a pequeña escala en el mercado centralizado tradicional de energía en Colombia, planteando un esquema de medición neta. Concluye que el modelo adiciona un incentivo económico para la implementación y promoción masiva del esquema, además de los beneficios ambientales, económicos y sociales que conlleva.

En [42] realiza un análisis comparativo entre las regulaciones de autoconsumo energético en España, Rumanía y Ecuador, con un enfoque en la medición neta, las especificaciones técnicas y la rentabilidad de sistemas fotovoltaicos. Examina las diferencias en los esquemas regulatorios y sus im-

plicaciones para los usuarios, destacando el impacto de las tarifas eléctricas y las políticas de incentivo en la generación distribuida. Por otro lado [3], en su artículo realiza una revisión de la literatura sobre la Generación Distribuida (GD) en el autoabastecimiento residencial en países de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador y Perú, analizando publicaciones entre 2013 y 2023 mediante la metodología PRISMA. Este estudio busca orientar a formuladores de políticas, inversionistas, proveedores de tecnología y consumidores en el desarrollo y consolidación de la GD en la región.

3. Metodología

En este estudio se llevó a cabo un análisis comparativo descriptivo y analítico sobre las normativas aplicables a sistemas fotovoltaicos. La metodología aplicada se diseñó a partir de estudios previos [43, 44, 42], en políticas energéticas y regulaciones específicas del sector. Se realizó una recopilación, procesamiento y análisis comparativo de la información, con un enfoque en Ecuador. De acuerdo con estudios previos [42], se ha identificado que a pesar de los esfuerzos por fomentar la energía solar fotovoltaica, América del Sur sigue presentando una baja participación de esta fuente en su matriz energética, con diferencias significativas en el grado de desarrollo normativo entre países.

En la primera etapa, se llevó a cabo una recopilación de información centrada en el marco regulatorio para la conexión a la red de sistemas fotovoltaicos para autoconsumo. Se incluyen países con diversas madurez regulatorias, desde normativas en evolución como en Ecuador y Perú, hasta políticas estructuradas en Argentina y Colombia. Bolivia, con una regulación incipiente, permite explorar barreras y oportunidades [32], mientras que España sirve de referencia por su marco consolidado y procesos eficientes [38].

La selección también responde a su alto potencial solar y la disponibilidad de datos relevantes. Luego, se aplicaron técnicas cualitativas para estructurar y analizar los datos, organizándolos en temas y subtemas con el fin de identificar patrones y establecer relaciones clave.

Finalmente, se utilizó el método de matrices de comparación para evaluar los criterios de cada país, teniendo en cuenta la normativa vigente en Ecuador, América Latina y España. El objetivo fue identificar barreras y posibles ajustes a la normativa energética en Ecuador.

3.1. Recopilación de información

Se realizó una revisión documental de normativas, leyes y reglamentos técnicos publicados por organismos gubernamentales y reguladores de cada país. Además, para garantizar la validez de la información utilizada en este estudio, se seleccionaron documentos provenientes de fuentes oficiales y reconocidas a nivel internacional, se consultaron artículos científicos en bases de datos indexadas (Scopus, IEEE Xplore y Science Direct) utilizando palabras clave como "generación distribuida fotovoltaica", "normativa energética" filtrando por un rango de tiempo de los últimos 5 años.

También se consultaron sitios web de organismos internacionales como la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y la fundación Bariloche, así como documentos técnicos de entidades reguladoras, para complementar y asegurar una cobertura amplia y representativa de las políticas y normativas analizadas.

3.2. Procesamiento de información

Se realizó un análisis cruzado entre documentos gubernamentales, publicaciones científicas y reportes de organismos internacionales para validar la consistencia de los datos. En caso de discrepancias, se priorizaron aquellas fuentes con mayor respaldo institucional y que sean oficiales dispuesta por el gobierno, asegurando así un análisis riguroso y fundamentado.

Se centró en la comparación de las normativas relacionadas con la conexión de sistemas fotovoltaicos a la red para autoconsumo. Este enfoque se basó en los estudios previos realizados en el ámbito de las políticas energéticas y normativas para la integración de energías renovables, especialmente sistemas fotovoltaicos. La selección de criterios se fundamentó en la revisión de la literatura existente, particularmente en trabajos previos que han analizado las normativas vigentes en países de América Latina y España, como

se puede observar en [43, 42, 32, 38].

Los criterios incluyeron el análisis del marco regulatorio, los permisos requeridos para la instalación, las especificaciones técnicas, esquemas de comercialización y facturación. Esta selección no solo estuvo respaldada por las conclusiones de dichos estudios, sino que también se ajustó a los objetivos de este trabajo, que buscan identificar barreras y oportunidades en la normativa para mejorar la adopción de tecnologías solares en América Latina con enfoque en Ecuador.

3.3. Análisis comparativo

Se utilizaron matrices comparativas para evaluar diferencias normativas entre los países analizados, considerando indicadores clave como tiempos de tramitación, especificaciones técnicas e impacto en la adopción de sistemas fotovoltaicos.

Se realizó un análisis comparativo [45], para describir cómo cada país facilita o dificulta la adopción de sistemas fotovoltaicos. Este enfoque permitió la priorización de criterios y la identificación de áreas críticas para cada país.

Este método permitió estructurar la comparación asignando una jerarquía a los criterios analizados: marco regulatorio, especificaciones técnicas, permisos de instalación, comercialización y facturación. La ponderación de cada criterio se estableció considerando su impacto en la adopción de sistemas fotovoltaicos, basándose en estudios previos [32], priorizando aquellos aspectos que inciden directamente en la viabilidad y expansión de la generación distribuida.

La aplicación de esta metodología facilitó una evaluación estructurada de las similitudes y diferencias en los esquemas normativos, proporcionando un análisis integral de las ventajas y desventajas que presentan cada una de las regulaciones analizadas.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo que ilustra el proceso metodológico aplicado en este estudio:

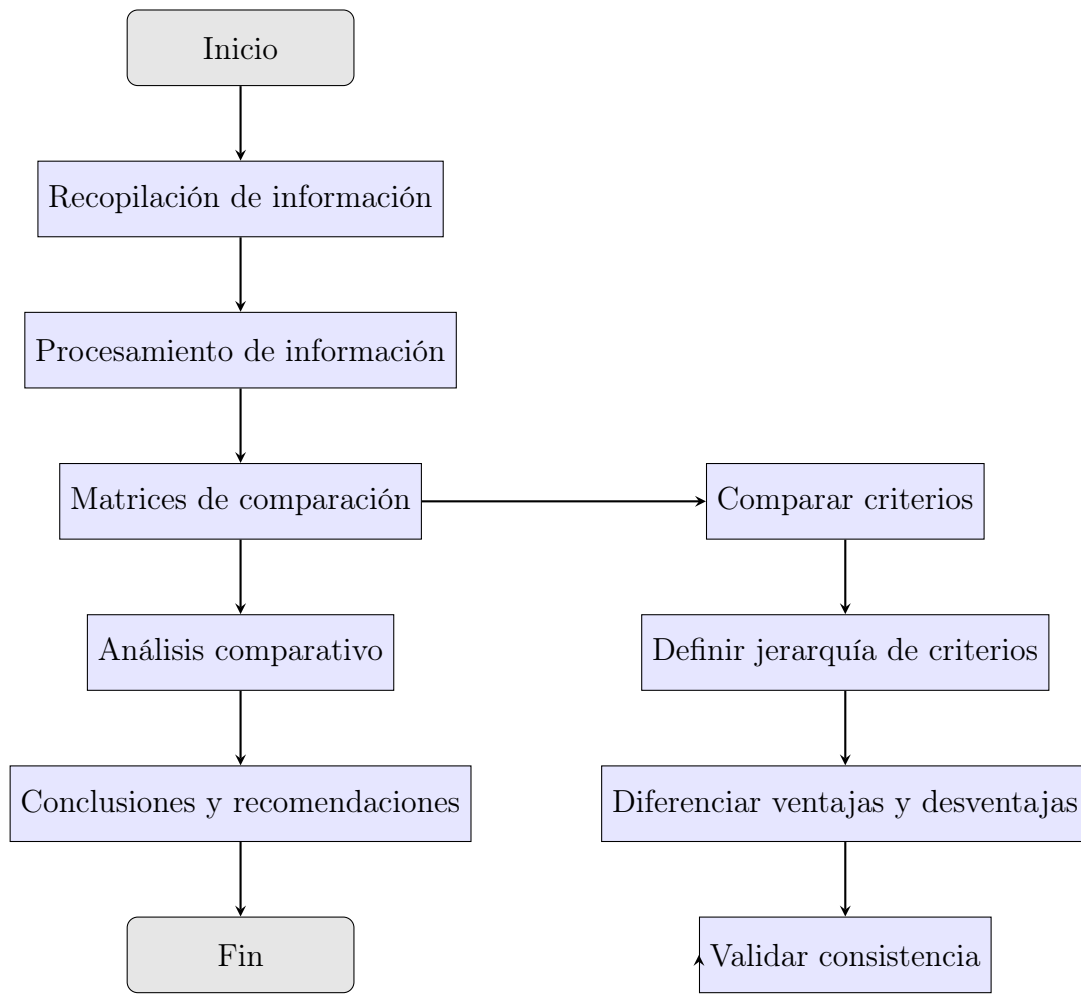


Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología propuesta.

La disponibilidad de información en América Latina se ha visto limitada debido a los frecuentes cambios políticos y en la administración pública, lo que ha resultado en modificaciones constantes de las normativas energéticas. Esta situación genera un entorno de incertidumbre, dificultando el acceso a datos actualizados y consistentes.

3.3.1. Marco regulatorio

Actualmente, cada país en América Latina y España cuenta con un marco regulatorio específico que establece las normativas para la instalación y habi-

litación de sistemas de generación distribuida para autoconsumo, incluyendo la energía solar fotovoltaica.

1. Ecuador

La Regulación N° ARCONEL-005/24. Su enfoque es principalmente económico, abarcando tanto los aspectos operativos como las tarifas de la electricidad, lo que influye directamente en los costos de energía para los clientes regulados de energía eléctrica.[9].

2. Argentina

Ley N° 27.424.- Su finalidad es definir directrices, condiciones legales y contractuales para la producción de energía renovable por medio de los clientes de las redes de distribución eléctrica [13] .

Ley N° 27.191.- Tiene como objetivos la integración de energías renovables en la red eléctrica, alcanzando un 20 % para el año 2025 [46].

A pesar de contar con leyes a nivel nacional, cada una de las 24 jurisdicciones en el país, que incluyen 23 provincias y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, tiene la facultad de decidir si se adhiere al marco regulatorio nacional.

3. Perú

Decreto Legislativo 1221, establece que los usuarios con generación distribuida, dentro de los límites de potencia definidos, pueden emplearla para consumo propio o inyectar excedentes a las redes de distribución. Las condiciones técnicas, comerciales y regulatorias serán definidas por las normas emitidas por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM)[47].

Ley 28832, denominada Ley de Generación Eficiente de 2006, fomenta la generación distribuida con capacidad limitada conforme a lo estipulado en el reglamento, conectada directamente a las redes del concesionario de distribución eléctrica. Además, promueve la cogeneración eficiente, la comercialización de excedentes y el uso adecuado de las

redes de distribución, con el propósito de garantizar un desarrollo eficiente del sistema eléctrico [16]. Su última modificación se encuentra estipulada por la Ley N° 32249.

Resolución Ministerial 439-2024-MINEM/DM, Decreto Supremo que establece el Reglamento de Generación Distribuida conectada a los Sistemas de Utilización de los Usuarios del Servicio Público de Electricidad [17], establece normas específicas para la generación eléctrica renovable no convencional o de cogeneración, permitiendo que los excedentes de energía se incorporen a las redes de los concesionarios de distribución. Asimismo, detalla los requisitos técnicos y comerciales necesarios para la conexión, instalación, operación y comercialización de la generación distribuida.

4. Colombia

Ley 1715 de 2014, Impulsa el uso y la integración de fuentes de energía alternativas, especialmente aquellas renovables, dentro del sistema energético del país. Asimismo, habilita a los productores de energía para transferir el excedente generado a la red eléctrica y confiere a la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) la responsabilidad de diseñar las directrices y procedimientos para la conexión, gestión, respaldo y comercialización de la energía generada mediante sistemas de autogeneración y generación distribuida [48].

Resolución CREG N° 030- 2018:

Define los requisitos técnicos y comerciales aplicables a los sistemas de generación distribuida basados en fuentes de energía no convencionales, como la solar. Asimismo, regula las tarifas asociadas a la inyección y el retiro de energía en la red eléctrica [49].

Resolución CREG N° 174 - 2021:

Regula la generación distribuida a pequeña escala, estableciendo las directrices para la conexión a la red de distribución y la venta de excedentes de energía eléctrica, facilitando el acceso a la red para pequeños generadores y optimizando la comercialización de la energía producida en exceso [20].

Resolución CREG N° 135 - 2021:

Detalla los requisitos y obligaciones para los usuarios residenciales que cuentan con generación distribuida y desean entregar o vender sus excedentes de energía a la red de distribución. Establece las normativas que deben seguir para garantizar una integración adecuada y eficiente de su generación de energía en el sistema eléctrico [50].

5. Bolivia

Decreto Supremo 4477, publicado en la Edición 1371NEC el 25 de marzo de 2021, define las condiciones generales para la implementación de sistemas de Generación Distribuida en las redes de distribución eléctrica; como también establece el mecanismo de compensación para la energía eléctrica que se inyecta a la red de distribución desde estos sistemas. Además, mediante la Resolución AETN N° 486/2022, actualiza todos los puntos del decreto supremo. [24].

6. España

Ley N° 24.2013.- Define el marco normativo fundamental para el sector eléctrico en España, abarcando dimensiones económicas, técnicas y ambientales con el objetivo de asegurar un suministro eléctrico que sea eficiente, sostenible y competitivo [51].

Real Decreto 244/2019.- Regula el auto consumo de energía eléctrica en España, estableciendo modalidades como con excedentes (compensación simplificada hasta 100 kW o venta directa). Simplificando trámites administrativos y técnicos para instalaciones pequeñas, y elimina barreras para la inyección de energía a la red. El objetivo es promover el uso de energías renovables y facilitar el acceso a la tecnología fotovoltaica [52] .

3.3.2. Especificaciones técnicas.

Las especificaciones técnicas son fundamentales para garantizar la integración segura y efectiva de los sistemas solares fotovoltaicos en las redes

eléctricas [32], adaptándose a las particularidades del sector energético, la infraestructura y las políticas de cada país. Por esta razón la mayoría de países establecen sus propias normativas basadas en normas internacionales como la IEC 61215, IEC 61730, IEC 62109, IEC 61727 y IEEE 1547.

1. Ecuador

La regulación N° ARCONEL-005/24 establece las siguientes especificaciones técnicas [9]:

Tabla 1: Especificaciones técnicas. [9]

Categoría	Microgeneración Distribuida
Potencia	Máxima de 100 kW
Frecuencia	60 Hz
Tensión	120/220 V
Conexión a la Red	Baja Tensión
Estándares de Instalación	Cumplimiento de normas internacionales (IEC)
Medición	Medidor bidireccional

Estas especificaciones y estándares muchas veces no se pueden cumplir en las zonas rurales o aisladas del país entonces se adopta un enfoque específico que promueve la implementación de sistemas híbridos o aislados. Esto se debe a que estas áreas generalmente cuentan con redes eléctricas poco desarrolladas o inexistentes [53] .

2. Argentina

La Secretaría de Energía desempeña la función de autoridad de aplicación para este régimen, mientras que los organismos reguladores de cada jurisdicción asumen las responsabilidades de supervisión, fiscalización y resolución de disputas [13], basados en la ley Ley N° 27.424. que establece las siguientes especificaciones técnicas:

Tabla 2: Especificaciones técnicas. [13]

Categoría	Microgeneración Distribuida
Potencia	Máxima de 300 kW
Frecuencia	50 Hz
Tensión	120/220 V
Conexión a la Red	Baja Tensión
Estándares de Instalación	Cumplimiento de normas IRAM, e IEC.
Medición	Medidor bidireccional

La evolución de las especificaciones técnicas en Argentina para sistemas fotovoltaicos conectados a la red se consolidó con la Ley 27.424 y la Resolución 314/2018, que introdujeron estándares internacionales como IEC 61727 e IEC 62116 [13]. Esto permitió una integración más segura y eficiente de tecnologías renovables, adaptándolas a las particularidades de la infraestructura eléctrica local.

3. Perú

Mediante el decreto Ministerial N° 439-2024-MINEM/DM en su artículo 5 y 6, se establece la potencia máxima para microgeneración distribuida, y la normativa 28832 proporciona las especificaciones técnicas para la interconexión de sistemas de energía renovable con la red eléctrica. A continuación, se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 3: Especificaciones técnicas. [16, 17]

Categoría	Microgeneración Distribuida
Potencia	Máxima de 200 kW
Frecuencia	60 Hz
Tensión	Conexión a la red de distribución (220/380 V)
Conexión a la red	Baja tensión
Estándares de Instalación	Norma Técnica Peruana Sistema fotovoltaico 7310-399-403-1.
Medición	Medidor bidireccional.

Además, la normativa EM.080 se encuentra requisitos técnicos mínimos que garantizan la adecuada operación de instalaciones con energía solar, referenciadas a normativas internacionales como IEC. [54].

4. Colombia

La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) mediante la ley N° 1715 y la Resolución 030 de 2018, establece las las especificaciones técnicas para los sistemas fotovoltaicos conectados a la red para autogeneradores y generadores distribuidos de pequeña escala. A continuación, se presentan las especificaciones más relevantes: [20]

Tabla 4: Especificaciones técnicas [16, 49].

Categoría	Generación Distribuida de pequeña escala
Potencia	Máxima de 1 MW
Frecuencia	60 Hz
Tensión	Conexión a la red de distribución (120/240 V)
Conexión a la red	Baja tensión
Estándares de Instalación	Normas Técnicas Colombianas (NTC).
Medición	Medidor bidireccional.

Además, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIÉ) cuenta con otros requisitos técnicos mínimos que garantizan la adecuada operación de la red eléctrica, su estabilidad y seguridad [55].

5. Bolivia

El Decreto Supremo N° 4477 proporciona un marco regulatorio para la generación distribuida en sus modalidades de mini, micro y nano generación. A continuación, se realiza un resumen de las especificaciones para la categoría de micro generación distribuida, detallados en la tabla siguiente:

Tabla 5: Especificaciones técnicas [24].

Categoría	Microgeneración Distribuida.
Potencia	Entre 10 kW-50kW
Frecuencia	50Hz
Tensión	Conexión a la red de distribución (115/230V)
Conexión a la red	Baja tensión
Estándares de Instalación	Normas Internacionales (IEC).
Medición	Medidor bidireccional.

6. España

El marco regulatorio Real Decreto 244/2019 establece las siguientes especificaciones [52]:

Tabla 6: Especificaciones técnicas. [52]

Categoría	Micro generación Distribuida
Potencia	Máxima de 100 kW
Frecuencia	50 Hz
Tensión	220 V
Conexión a la Red	Baja Tensión
Estándares de Instalación	Cumplimiento de norma UNE
Medición	Medidor bidireccional

La norma UNE 217001 incluye requisitos como la capacidad del inversor para desconectarse automáticamente en caso de anomalías en la red (protección anti-isla) y la gestión de parámetros como el factor de potencia, lo que asegura la estabilidad de la red eléctrica y minimiza las perturbaciones.

3.3.3. Permisos para la instalación.

La obtención de permisos es un paso esencial en el proceso de instalación de sistemas solares fotovoltaicos, ya que asegura que estos cumplan con los requisitos técnicos, legales y ambientales establecidos por las autoridades competentes. A continuación, se detallan los permisos necesarios para la instalación de sistemas de generación distribuida en los países de estudio.

1. Ecuador

La instalación y conexión de sistemas fotovoltaicos para autoconsumo están reguladas por el Ministerio de Energía, ARCONEL y las empresas distribuidoras de electricidad. Los principales permisos y requisitos

son los siguientes [9]:

- **Permiso de acceso y solicitud de viabilidad:** El usuario debe solicitar acceso a la red a la empresa distribuidora de electricidad, proporcionando detalles técnicos del sistema fotovoltaico. Una vez evaluada y aprobada la solicitud, se concede el permiso de conexión [9].
- **Inspección técnica y de certificación:** La empresa distribuidora lleva a cabo una evaluación técnica del proyecto para verificar que se ajuste a los estándares de calidad y seguridad [9]. Además, el sistema debe ser instalado por un técnico autorizado que proporciona un certificado de conformidad con las normativas técnicas.
- **Contrato de Acceso:** El usuario debe formalizar un contrato con la empresa distribuidora, que establece las condiciones para la inyección de excedentes de energía en la red y define el método de compensación.

Línea de tiempo - Ecuador.

Técnico: Envía solicitud de viabilidad.	Técnico: Envía una solicitud de certifi- cado de calificación.	Técnico: Procederá a la instalación.	Firma del contra- to de suministro.	
20 días	31 días	10 días	8 días	1 día
Inicio	51	61	69	70
Distribuidora: Aceptara el procedi- miento y realizara un análisis de viabi- lidad.	Distribuidora: Envía- rá las correcciones si corresponde, y luego se entregara el certifi- cado que incluirá el cronograma de insta- lación.		Distribuidora: Realizará prue- bas de equipos y conexiones.	Distribuidora: Autoriza la entrada en funcionamiento del sistema.

Figura 2. Cronología del proceso de tramitación de un sistema foto-voltaico en Ecuador [56, 9].

- El tiempo aproximado desde la viabilidad hasta la implementación del sistema es de 70 días.

2. Argentina

La instalación de sistemas de auto consumo con conexión a la red está regulada principalmente por la Ley 27.424, conocida como la "Ley de Generación Distribuida"[57]. A continuación, permisos necesarios para la instalación de un sistema de auto consumo conectado a la red.

- **Permiso de acceso y conexión a la red:** El usuario debe gestionar una solicitud de acceso a la red de distribución con la empresa distribuidora local, la cual requiere una evaluación técnica del sistema fotovoltaico propuesto.
- **Inspección técnica y de certificación:** El sistema fotovoltaico debe ser instalado y certificado por un técnico autorizado o instalador habilitado por las autoridades pertinentes. Adicionalmente, en ciertos casos, se lleva a cabo una inspección técnica inicial para asegurar que la instalación cumple con las normativas establecidas.
- **Registro en el REGEF (Registro de Usuarios-Generadores):** Es necesario inscribir la instalación en el Registro Nacional de Usuarios-Generadores (REGEF), administrado por la Secretaría de Energía.
- **Contrato de Acceso:** Es necesario formalizar un contrato de acceso con la distribuidora local, el cual establece las condiciones para la inyección de excedentes de energía en la red y define el sistema de compensación.

Línea de tiempo - Argentina.

El usuario: Envía solicitud de acceso y conexión a la red.	Inspección técnica y de certificación.	Registro en el REGEF.	Contrato de Acceso y facturación.	Firma del contrato.
20 días	10 días	15 días	15 días	1 día
Inicio	30	45	60	61
Distribuidora: Realiza evaluación técnica del sistema propuesto.	Distribuidora: Enviara un técnico autorizado a revisar la instalación y configuración de los dispositivos de protección.		Distribuidora: Realizará instalación de medidor bidireccional.	Establece el proceso de facturación.

Figure 3. Cronología del proceso de tramitación de un sistema fotovoltaico en Argentina [58].

El tiempo aproximado desde la solicitud de acceso y conexión a la red hasta la firma del contrato es de 61 días aproximadamente. La vinculación de un usuario-generador se lleva a cabo de forma online mediante la plataforma "Trámites A Distancia".

3. Perú

en Resolución Ministerial 439-2024-MINEM/DM, basada en la normativa 1221 se encuentra los procedimientos y requisitos para obtener permisos de conexión de sistemas de generación distribuida en Perú. Esta regulación incluye la presentación de solicitudes, inspecciones técnicas y certificaciones necesarias que asegura una integración segura y eficiente de energía renovable a la red eléctrica. La descripción de estos se presenta a continuación.

- **Permiso de acceso y conexión a la red:** Las solicitudes de modificación de suministros por parte de los interesados se tra-

mitarán mediante ajustes en la conexión, conforme a los plazos establecidos en el numeral 7.1.3 de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos [59]. Estas solicitudes deben realizarse a través de la plataforma web del concesionario correspondiente. Luego de aceptada la solicitud el concesionario y el usuario procederá a suscribir el Convenio de Conexión y Operación [17].

- **Inspección técnica y de certificación:** El concesionario realizará una inspección para verificar el cumplimiento de los requisitos técnicos mínimos como: Sistema de medición, sistemas de protecciones de acuerdo a la NTP y IEC, y que cumpla con lo estipulado en la normativa 28832. Además, registrará la fecha efectiva de conexión y enviará dicha acta a OSINERGMIN.
- **Contrato de Acceso:** El distribuidor y el solicitante deberán suscribir el contrato de conexión previo la aceptación del OSINERGMIN al convenio de conexión y operación. Además, si transcurridos 24 meses posterior a la firma del contrato el usuario no se conecta a la red, queda sin efecto el contrato.

Línea de tiempo - Perú.

Técnico: Solicitud de nuevo suministro.	Técnico: Procederá a la instalación.	Firma del contra- to de suministro.
21 días	25 días	10 días
8 días	1 día	
Inicio	46	56
64	65	
Distribuidora: Realizará un análisis de viabilidad previo a la suscripción del convenio de conexión y operación.	Distribuidora: Coordinaciones del Convenio de Conexión y de Operación.	Distribuidora: Realizará pruebas de equipos y conexiones.
		Distribuidora: Autoriza la entrada en funcionamiento del sistema.

Figure 4. Cronología del proceso de tramitación de un sistema fotovoltaico en Perú [17]

- El tiempo aproximado de entrada en funcionamiento del sistema SF es de 65 días, tomando en cuenta que cada proceso es satisfactorio.

4. Colombia

La Resolución CREG 030 de 2018 constituye un paso fundamental en la regulación de la generación distribuida en Colombia [21]. Esta normativa define lineamientos precisos que optimizan y aceleran los procesos de conexión a la red eléctrica, fomentando el uso de fuentes renovables, como la energía solar fotovoltaica, para la generación propia de los usuarios [49]. A continuación se describe los tres puntos importantes del proceso de tramitación para la conexión a la red eléctrica descrita en la Resolución 174 [20] y se realiza una línea de tiempo.

- **Permiso de acceso y conexión a la red:** El solicitante debe presentar el formulario de solicitud de conexión debidamente diligenciado ante el distribuidor, utilizando los medios establecidos en el sistema de información. Junto al formulario, debe adjuntar el estudio de conexión simplificada, diseñado por el Consejo Nacional de Operación (CNO).
- **Inspección técnica y de certificación:** Las pruebas y verificaciones en el sitio durante la etapa de puesta en operación se establecerán en función de la capacidad nominal o instalada, la potencia máxima declarada y los acuerdos relacionados con las pruebas y protecciones del CNO.
- **Contrato de Acceso:** El distribuidor y el solicitante deberán suscribir el contrato de conexión conforme a lo estipulado en el artículo 5 de la Resolución 38 de 2018. Además, si transcurridos seis meses el usuario no se conecta a la red, deberá presentar una nueva solicitud tres meses después de la expiración del contrato.

Línea de tiempo - Colombia.

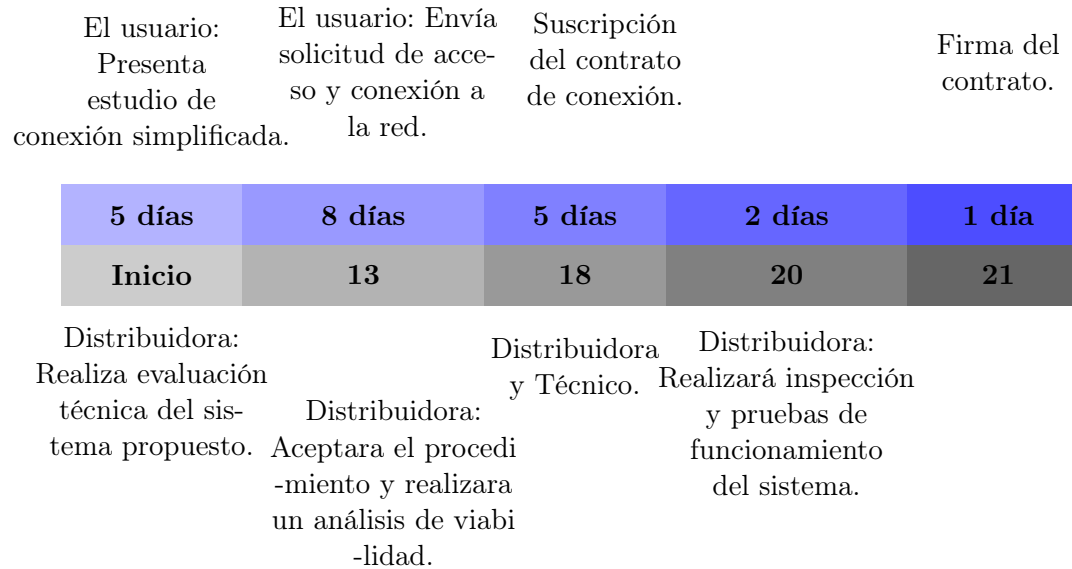


Figure 5. Cronología del proceso de tramitación de un sistema foto-voltaico en Colombia [60, 49].

- El tiempo aproximado desde la viabilidad hasta la implementación del sistema es de 21 días.

5. Bolivia

El Decreto Supremo N° 4477 define los requisitos para conectar sistemas de generación distribuida en Bolivia, incluyendo los procedimientos técnicos y administrativos necesarios para la conexión segura y eficiente con la red eléctrica. A continuación se presenta la descripción del requisito correspondiente [24, 61].

- **Permiso de acceso y conexión a la red:** El usuario presentará la solicitud hacia el distribuidor, este deberá estar expuesto en un sistema informático. Adjunto a este se presentará, el diseño

del proyecto, especificaciones técnicas, certificaciones del proveedor del sistema de Generación Distribuido instalado y otros requisitos establecidos en la Resolución AETN No. 485/2022 [62].

- **Inspección técnica y de certificación:** Las pruebas y verificaciones de puesta en operación se establecerán en función de los requisitos de operación establecidos en el artículo 7 del decreto 4477 [24]. Donde contempla las protecciones necesarias para garantizar la conexión a la red.
- **Contrato de Acceso:** El distribuidor y el solicitante deberán suscribir el contrato de conexión que tendrá validez de 2 años.

Línea de tiempo - Bolivia.

El usuario: Presenta Solicitud de acceso.	Coordinación Usuario-Distribuidor inicio de ejecución de la obra.		Firma del contrato.
30 días	20 días	7 días	1 día
Inicio	50	57	58
Distribuidora: Revisa la solicitud y emite un formulario de acceso.	Distribuidora: Realizará inspección y pruebas de funcionamiento del sistema.		

Figure 6. Cronología del proceso de tramitación de un sistema fotovoltaico en Bolivia [24, 26, 61].

- El tiempo aproximado desde la presentación de la solicitud hasta la firma del contrato es de 58 días.

6. España

Se estructura según el Real Decreto 244/2019, que establece los permisos para la instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red [63]:

- **Permiso de acceso y conexión a la red:** Se debe solicitar acceso y conexión a la red a la empresa distribuidora, este proceso incluye evaluación técnica de la instalación, Una vez aprobado el acceso, se otorga el permiso de conexión para que el sistema pueda inyectar excedentes a la red.
- **Inspección técnica y de certificación:** La instalación debe ser ejecutada por un instalador autorizado y certificada según la normativa vigente para garantizar el cumplimiento de los requisitos técnicos y de seguridad.
- **Contrato de Acceso y Facturación:** Se debe firmar un contrato con la distribuidora eléctrica que establece las condiciones de acceso a la red y la compensación por la energía inyectada.

Línea de tiempo - España.

Técnico: Envía solicitud de acceso y un punto de conexión.	La distribuidora envía la propuesta con las condiciones de acceso y conexión.	Técnico: Envía la aceptación de la propuesta.	Empresa autorizada realizará la conexión.	Firma del contrato.
10 días	30 días	15 días	1 a 90 días	1 día
Inicio	40	55	56	57
Distribuidora: Analiza la solicitud.	Distribuidora: Indica que la propuesta es válida por 3 meses.	Se procede con la instalación.		

Figure 7. Cronología del proceso de tramitación de un sistema fotovoltaico en España [56].

- El tiempo aproximado desde la presentación de la solicitud hasta la firma del contrato es de 57 días.

3.3.4. Comercialización y facturación.

Los procesos comerciales relacionados con la facturación eléctrica de los autoconsumidores conectados a la red abarcan más aspectos que únicamente el costo de la energía en el mercado. Según [64], los esquemas más relevantes en este contexto son la facturación neta y la medición neta.

1. Ecuador

La Regulación N° ARCONEL-005/24 [9], establece las condiciones comerciales para los usuarios de auto consumo, facilitando el proceso entre el usuario y la empresa distribuidora. A continuación, se describe el este proceso:

- **Medición:** Se emplea un medidor bidireccional que registra tanto la energía consumida de la red como la que se devuelve a la misma [9].
- **Compensación:** El esquema de facturación para sistemas fotovoltaicos conectados a la red se regula bajo el modelo de medición neta [65]. Este mecanismo permite a los auto consumidores utilizar la energía generada por sus sistemas fotovoltaicos para satisfacer su consumo interno y, además, inyectar los excedentes de generación a la red eléctrica [64].
 - Los excedentes de energía se remuneran según una tarifa de venta establecida, que normalmente es inferior al costo de adquisición de energía de la red, y los créditos resultantes se deducen de la factura mensual del usuario [37].
 - Cada mes se realiza un balance entre la energía inyectada y la consumida de la red [9].

- Si el balance resulta negativo, es decir, si la energía inyectada supera a la consumida, se genera un crédito energético que puede acumularse por un período de hasta dos años. Es importante señalar que esta compensación por excedentes no se traduce en un beneficio económico directo.

2. Argentina

En Argentina con la Ley N° 27.424 [13], se implementó mecanismos de comercialización para los excedentes de energía conectados a la red de distribución. A continuación, se describe este proceso:

- **Medición:** Se emplea un medidor bidireccional para medir la energía consumida e inyectada a la red. La factura se calcula considerando la diferencia entre ambos valores, determinando así el saldo a abonar [66].
- **Compensación:** Se implementa el modelo de facturación neta como esquema de compensación, el usuario-generador recibirá un estado de cuenta en el que se especifican tanto la energía consumida como la inyectada a la red, junto con los precios aplicables por kilovatio hora (kWh).
 - Si el usuario tiene un excedente de energía inyectada durante un periodo, se le otorgan créditos que pueden descontarse de las facturas de los siguientes períodos [66].
 - La remuneración económica por la energía entregada a la red se calcula con base en el precio mayorista, correspondiente al valor al que el distribuidor adquiere la electricidad en el mercado mayorista [13].

3. Perú

La resolución Ministerial 439-2024-MINEM/DM en su artículo 13 [17], nos indica que la energía generada por los sistemas de GD se destinará prioritariamente al autoconsumo. En caso de existir excedentes, estos podrán ser inyectados a la red de distribución mediante los siguientes sistemas.

- **Medición:** El sistema de medición será bidireccional y electrónico, diseñado para registrar tanto la energía inyectada y consumida por el usuario. La OSINERGMIN determinará las especificaciones técnicas necesarias para asegurar su compatibilidad con las opciones tarifarias correspondientes.

- **Compensación:**

Para la comercialización por la inyección de excedentes a la red de distribución el usuario podrá disponer de las siguientes alternativas.

- **Comercialización en el Mercado de Corto Plazo.**

Los excedentes son vendidos en el Mercado de Corto Plazo mediante un representante autorizado para participar en el mismo. Esta opción es para Usuarios del Servicio Público de Electricidad conectados al SEIN.

- **Venta mediante contratos de suministro.**

Los excedentes pueden ser comercializados a través de contratos de venta de energía con distribuidores o generadores, aplicándose esta modalidad tanto en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) como en los Sistemas Aislados.

- **Compensación regulada por inyecciones:** Los excedentes generados por los usuarios se valorará considerando la Opción Tarifaria del Usuario del Servicio Público de Electricidad [67]. El valor de estos excedentes se descontará de la factura mensual del usuario. Si el valor de los excedentes supera el monto de la factura, el saldo se aplicará para compensar facturas futuras, sin generar intereses. Este mecanismo es aplicable tanto en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) como en los Sistemas Aislados.

En los tres casos el usuario emplea el mecanismo de facturación neta permitiendo a los generadores distribuidos vender sus excedentes, obteniendo un valor tarifario [68]. Además, el tiempo de cobro dependerá de cada distribuidor.

4. Colombia

La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) mediante la Resolución 030 de 2018, establece mecanismos para la venta de energía excedente a la red eléctrica, facilitando la comercialización entre el usuario y la empresa distribuidora [49]. A continuación, se describe este proceso.

- **Medición:** Utiliza un sistema de medición bidireccional que registre tanto la energía consumida como la inyectada, permitiendo compensar el consumo o vender los excedentes a la comercializadora.
- **Compensación:** Para la inyección de excedentes a la red de distribución [49], se implementa un esquema de compensación económica basado en el modelo de medición neta (Net Metering)[68], en la cual:
 - La energía inyectada por el usuario puede ser utilizada para compensar el consumo dentro del mismo período de facturación, y por este intercambio, el usuario deberá abonar una parte de la tarifa correspondiente definido en la resolución CREG 119 de 2007.
 - Si la cantidad de energía inyectada es mayor que la consumida, la diferencia se reflejará como un crédito en la factura de energía. En caso de que el consumo exceda la energía inyectada, el usuario deberá abonar la diferencia al operador de la red.
 - Según la normativa vigente, los excedentes generados se facturarán al usuario-generador en el mes siguiente al período de facturación en el cual se registraron.

5. Bolivia

El Comité Nacional de Despacho de Carga (CNDC) ha establecido un mecanismo para remunerar los excedentes de energía generados por los

autoprodutores conjuntamente con el Decreto Supremo N° 4477. Este esquema valora la energía inyectada a la red a un precio de generación, mientras que la energía consumida desde la red de la empresa distribuidora se tarifa según las tarifas reguladas [24, 69]. A continuación, se describe este proceso.

- **Medición:** Utiliza un sistema de medición bidireccional que registre tanto la energía consumida como la inyectada, permitiendo compensar el consumo o vender los excedentes a la comercializadora.
- **Compensación:** Para la inyección de excedentes a la red de distribución [49], se implementa un esquema de compensación económica basado en el modelo de medición neta (Net Metering)[68], en la cual los excedentes de energía generados que se inyectan en la red se compensan mediante créditos mensuales, basándose en los siguientes criterios [24]:
 - Retribución por uso de la red de Distribución.
 - Cantidad de energía inyectada de forma remota.
 - Cantidad de energía retirada de forma remota.
 - Bloques horarios para la inyección y retiro remoto.
 - Balance de energía.
 - Disponibilidad y capacidad de la Red de Distribución.

Además, la energía que no se compense durante el mes podrá acumularse durante un máximo de doce (12) meses seguidos. Asimismo, no se podrá transferir esta energía no compensada a otros suministros.

6. España

El Real Decreto 244/2019, establece que el auto consumo puede ser con excedentes, es decir que los excedentes se pueden integrar a la red de distribución, y a su vez regula la comercialización de la energía eléctrica [52].

- **Medición:** Se utiliza un medidor bidireccional para registrar tanto el consumo de energía de la red como la inyección a la misma. La factura se calcula en función de la diferencia entre ambos valores [37].
- **Compensación:** Se utiliza una compensación simplificada, basada en el modelo de facturación neta [37] en el cual:
 - Los excedentes inyectados se descuentan automáticamente de las facturas del usuario, según una tarifa acordada con la comercializadora, sin requerir trámites adicionales por parte del usuario [37].
 - Cada mes se realiza un balance entre la energía consumida y la inyectada a la red, valorándose esta última a un precio fijado por el operador del sistema eléctrico, el cual suele ser ligeramente inferior al precio del mercado mayorista, disponible en el sitio web de ESIOS [70].

En 2020, el gobierno de España eliminó el Impuesto al sol, que antes se aplicaba a los usuarios de sistemas fotovoltaicos que vertían energía a la red. Esta medida eliminó una barrera para el autoconsumo y ha impulsado el crecimiento de las instalaciones solares en hogares y empresas, fomentando el uso de energías renovables [71].

3.4. Análisis comparativo.

A partir de los resultados obtenidos por cada criterio estudiado en los distintos países, se realiza un análisis comparativo, con el objetivo de identificar similitudes, diferencias y mejores prácticas. Además, se ofrece una visión integral sobre la efectividad de las normativas en el fomento de la conexión de sistemas fotovoltaicos a la red, con especial atención al contexto de Ecuador.

3.4.1. Marco regulatorio

Tabla 7: Cuadro comparativo de la normativa actualizada. (Autoría propia)

País	Ley Principal	Objetivo	Año de Actualización
Ecuador	NºARCERNNR 08/2023, Nº ARCONEL-005/24	Establecer el marco normativo y fomentar la generación distribuida	2024
Argentina	Ley Nº 27.424	Promover la producción distribuida de energía renovable incorporada a la red	2019
Perú	Ley 28832	Desarrollo eficiente de la generación eléctrica en Perú	2024
Colombia	Ley 1715 de 2014	Regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional	2021
Bolivia	Decreto Supremo 4477	Define condiciones generales para la conexión de sistemas de generación distribuida	2024
España	Real Decreto 244/2019	Fomentar la integración de energías renovables	2019

En Ecuador, al igual que en otros países, existe una legislación que regula la generación de energías renovables, incluyendo la solar fotovoltaica. Sin embargo, se observan algunas diferencias importantes como en España que las normas técnicas para la conexión de sistemas fotovoltaicas son muy detalladas lo que garantiza una integración más efectiva y segura de los sistemas en la red eléctrica, en Colombia se ha encargado de realizar un marco normativo accesible y claro para los usuarios.

En Perú, el enfoque de fomentar el desarrollo de energías renovables y permitir el acceso a la energía eléctrica está bien definido en su legislación, mientras que, en otros países, el enfoque puede estar más en la regulación técnica y menos en los aspectos de fomento y acceso. Estas

diferencias subrayan la importancia de un marco regulatorio bien definido y accesible para fomentar el desarrollo y la adopción de energías renovables en cada país.

3.4.2. Especificaciones técnicas

Tabla 8: Cuadro comparativo de las especificaciones técnicas. (Autoría propia)

País	Potencia máxima de conexión	Frecuencia	Tensión	Conexión de red	Estándares	Medición
Ecuador	100 kW	60 Hz	127/220 V	Baja tensión	Normas IEC	Medidor Bidireccional
Argentina	300 kW	50 Hz	120/220	Baja tensión	Normas IRAM e IEC	Medidor Bidireccional
Perú	200 kW	60 Hz	220/380 V	Baja tensión	Norma técnica Peruana 7310-399-403-1.	Medidor Bidireccional
Colombia	1 MW	60 Hz	120/240V	Baja tensión	Normas técnicas colombianas	Medidor Bidireccional.
Bolivia	10 kW-50kW	50 Hz	115/230 V	Baja tensión	Normas IEC	Medidor Bidireccional
España	100 kW	50 Hz	220 V	Baja tensión	Norma UNE	Medidor Bidireccional

A la luz de los resultados obtenidos de la tabla anterior se puede decir que, dentro de los países de estudio, Latinoamérica cuenta con normativas más actuales, a excepción de Perú, que es uno de los países con poco interés, por parte de sus gobiernos por impulsar la generación de energía renovable distribuida [18]. Aunque dentro de su capacidad máxima de conexión, notamos que posee un índice medio de potencia instalada. Por otra parte, Argentina y Colombia son los países que dentro de su normativa, posee un mayor límite para la potencia instalada de SF que los otros países, debido a que tienen un índice de radiación solar mayor a comparación de los otros países, permitiendo generar mayor potencia por parte de los SF [44].

3.4.3. Permisos de instalación

Tabla 9: Cuadro comparativo de los permisos de instalación. (Autoría propia)

Criterio	Ecuador	Argentina	Perú	Colombia	Bolivia	España
Permisos de acceso	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido
Inspección técnica	Requerido	No requerida	Requerida	Requerida	No requerida	Requerida
Certificación técnica de la instalación	Emitida por técnico autorizado	Emitida por técnico habilitado	Emitida por un instalador autorizado	Emitida por un técnico autorizado	Emitida por empresas habilitadas	Emitida por un instalador autorizado
Contrato de conexión	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido
Tiempo aproximado del proceso	70 días	61 días	65 días	21 días	58 días	57 días

Con los resultados obtenidos en la tabla se puede decir que, si bien existe un marco regulatorio común en muchos aspectos para la cone-

xión de sistemas fotovoltaicos en los países analizados, las diferencias en cuanto a los requisitos específicos, como la inspección técnica y la certificación de la instalación, reflejan diferencias regulatorias.

España sobresale por su normativa integral, que abarca procedimientos específicos como el registro de autoconsumo y la evaluación por parte de la distribuidora, garantizando mayor seguridad y confiabilidad en la operación de los sistemas fotovoltaicos. En contraste, en países de Latinoamérica como Argentina y Bolivia, la ausencia de una inspección técnica previa a la instalación refleja la necesidad de fortalecer la armonización y seguridad en los procedimientos de conexión a la red.

Es importante señalar que en las líneas de tiempo de países como Bolivia y Colombia no se considera el período asignado al usuario para la instalación del sistema, ya que la normativa correspondiente no está claramente definida ni existen registros documentados en la literatura sobre estas experiencias.

3.4.4. Comercialización y Facturación

Tabla 10: Cuadro comparativo de la comercialización y facturación. (Autoría propia)

País	Compensación	Forma de compensación	Valor de los excedentes	Transferencia de excedentes	Reserva de créditos	Ingresos adicionales
Ecuador	Medición neta	Créditos en kWh (energía)	1:1 en kWh (valor nominal)	Se descuentan del consumo energético	Limitada a un año	No
Argentina	Facturación neta	Créditos monetarios en factura	Precio que paga la distribuidora (menor)	Se descuentan del costo de consumo	Limitada a periodos de facturación	No
Perú	Facturación neta	Créditos monetarios en factura	Precio que paga la distribuidora	Se descuentan del costo de consumo	x	No
Colombia	Medición neta	Créditos en kWh (energía)	1:1 en kWh (valor nominal)	Se descuentan del consumo energético	x	No
Bolivia	Medición neta	Créditos en kWh (energía)	1:1 en kWh (valor nominal)	Se descuentan del consumo energético	Limitada a 12 meses	No
España	Facturación neta (compensación simplificada)	Ingresos por venta al mercado	Precio del mercado mayorista	Venta independiente al consumo	No aplica	Si

El esquema de comercialización, podemos observar que, Colombia en su normativa contempla 2 tipos de mediciones, medición y facturación neta. La primera realiza un balance a nivel físico (El valor de la energía excedente generada por el usuario es igual a la despachada por el

distribuidor (1:1)) y la segunda a nivel económico, permitiendo a los usuarios una mayor confiabilidad al momento de aportar excedentes de energía a la red [72]. Mientras que, Ecuador, Bolivia y Perú solamente tiene un esquema, de medición neta. Por otra parte España, además de tener un esquema de facturación neta también posee una política llamada compensación simplificada que ayuda a fortalecer el esquema por ende su facturación es mas optima [37]. Todos los esquemas manejan un medición mediante un medidor bidireccional, como se nota en la tabla 8 para los diferentes países.

4. Discusión.

El análisis comparativo de las normativas para la interconexión de sistemas fotovoltaicos en América Latina y España evidencia importantes diferencias en términos de accesibilidad, tiempos de aprobación y métodos de facturación. España, con un marco regulatorio consolidado y en constante evolución, ha logrado facilitar la integración de la generación distribuida mediante procesos simplificados y políticas claras [38].

En contraste, en América Latina se observa una gran heterogeneidad: Argentina ha desarrollado regulaciones más flexibles y favorables, mientras que Ecuador y Perú persisten barreras administrativas que dificultan la adopción de estas tecnologías.

Los permisos de conexión son claros en Ecuador, Argentina, Colombia y España, mientras que en Perú y Bolivia no lo son y crean confusiones a la hora de su interpretación, en Ecuador aunque se ha concluido que es un proceso claro y lógico para obtener los permisos de conexión, estudios como [73] llegan a la conclusión que la deficiencia administrativa y la rigurosidad de las normativas técnicas pueden complicar los trámites significativamente para el desarrollo de proyectos. Sugieren que la falta de capacitación técnica en ciertas regiones podría complicar la implementación de SF a la red distribución.

Por otro lado, España cuenta con un sistema de comercialización, de compensación simplificada, que permite un trato económico y justo al

momento que el usuario venda sus excedentes de energía a la red [42]. Ecuador debería implementar un esquema similar, ya que el existente contempla un balance neto que compensa la energía excedente inyectada a la red por una tarifa minorista [74]. A pesar que, Ecuador tiene una capacidad de potencia instalada de 100 kW a diferencia de Argentina que son 300 kW para SF creadas para el auto consumo con inyección de excedentes a la red, esta potencia es incipiente comparada con la alta penetración de energía solar [75]. Mientras que Argentina se encuentra como uno de los líderes, en aumento de potencia instalada planteando un modelo descentralizado de generación distribuida para SF [15].

Por otro lado, al comparar la metodología planteada en trabajos como [43] y [75], se advierte similitudes en el proceso de comparación de los criterios estudiados. Sin embargo en este trabajo se ha focalizado en países de referencia diferentes incluyendo a España que tiene un desarrollo superior a los países de América Latina, esto permite tener un espectro más grande sobre el estudio de las normativas. Además, que teniendo a España en las comparaciones nos da una mejor visión del nivel de las regulaciones en el resto de países, lo cual nos permite observar cuales son las barreras que no dejan desarrollar este tipo de tecnologías y enfocarnos en los aspectos a mejorar.

5. Conclusiones

Dado que la sociedad experimenta constantes transformaciones y avances tecnológicos, que generan cambios inevitables en el medio ambiente. Por lo cual, existen varias estrategias para mitigar los efectos adversos que podrían provocar. Como primer paso es necesario evaluar las políticas sobre la integración de recursos renovables disponibles, conocer en profundidad sus ventajas y desventajas.

Por otro lado, se deben identificar las deficiencias de las normativas existentes, para reconocer el problema de la poca incorporación de estas tecnologías y así crear regulaciones adecuadas que incluyan la energía como uno de sus ejes centrales de desarrollo.

Este artículo presentó la comparativa de normativas para la conexión de sistemas fotovoltaicos a la red para autoconsumo en América Latina y España. El cual permitió identificar diferencias significativas en los requisitos técnicos, administrativos y comerciales. España se destaca por una regulación clara y bien estructurada que facilita la integración de la generación distribuida, mientras que en América Latina se observan disparidades marcadas entre países con marcos regulatorios avanzados y otros con normativas incipientes o restrictivas.

Esta información llega a ser base para el análisis y mejora de las normativas actuales. En Ecuador, especialmente entre los clientes residenciales, aún está en una etapa temprana, aunque podría acelerarse debido a nuevas regulaciones y los recientes problemas de abastecimiento. Sin embargo, es preocupante que, a pesar de contar con un marco regulatorio relativamente reciente, actualizado en 2024, el desarrollo de la GD aún es limitado.

Uno de los principales hallazgos es que los países con regulaciones más flexibles y procesos administrativos ágiles, como España y Argentina, han logrado una mayor penetración de energía solar distribuida [32, 56]. En contraste, aquellos con requisitos complejos y tiempos de trámite prolongados, como Ecuador y Perú, presentan barreras que limitan el desarrollo del sector.

Se recomienda que los países con normativas menos favorables adopten prácticas exitosas observadas en España y en otras regiones, como la simplificación de los procedimientos de conexión, la reducción de procesos burocráticos que promuevan la adopción de energías renovables. Además, es fundamental fomentar la digitalización de trámites y la estandarización de requisitos técnicos para agilizar la interconexión de sistemas fotovoltaicos.

Finalmente, este estudio resalta la importancia de marcos regulatorios que equilibren la seguridad del sistema eléctrico con la promoción de la generación distribuida. Para futuras investigaciones, se sugiere evaluar el impacto económico de las normativas en la adopción de energía solar

y explorar mecanismos innovadores para la integración de tecnologías emergentes, como el almacenamiento de energía y la gestión inteligente de la red.

6. Recomendaciones

- Se recomienda agilizar los trámites de conexión de sistemas fotovoltaicos mediante la estandarización y digitalización de los procedimientos. La adopción de plataformas en línea optimizaría la gestión, mejorando la accesibilidad y transparencia del proceso.
- Es fundamental la creación de normativas unificadas que establezcan criterios técnicos claros y homogéneos, facilitando la interoperabilidad de equipos y la integración con las redes eléctricas. La adopción de estándares internacionales contribuiría a reducir costos y mejorar la seguridad del sistema eléctrico.
- Se recomienda la implementación de esquemas de incentivos financieros, tales como tarifas de inyección competitivas, exenciones fiscales y subsidios a la inversión en generación distribuida. Estos mecanismos han demostrado ser clave para acelerar la adopción de energías renovables en mercados más desarrollados.
- Es fundamental mantener diversos esquemas de generación distribuida fotovoltaica, como en España, para ampliar su adopción. Esto permitiría incluir distintos sistemas y consumidores en los beneficios estatales, impulsando el crecimiento del sector.
- Se recomienda reforzar la cooperación internacional para intercambiar experiencias, armonizar normativas y definir directrices comunes que impulsen el desarrollo del sector fotovoltaico. La creación de foros de trabajo entre reguladores y actores clave favorecería la adopción de mejores prácticas.

7. Referencias

Referencias

- [1] A. Hernández-Granados, C. F. Arias-Ramos, D. K. Becerra-Paniagua, H. Z. Hu, and H. Martínez, “Celdas solares de perovskita híbrida,” *Energías Renovables*, 2023. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:259635456>
- [2] M. R. Gámez, A. V. Pérez, M. Fernandez, and M. V. Llanes, “Sistemas fotovoltaicos y la ordenación territorial,” 2013. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:129402603>
- [3] L. Chabla-Auqui, D. Ochoa-Correa, E. Villa-Ávila, and P. Astudillo-Salinas, “Distributed generation applied to residential self-supply in south america in the decade 2013–2023: A literature review,” *Energies*, 2023. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:261324398>
- [4] C. Ramos, M. Alvargonzález, and B. Moreno, “Study of energy poverty in the european union: the effect of distributed generation,” *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, vol. 17, 2022. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:254638264>
- [5] A. dos Santos, C. Vezzoli, B. G. Parra, S. L. M. Mata, S. Banerjee, C. Kohtala, F. Ceschin, A. Petrulaityte, G. G. Duarte, I. B. Dickie, R. Balasubramanian, and N. Xia, “Distributed economies,” *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2021. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:243039697>
- [6] U. Europea, “Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables,” *Diario Oficial de la Unión Europea*, vol. 2018, no. L 328, pp. 82–209, 2018, [en línea]. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=ES>.
- [7] L. Umbarila, F. Moreno, and J. Rivera Rodríguez, “Importancia de las energías renovables en la seguridad energética y

- su relación con el crecimiento económico.” *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, vol. 6, p. 231, 12 2015.
- [8] J. Muñoz, “Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador,” *INGENIUS*, 2018.
 - [9] A. A. de Regulación y Control de Electricidad, “Regulación nro. arconel-005/24 (codificada),” Sesión de Directorio del 27 de octubre de 2024, October 2024, marco normativo de la generación distribuida para el autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica.
 - [10] A. de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, “Ley organica del servicio publico de energia electrica.” *ARCERNNR*, 2015.
 - [11] W. P. P. Naranjo, “Análisis y evaluación de la generación distribuida fotovoltaica como alternativa para mitigar la crisis energética en Ecuador,” *Bastcorp International Journal*, 2025. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:275398030>
 - [12] E. Dicósimo, “La atracción de inversiones extranjeras en energías renovables no convencionales en Argentina, el caso del programa renovar (2016-2019),” *Revista Neiba, Cadernos Argentina Brasil*, 2023. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:266536299>
 - [13] P. de la República Argentina, “Régimen de fomento a la generación distribuida de energía renovable a la red eléctrica pública, ley nro. 27,424,” *Constitucion Nacional*, 2017.
 - [14] E. S. y Cámara de Diputados, “Ley 27424,” *Informacion Legislativa*, 2019.
 - [15] A. N. Martínez and A. M. Porcelli, “Análisis del marco legislativo argentino sobre el régimen de fomento a la generación distribuida de energía renovable integrada a la red pública,” 2018. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:158910841>
 - [16] G. de Perú, “Ley n^o 28.832,” 2006, ley que modifica la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado. [Online]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5256157/Exposici%C3%B3n%20de%20motivos.pdf?v=1696970819>

- [17] M. de Energía y Minas, “Exposición de motivos: Reglamento de generación distribuida conectada a sistemas de utilización de los usuarios de servicio público de electricidad,” Gobierno de Perú, 2024. [Online]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7281741/6223160-exposicion-de-motivos.pdf?v=1732640498>
- [18] P. Gamio, “La reforma pendiente de energía: generación distribuida,” *THEMIS Revista de Derecho*, 2021. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:252724191>
- [19] R. C. Espinoza, C. M. Luque, E. Muñoz-Cerón, and J. de la Casa, “Barreras a superar en el intento de una intervención masiva de sistemas fv conectados a la red en el Perú,” 2018. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:165329715>
- [20] G. de Colombia, “Resolución 174 de 2021,” octubre 2021, por la cual se regulan las actividades de auto-generación a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional. [Online]. Available: https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_creg_0174_2021.htm
- [21] E. ZTGE. (2025) Resolución creg 030: Normativa y oportunidades para la generación distribuida en Colombia. Artículo publicado en LinkedIn, analizando la normativa y sus implicaciones en la generación distribuida. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/resoluci%C3%B3n-creg-030-normativa-y-oportunidades-para-la-generaci%C3%B3n-eztge/>
- [22] A. R. López, A. Krumm, L. Schattenhofer, T. Burandt, F. C. Montoya, N. Oberländer, and P.-Y. oei, “Solar pv generation in Colombia - a qualitative and quantitative approach to analyze the potential of solar energy market,” *Renewable Energy*, 2020. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:208835673>
- [23] J. G. Tapias, C. L. Sandoval, and J. J. P. Sánchez, “Análisis de prospectiva del sector energético de Colombia, para la integración de fuentes fotovoltaicas en los sistemas de distribución de energía eléctrica aplicando una revisión en bases de

- datos científicas,” *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, 2018. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:165382294>
- [24] República de Bolivia, “Decreto supremo 4477,” Reglamento sobre Generación Distribuida de energía eléctrica., March 2021, publicado en la Edición 1371NEC. [Online]. Available: <https://www.aetn.gob.bo/web/main?mid=1&cid=217>
- [25] J. O. García, C. O. Navarro, R. S. López, M. A. C. Manosalva, A. Tapia, B. A. León, M. V. Benavente, and L. M. A. Lezama, “Meta análisis de los sistemas fotovoltaicos en viviendas rurales. casos: Perú y bolivia,” *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 2022. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:251150313>
- [26] C. R. de Electrificación (CRE), “Registro, verificación y conexión a la red eléctrica de cre de proyectos de generación distribuida,” 2023. [Online]. Available: <https://www.cre.com.bo/wp-content/uploads/2023/02/MA000GC.010-R2-Registro-Verificaci%C3%B3n-Conexion-Proyecto-Generacion-Distribuida.doc.pdf>
- [27] D. R. Alcócer-Ayala, Y. P. Vallejo, D. F. Sempértegui-Tapia, and R. O. Lafuente, “Caso de estudio: Impacto de la generación distribuida en redes eléctricas de distribución,” *INVESTIGACION & DESARROLLO*, 2023. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:265955621>
- [28] J. J. A. Ríos, V. A. Ahnert, J. B. Gil, and E. M. Díaz, “La regulación del autoconsumo en españa: ¿un impuesto al sol?” 2017. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:134470197>
- [29] Voltimum. Crowdnett y sonnencommunity. [Online]. Available: <https://www.voltimum.es/articulos-tecnicos/crowdnett-y-sonnencommunity>
- [30] N. P. Miklavev, “Régimen de fomento a la generación distribución de energía renovable integrada a la red eléctrica pública,” 2019. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:171885149>
- [31] I. Bonilla-Campos, F. J. Sorbet, and D. Astrain, “Radical change in the spanish grid: Renewable energy generation

- profile and electric energy excess,” *SSRN Electronic Journal*, 2022. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:248383495>
- [32] P. de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), “El estado de la generación distribuida solar fotovoltaica en américa latina y el caribe,” Panamá, 2022, elaborado con el apoyo financiero de la Unión Europea a través del Programa EUROCLIMA+. [Online]. Available: <https://www.euroclimaplus.org>
 - [33] A. P. Y. Tapia, P. A. C. Mayorga, J. A. R. Encalada, and P. B. S. Toscano, “Estudio técnico económico para implementación de paneles fotovoltaicos interconectados a la red de distribución,” *Revista de Investigación Talentos*, vol. 10, no. 2, pp. 54–66, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.33789/talentos.10.2.190>
 - [34] M. Larrea Bastera, U. Castro Legarza, and E. Álvarez Pelegry, “Instalaciones fotovoltaicas aisladas y conectadas a la red: Un análisis técnico-económico,” Bilbao, España, 2017.
 - [35] F. Lipa Yapo and C. E. Zevallos Sicus, “Propuesta de norma reglamentaria para la generación distribuida para autoconsumo en el Perú,” 2023.
 - [36] B. L. Atz Bar, “Diseño de investigación para la mejora de la cadena de suministro para generación distribuida renovable con energía solar fotovoltaica mediante selección de proveedores,” Ph.D. dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2022.
 - [37] A. Ordóñez and E. Sánchez, “Análisis comparativo del autoconsumo eléctrico en ecuador y España,” in *CIES2020-XVII Congreso Ibérico e XIII Congreso Ibero-americano de Energía Solar*. LNEG-Laboratório Nacional de Energia e Geologia, 2020, pp. 1359–1368.
 - [38] L. R. R. G. J. P. D. Ángel Ordóñez, Esteban Sánchez, “Medición neta y facturación neta en autoconsumo fotovoltaico: los casos de Ecuador y España,” 2024, artículo de investigación preliminar no revisado por pares. [Online]. Available: <https://ssrn.com/abstract=4042735>

- [39] R. P. Gustavo Coria, Franco Penizzotto, “Economic analysis of photovoltaic projects: The argentinian renewable generation policy for residential sectors,” *Renewable Energy*, vol. 133, pp. 1167–1177, 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148118309986>
- [40] G. P. d. R. Alpaca Barrera, “La esperada reglamentación de la generación distribuida: un análisis del proyecto de decreto supremo para sugerencias o comentarios aprobado por resolución ministerial n° 292-2018-men/dm.” 2023.
- [41] G. Acuña Navarro, A. M. Gómez Giraldo *et al.*, “Venta de excedentes de energia en colombia: estrategias para la implementación del modelo en el marco de la transicion energetica.”
- [42] V. H. Pérez, A. Milo, N. Goitia-Zabaleta, and P. N. Borza, “A comparative analysis based on energy self-consumption regulations in spain, romania and ecuador,” in *2022 18th International Conference on the European Energy Market (EEM)*. IEEE, 2022, pp. 1–8.
- [43] G. M. Cataña Díaz, “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.” B.S. thesis, Quito: EPN, 2024., 2024.
- [44] G. M. V. Gil, R. B. A. Cunha, S. G. D. Santo, R. M. Monaro, F. F. Costa, and A. J. S. Filho, “Photovoltaic energy in south america: Current state and grid regulation for large-scale and distributed photovoltaic systems,” *Renewable Energy*, vol. 162, pp. 1307–1320, 2020. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:225283118>
- [45] E. López-López, S. Tobón, and L. G. Juárez-Hernández, “Escala para evaluar artículos científicos en ciencias sociales y humanas-eacsh,” *REICE. Revista Iberoamericana Sobre Calidad, Eficacia y Cambio En Educacion*, vol. 17, no. 4, pp. 111–125, 2019.
- [46] M. de Justicia y Derechos Humanos, “Ley 27191. régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía

- destinada a la producción de energía eléctrica. modificación.” *Constitucion nacional*, 2018.
- [47] G. de Perú, “Decreto legislativo n^o 1221,” 2018, norma sobre promoción de inversiones en Perú. [Online]. Available: <https://www.peru.gob.pe/decreto1221>
 - [48] C. de Colombia, “Ley 1715 de 2014,” 2014. [Online]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>
 - [49] C. de Regulación de Energía y Gas (CREG), “Resolución creg 030 de 2018,” 2018, por la cual se establecen las condiciones técnicas y comerciales para los sistemas de generación distribuida conectados al Sistema Interconectado Nacional (SIN). [Online]. Available: <https://www.creg.gov.co/resolucion-030-de-2018>
 - [50] G. de Colombia, “Resolución creg n^o 135 de 2021 - colombia,” https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/creg_resolucion_0135_2021.htm, 2021, accedido: 2024-07-22.
 - [51] J. del Estado, “Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del sector eléctrico,” 2013. [Online]. Available: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-13645>
 - [52] G. de España, “Real decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica,” 2019, bOE número 83, 6 de abril de 2019. [Online]. Available: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2019-5089>
 - [53] M. J. M. Mantilla, “Enfoque para zonas rurales o aisladas en sistemas eléctricos híbridos o aislados,” Comunicación interna o archivo personal, 2022, tutor: Marco Aurelio Romero Cevallos.
 - [54] “Instalaciones con energía solar: Decreto supremo n^o 010-2009,” Gobierno de Perú, 2009. [Online]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366716/69%20EM.080%20INSTALACIONES%20CON%20ENERG%C3%8DA%20SOLAR%20DS%20N%C2%B0%20010-2009.pdf>

- [55] M. de Minas y Energía de Colombia, “Decreto 348 de 2017,” 2017, por el cual se reglamenta la Ley 1715 de 2014 en relación con los contratos de conexión y las condiciones para el acceso a la red eléctrica por parte de los autogeneradores y generadores distribuidos. [Online]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=79793>
- [56] Á. J. O. Mendieta, E. S. Hernández, L. R. Izquierdo, R. G. Ovejero, and J. Parra-Domínguez, “Net-metering and net-billing in photovoltaic self-consumption: The cases of ecuador and spain,” *SSRN Electronic Journal*, 2022. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:247136440>
- [57] M. de Justicia y Derechos Humanos, “Ley 26190. régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica. modificación.” *Informacion Legislativa*, 2018.
- [58] Secretaría de Energía - Ministerio de Economía, *Instructivo para el Usuario-Generador: Pasos para la conexión del Usuario-Generador*, Gobierno de Argentina, August 2022. [Online]. Available: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/instructivo_para_el_usuario_generador_ago2022.pdf
- [59] Osinergmin, “Norma técnica de calidad de los servicios eléctricos,” 1997. [Online]. Available: https://www.osinergmin.gob.pe/cartas/documentos/electricidad/normativa/NTCSE_DS020-97-EM.pdf
- [60] C. de Regulación de Energía y Gas (CREG). (2025) Procedimiento simplificado para la conexión a un operador de red. Documento oficial sobre el procedimiento simplificado para la conexión a un operador de red, publicado por la CREG. [Online]. Available: https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/ee_2_17_2_4.htm#:~:text=PROCEDIMIENTO%20SIMPLIFICADO%20PARA%20LA%20CONEXI%C3%93N%20A%20UN,el%20contenido%20m%C3%ADnimo%20publicado%20por%20la%20CREG.

- [61] A. de Fiscalización de Electricidad y Tecnología Nuclear (AETN), “Resolución administrativa aetn-r-0486-27-22,” 2022, accedido: 23 de enero de 2025. [Online]. Available: <https://www.aetn.gob.bo/docfly/app/webroot/uploads/AETN-R-0486-27-22-A-rloza-2022-09-02-i.pdf>
- [62] —, “Resolución administrativa aetn-r-0485-27-22,” 2022. [Online]. Available: <https://sawi.aetn.gob.bo/docfly/app/webroot/uploads/AETN-R-0485-27-22-A-rloza-2022-09-02-i.pdf>
- [63] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Normativa de autoconsumo. [Online]. Available: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/oficina-de-autoconsumo/normativa-de-autoconsumo>
- [64] Y. Yamamoto, *Feed-in tariffs and the economics of renewable energy*. Springer, 2018.
- [65] A. de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, “Marco normativo de la generación distribuida para autoabastecimiento de consumidores regulados de energía eléctrica, regulación nro. arconel 008/23.” *AR-CERNNR*, 2023.
- [66] G. Coria, F. Penizzotto, and R. Pringles, “Economic analysis of photovoltaic projects: The argentinian renewable generation policy for residential sectors,” *Renewable Energy*, vol. 133, pp. 1167–1177, 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148118310486>
- [67] Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), “Norma opciones tarifarias y condiciones de aplicación de las tarifas a usuario final,” 2009. [Online]. Available: <https://www.osinergmin.gob.pe/Resoluciones/pdf/2009/NormaOpcionesTarifariasResolucionOSINERGMIN-182-2009-OS-CD.pdf>
- [68] S. Colombia, “Generación solar y financiamiento de la generación distribuida sostenible en colombia,” *PNUMA*, 2021.
- [69] G. de Bolivia, “Decreto supremo n^o 5167,” junio 2024, decreto Supremo que regula la generación distribuida.

- [70] E. R. E. de España, “Análisis del precio de la energía,” 2021. [Online]. Available: https://www.esios.ree.es/es/analisis/1739?vis=1&start_date=16-03-2021T00%3A00&end_date=16-03-0005T00%3A00&compare_start_date=15-03-2021T00%3A00&groupby=hour
- [71] SocialEnergy. (2025) ¿sigue existiendo el impuesto al sol? Accedido: 19 de enero de 2025. [Online]. Available: https://www.socialenergy.es/normativas/sigue-existiendo-el-impuesto-al-sol/?utm_source=chatgpt.com
- [72] M. A. Kabir, F. Farjana, R. Choudhury, A. I. Kayes, M. S. Ali, and O. Farrok, “Net-metering and feed-in-tariff policies for the optimum billing scheme for future industrial pv systems in bangladesh,” *Alexandria Engineering Journal*, vol. 63, pp. 157–174, 2023.
- [73] D. F. G. Pinargote, G. J. B. Sornoza, A. V. Pérez, and M. R. Gámez, “La generación distribuida y su regulación en el ecuador,” *Brazilian Journal of Business*, vol. 3, no. 3, pp. 2018–2031, 2021.
- [74] J. P. M. Vizhñay, M. V. R. Moncayo, and C. R. B. Calle, “Incentivo a la generación distribuida en el ecuador,” *Ingenius: Revista de Ciencia y Tecnología*, pp. 60–68, 2018. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:117292141>
- [75] M. Videla, A. Krautner, I. H. Eyra, J. C. Duran, and J. C. Pla, “Estado actual del desarrollo de la generación fotovoltaica distribuida en argentina,” 2023.