



La paz con  
legalidad  
es de todos

Agencia de  
Renovación  
del Territorio



## LINEAMIENTOS PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE PROYECTOS DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS

### PROYECTOS DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS ETAPAS DE PREFACTIBILIDAD Y FACTIBILIDAD

AGENCIA DE RENOVACIÓN DEL TERRITORIO  
DIRECCIÓN DE ESTRUCTURACIÓN Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS

2022



La paz con  
legalidad  
es de todos

Agencia de  
Renovación  
del Territorio



## AGENCIA DE RENOVACIÓN DEL TERRITORIO

**Juan Carlos Zambrano**

Director General de la Agencia de Renovación del Territorio

## DIRECCIÓN DE ESTRUCTURACIÓN Y EJECUCIÓN DE PROYECTOS

José Alejandro Bayona

Dirección de Estructuración y ejecución de Proyectos

Director

**Carlos Hernando Álvarez Martínez**

Subdirección de Ordenamiento y Desarrollo Sostenible

Subdirector

**Mónica Pinzón Salavarrieta**

Subdirección de Ordenamiento y Desarrollo Sostenible

Contratista



## Tabla de Contenido

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
1. ANTECEDENTES TÉCNICOS Y NORMATIVOS .....	5
2. ANTECEDENTES AMBIENTALES DEL PROYECTO.....	7
3. INCENTIVOS A LA INVERSIÓN EN PROYECTOS DE FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA .....	8
4. SUSTITUCIÓN DE GENERACIÓN CON DIÉSEL EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS. ....	9
5. SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS.....	9
5.1. Objetivo.....	9
5.2. Criterios y condiciones iniciales para implementar proyectos de sistemas solares fotovoltaicos.	9
.....	9
5.3. Análisis de riesgos financieros, técnicos, ambientales y sociales.....	11
5.4. Sostenibilidad económica, ambiental, social, y tecnológica.....	12
5.5. Monitoreo, reporte y verificación de sistemas solares fotovoltaicos.....	13



## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con las definiciones de la Ley 1715 de 2014, las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER), son aquellos recursos de energía renovable disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleados o son utilizados de manera marginal y no se comercializan ampliamente. Se consideran FNCER la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la eólica, la geotérmica, la solar y los mares.

Dentro de las iniciativas del Plan de Acción para la Transformación Regional (PATR) hay 302 iniciativas que están relacionadas con FNCER y otras 125 iniciativas adicionales que, aunque tienen un objetivo general diferente, contienen algún requerimiento adicional relacionado con energías renovables. Estas primeras 302 iniciativas se encuentran distribuidas regionalmente de la siguiente forma:

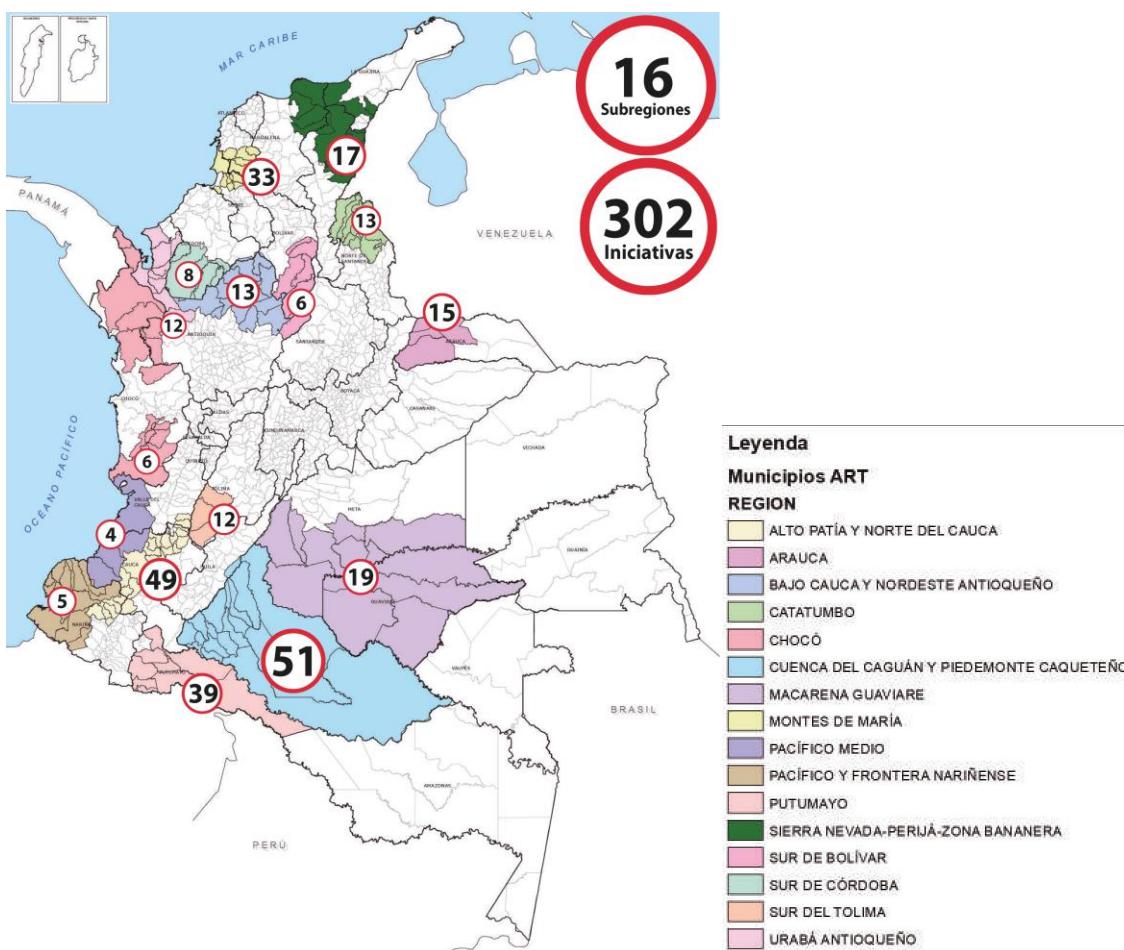


Figura 1. Distribución de iniciativas FNCER en el PATR



## 1. ANTECEDENTES TÉCNICOS Y NORMATIVOS

Los principales antecedentes técnicos que sirven como referencia para los procesos de estructuración de proyectos de instalación de sistemas solares fotovoltaicos, se encuentran en los siguientes documentos:

- Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME).
- Manual guía para la formulación, presentación y registro de proyectos, para acceder a los recursos del fondo de apoyo financiero para la energización de las zonas no interconectadas (FAZNI). Ministerio de Minas y Energía.
- Proyecto tipo de instalación de sistemas solares fotovoltaicos individuales en zonas no interconectadas. Departamento Nacional de Planeación. Bogotá, D.C., 2016.
- Normas Técnicas Colombianas - NTC 2774 de 1990, NTC 2960 de 1991, NTC 3322 de 1992, y NTC 5434, PARTE 1 Y 2 de 2011, sobre colectores solares.
- Normas Técnicas Colombianas - NTC 2959 de 1991, guía para caracterizar las baterías de almacenamiento para sistemas fotovoltaicos.
- Norma Técnica Colombiana - NTC 3507 de 1993, NTC 4368 de 1997 y NTC 5291 de 2004, sobre sistemas domésticos de agua caliente que funcionan con energía solar.
- Norma Técnica Colombiana - NTC 1736 de 2005, energía solar. definiciones y nomenclatura para variables de radiación solar, parámetros meteorológicos, y parámetros de orientación y localización.
- Norma Técnica Colombiana - NTC 2775 de 2005, define conceptos de arreglo fotovoltaico, batería, potencia pico, celda fotovoltaica, corriente de carga, eficiencia de conversión, oblea, respuesta espectral, silicio policristalino, entre otros términos generales.
- Norma Técnica Colombiana - NTC 4405 de 1998, sobre la evaluación de la eficiencia de los sistemas solares fotovoltaicos y sus componentes.
- Norma Técnica Colombiana - NTC 5678 de 2006, describe los procedimientos de medida en sitio de las características de campos fotovoltaicos de silicio cristalino y la extrapolación de estos datos a condiciones estándar.
- Norma Técnica Colombiana - NTC 5549 de 2007, Esta norma brinda una visión general de los sistemas fotovoltaicos terrestres generadores de potencia y de los elementos funcionales que los constituye.
- Norma Técnica Colombiana - NTC 5513 de 2007, describe los procedimientos de medida de la característica corriente-voltaje para celdas solares de silicio cristalino.
- Norma Técnica Colombiana - NTC 5627 de 2008, componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos.
- Norma Técnica Colombiana - NTC 5710 de 2009, protección contra las sobretensiones de los sistemas fotovoltaicos productores de energía.
- Norma Técnica Colombiana - NTC 5287 de 2009, la cual suministra la información necesaria referente a los requisitos de las baterías que se utilizan en los sistemas solares fotovoltaicos y de los métodos de ensayo típicos utilizados para verificar la eficiencia de las baterías.



- Normas Técnicas Colombianas – NTC 2183 de 2014 y NTC 5759 de 2010, que establecen las pautas de medida de rendimiento de los acondicionadores de potencia usados en los sistemas fotovoltaicos aislados y en los conectados a la red eléctrica.
- Norma Técnica Colombiana – NTC 6016 de 2013, la cual define los requisitos de comportamiento y rendimiento de los controladores de carga de batería y todas las que apliquen para estos reguladores.
- Normas Técnicas Colombianas - NTC 2883 de 2006, NTC 5433 de 2006, NTC 5509 de 2008, NTC 5464 de 2010 y NTC 5512 de 2013, relacionadas con módulos fotovoltaicos.
- Normas europeas de la *International Electrotechnical Commission* – IEC, que cuenta con un comité dedicado a sistemas de energía solar fotovoltaica (TC 82): [https://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:22:0:::FSP\\_ORG\\_ID:1276](https://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:22:0:::FSP_ORG_ID:1276).

El marco normativo relacionado con estos lineamientos se relaciona a continuación:

- Política Nacional de Cambio Climático de 2017, que tiene como objetivo incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca.
- Documento CONPES 3918 de 2018, establece la hoja de ruta entre los temas priorizados para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), e incluye la energía asequible y no contaminante para el cumplimiento de la estrategia de transformación hacia sociedades sostenibles y resilientes.
- Documento CONPES 3934 de 2018, formula la Política de Crecimiento Verde para guiar al país a una transición hacia un modelo económico más sostenible, para lo cual incluye estrategias orientadas a mejorar el uso de los recursos naturales en los sectores económicos de manera que sean más eficientes y productivos, y se reduzcan y minimicen los impactos ambientales y sociales generados por el desarrollo de las actividades productivas.
- Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas No Convencionales (PROURE), que tiene como objetivo contribuir a asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el ambiente y los recursos naturales.
- Ley 142 de 1994, por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.
- Ley 1715 de 2014, por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.
- Ley 1931 de 2018 que establece las directrices para la gestión del cambio climático.
- Ley 1955 de 2019, por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022.
- Decreto 1623 de 2015, por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas No Interconectadas.
- Decreto 1076 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible y se determinan las condiciones y competencias para el Licenciamiento Ambiental de proyectos para el sector eléctrico a partir de fuentes no convencionales de energía renovable – FNCER.



- Decreto 2143 de 2015, por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, Decreto 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo 111 de la Ley 1715 de 2014.
- Decreto 1623 de 2015, modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas No Interconectadas.
- Decreto 2462 de 2018, por el cual se modifica el Decreto 1079 de 2015 en relación con la no exigencia del Diagnóstico Ambiental de Alternativas para fuentes de energía solar, eólica, geotérmica y mareomotriz.
- Decreto 2106 de 2019, por el cual se dictan normas para simplificar, suprimir y reformar trámites, procesos y procedimientos innecesarios existentes en la administración pública; y en el que se establece que UPME certificará los equipos y servicios objeto de incentivos a la inversión en proyectos de fuentes no convencionales de energía.
- Resolución 1670 de 2017, establece los Términos de Referencia para el EIA para proyectos de uso de energía solar fotovoltaica.

## 2. ANTECEDENTES AMBIENTALES DEL PROYECTO.

Es importante establecer las potenciales implicaciones del proyecto en relación con las políticas, planes, programas y proyectos a nivel nacional, departamental y municipal que estén contemplados en la zona de localización del proyecto, con el propósito de evaluar posibles superposiciones.

Desde la parte ambiental, es necesario realizar la identificación de la necesidad de presentar solicitudes de sustracción de reservas forestales de Ley 2 de 1959 y/o de levantamiento de vedas (donde aplique); áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas - SINAP y Sistemas Regionales de Áreas Protegidas - SIRAP, ecosistemas estratégicos y áreas ambientalmente sensibles, conceptos de compatibilidad en Distritos de Manejo Integrado y en zonificación de manglares, entre otros aspectos de pertinencia ambiental.

En este sentido, son competencia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), los proyectos, obras o actividades que afecten las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales, en el marco de actividades allí permitidas, previo concepto del grupo de trámites y evaluación ambiental de Parques Nacionales Naturales (PNN).

En términos de las condiciones y competencias para el Licenciamiento Ambiental de proyectos para el sector eléctrico es necesario remitirse al Decreto 1076 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. En el Artículo 2.2.2.3.2.3. de este Decreto se establece que para exploración y uso de fuentes de energía virtualmente contaminantes con capacidad instalada de igual o mayor a diez (10) MW y menor de cien (100) MW se debe adelantar el trámite de licenciamiento ambiental con Corporaciones Autónomas Regionales; y el Artículo 2.2.2.3.2.2. establece que los proyectos de exploración y uso de fuentes de energía alternativa virtualmente contaminantes con capacidad instalada superior o igual cien (100) MW, son competencia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). Por otra parte, si el proyecto no requiere licencia ambiental, en este mismo Decreto se establecen el



procedimiento y requisitos para la solicitud de los permisos, autorizaciones y trámites ambientales que apliquen según el caso.

### 3. INCENTIVOS A LA INVERSIÓN EN PROYECTOS DE FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA.

A partir de la Ley 1715 de 2014 se establecen los siguientes incentivos como fomento a la Investigación, desarrollo e inversión en el ámbito de la producción de energía eléctrica con FNCE, así como la gestión eficiente de la energía:

- Los obligados a declarar renta que realicen directamente inversiones en este sentido tienen derecho a deducir de su renta, en un período no mayor de 15 años, contados a partir del año gravable siguiente en el que haya entrado en operación la inversión, el 50% del total de la inversión realizada. Teniendo en cuenta que el valor a deducir por este concepto en ningún caso podrá ser superior al 50% de la Renta Líquida del contribuyente, determinada antes de restar el valor de la inversión.
- Los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la preinversión e inversión, para la producción y utilización de energía a partir de las fuentes no convencionales, así como para la medición y evaluación de los potenciales recursos están excluidos de IVA.
- Las personas naturales o jurídicas que sean titulares de nuevas inversiones en nuevos proyectos de FNCE gozan de exención del pago de los Derechos Arancelarios de Importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de preinversión y de inversión de proyectos con dichas fuentes.
- La actividad de generación a partir de FNCE, goza del régimen de depreciación acelerada. La depreciación acelerada será aplicable a las maquinarias, equipos y obras civiles necesarias para la preinversión, inversión y operación de la generación con FNCE, que sean adquiridos o construidos, exclusivamente para ese fin.

Por otra parte, se crea el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía. Los recursos que nutran este Fondo podrán ser aportados por la Nación, entidades públicas o privadas, así como por organismos de carácter multilateral e internacional.

Con los recursos del Fondo se podrán financiar parcial o totalmente, entre otros, programas y proyectos dirigidos al sector residencial de estratos 1, 2 y 3, tanto para la implementación de soluciones de autogeneración a pequeña escala, como para la mejora de eficiencia energética mediante la promoción de buenas prácticas, equipos de uso final de energía, adecuación de instalaciones internas y remodelaciones arquitectónicas.

Igualmente se podrán financiar los estudios, auditorías energéticas, adecuaciones locativas, disposición final de equipos sustituidos y costos de administración e interventoría de los programas y/o proyectos.

Los proyectos financiados con este Fondo deberán cumplir evaluaciones costo-beneficio que comparen el costo del proyecto con los ahorros económicos o ingresos producidos.



#### 4. SUSTITUCIÓN DE GENERACIÓN CON DIÉSEL EN LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS.

Con base en la Ley 1715 de 2014, el Gobierno Nacional busca implementar un programa destinado a sustituir progresivamente la generación con diésel en las ZNI con el objetivo de reducir los costos de prestación del servicio y las emisiones de gases contaminantes, por medio de las siguientes acciones:

- Áreas de servicio exclusivo de energía eléctrica y gas combustible que cumplan con lo establecido en el artículo 40 de la Ley 142 de 1994 y demás disposiciones de dicha ley.
- Esquema de incentivos a los prestadores del servicio de energía eléctrica en Zonas no Interconectadas que cumplan con evaluaciones costo-beneficio resultantes de la comparación del costo de los incentivos con los ahorros producidos por la diferencia de costos entre la generación con FNCE en lugar del diésel.

#### 5. SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS.

De acuerdo con el informe de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), en su informe titulado “Costes de Generación de Energía Renovable en 2014”, los costos de generación de energía a través de fuente de energías renovables, como la eólica y la energía solar fotovoltaica, se han venido igualando respecto a las tecnologías de generación convencionales a través de combustibles fósiles, hecho que se ha potenciado por los descensos en algunos costos de inversión en la tecnología.

Dentro de las principales aplicaciones de sistemas aislados, alimentados por este tipo fuentes no convencionales de energía renovable, están: la electrificación de viviendas y edificios, principalmente para iluminación y electrodomésticos de baja potencia; igualmente se emplea para aplicaciones agropecuarias y ganaderas, bombeo, calefacción y tratamiento de agua, soluciones de alumbrado público, antenas de telefonía aisladas de la red, señalización y comunicaciones.

##### 5.1. Objetivo.

Proveer alternativas solares fotovoltaicas en zonas de acceso limitado al servicio de energía eléctrica y que poseen un alto potencial energético solar por su ubicación y radiación.

##### 5.2. Criterios y condiciones iniciales para implementar proyectos de sistemas solares fotovoltaicos.

Previo a la ejecución de los proyectos de sistemas solares fotovoltaicos, es muy importante tener claridad si la comunidad está de acuerdo con la instalación de estas soluciones, así mismo estimar una línea base y contar con información sobre la caracterización de las necesidades energéticas específicas de los usuarios. El medio de mayor utilización y más recomendado para estos fines es la encuesta a las comunidades.



Adicionalmente, es importante que se tenga claridad que el sistema debe responder al contexto y características propias de cada zona donde se implementará, como niveles de radiación, piso térmico, caracterización de la demanda en especial sobre el uso de la energía, horas de prestación del servicio, capacidad de pago de los beneficiarios, entre otras.

El ahorro energético y económico que se puede conseguir sustituyendo sistemas convencionales por sistemas de bombeo solares puede llegar a ser muy significativo, pero es importante que el sistema esté diseñado de acuerdo con la demanda real de agua. Adicionalmente, se deben considerar la radiación solar, las condiciones climatológicas de la zona y los requerimientos hidráulicos (como la profundidad del pozo, las pérdidas adicionales por presión en las tuberías y accesorios, altura estática de elevación del agua, entre otros).

Por otra parte, y de acuerdo con la Guía para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética del banco de Desarrollo de América Latina, en el caso de sistemas de alumbrado público se viene extendiendo el uso de iluminación del tipo LED autónomo, en donde la energía consumida por la luminaria es suministrada por un pequeño módulo fotovoltaico y almacenada en una batería diseñada normalmente con una autonomía de dos días, para tener respaldo en días nublados; este sistema es necesario para cada luminaria (o poste). Este tipo de alumbrado público debe ser energéticamente eficiente para optimizar el uso de energía acumulada, por lo que deben contar con sensores de presencia y fotoceldas para su encendido y apagado automático.

Finalmente, para facilitar la formulación de un proyecto para la instalación de sistemas solares fotovoltaicos individuales como solución para una vivienda rural aislada en Zonas No Interconectadas (ZNI), es importante revisar los siguientes criterios y condiciones iniciales:

Criterio	Descripción	Condición
Evitar duplicidad	Proyectos estructurados o en estructuración	Se deben revisar la iniciativa a trabajar contra los proyectos estructurados o en proceso de estructuración por las entidades territoriales y el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE)
Ubicación	Zona no interconectada o aislada	Consiste en ubicar el predio destinado para la construcción, e identificar como mínimo el área ( $m^2$ ), la pendiente (%) y linderos. Adicionalmente, se deberá verificar con los operadores y prestadores del servicio de energía eléctrica de la región que no se encuentre en planes de interconexión en los próximos 5 años
Dispersión	Distancia entre los hogares a atender	Se debe georreferenciar la ubicación de cada hogar que se va a beneficiar del proyecto de tal manera que pueda verificarse que son usuarios dispersos y no concentrados o agrupados
Usuarios	Número de viviendas mínimas para la ejecución del proyecto	Se deberá contar al menos con 20 usuarios sin servicio. De no contar con el mínimo de 20 usuarios se debe revisar la opción de presentar el proyecto con otro municipio



Criterio	Descripción	Condición
Recurso solar	Radiación solar	Se debe ubicar el municipio en el mapa de radicación del IDEAM para determinar la cantidad promedio de recurso solar disponible en kWh/m <sup>2</sup>
Piso térmico	Menor a 1000 msnm Mayor a 1000 msnm	Identificar si la mayoría de los predios se encuentran en piso térmico cálido o en piso templado frío, tendrá variaciones en el diseño de la solución solar
Solución solar aislada SSA	Definición del sistema que se instalará para cada usuario	La definición de la solución solar adecuada depende de la relación de los criterios de piso térmico y recurso solar, con esto se determina el tamaño, configuración y costo aproximado

Tabla 1. Criterios y condiciones iniciales. Fuente: Adaptada del proyecto tipo de instalación de sistemas solares fotovoltaicos individuales en zonas no interconectadas. Departamento Nacional de Planeación. Bogotá, D.C., 2016.

### 5.3. Análisis de riesgos financieros, técnicos, ambientales y sociales.

A continuación, se resumen los posibles riesgos financieros, técnicos, ambientales y sociales de un proyecto de energía solar fotovoltaica:

Riesgo	Tipo	Medida de mitigación
Eficiencia del sistema	Técnico	Realizar un diseño adecuado teniendo en cuenta las mediciones de campo y las características propias de la zona donde va a ser implementado. Se recomienda el uso de algún software especializado para el cálculo de la instalación.
Calidad de los equipos	Técnico	Se deben utilizar equipos que cuenten con certificaciones internacionales o nacionales si son aplicables.
Rentabilidad	Financiero y Técnico	Determinar los costos de inversión de acuerdo con los precios del mercado, tomando en cuenta las inversiones adicionales por el mantenimiento y recambio de componentes del sistema solar fotovoltaico durante la vida útil del proyecto e incluir en el análisis los posibles beneficios tributarios destinados a este tipo de proyectos. Dentro del estudio de viabilidad financiera se deben identificar las diferentes fuentes de financiación con las que cuentan las entidades territoriales para este tipo de proyectos como el Presupuesto General de la Nación (PGN), el Sistema General de Regalías (SGR), el Sistema General de Participaciones (SGP), el Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas (FAZNI) y Rentas Propias. Todas estas fuentes deben ser consultadas, identificando los recursos que pueden financiar y los requisitos establecidos para tener acceso a ellas, cumpliendo con la normatividad aplicable que los rijan.



Riesgo	Tipo	Medida de mitigación
Disposición final de residuos	Ambiental	Todos los residuos que se generen en la instalación del sistema solar fotovoltaico y desmantelamiento de equipos actuales (aplica para alumbrado público) se deben entregar a una compañía acreditada que certifique una adecuada disposición final de acuerdo con los lineamientos de la normativa aplicable.
Mal manejo de los sistemas	Social, Financiero y Técnico	El proyecto debe contemplar monitoreo y seguimiento a los equipos, considerando que se trata de tecnologías a las que las comunidades no están habituadas y los equipos son susceptibles de un mal manejo que los lleve a una vida útil más corta de la prevista.

Tabla 2. Posibles riesgos financieros, técnicos, ambientales y sociales Fuente: Adaptada de la Guía para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética del Banco de Desarrollo de América Latina.

Por otra parte, es necesario considerar lo establecido en el numeral 2 “ANTECEDENTES AMBIENTALES DEL PROYECTO” de este documento, en cuanto a la evaluación de posibles superposiciones, así como las condiciones y competencias de los permisos, autorizaciones y licencias ambientales relacionados con estos proyectos.

#### 5.4. Sostenibilidad económica, ambiental, social, y tecnológica.

De acuerdo con el proyecto tipo de instalación de sistemas solares fotovoltaicos individuales en zonas no interconectadas, la sostenibilidad del proyecto debe garantizar el funcionamiento en el tiempo como mínimo durante la vida útil de los paneles solares es decir un promedio de 20 años y en lo posible estar ligada o no afectar los ingresos de la población, es por esto por lo que se recomienda que estas poblaciones cuenten con modelos de negocio que faciliten la sostenibilidad de estos.

A continuación, se detallan los aspectos que se deben tener en cuenta dentro de los componentes de la sostenibilidad económica, ambiental, social, y tecnológica:

- **Sostenibilidad económica:** el objetivo de los proyectos debe estar diseñado en forma tal que se garantice que los ingresos perduren en el tiempo y su rentabilidad económica y financiera. Se deben establecer unos niveles mínimos de servicio, que se cuenten con sistemas de tarifas adaptados a la capacidad y voluntad de pago de los usuarios. En los costos de inversión se debe disponer de recursos para el reemplazo de partes a lo largo de la vida útil del proyecto; por ejemplo, aunque la vida útil del proyecto es por lo general de 25 años, los inversores tienen una vida útil un poco mayor a 10 años teniendo que ser remplazados durante el proyecto.
- **Sostenibilidad ambiental:** Se debe establecer un procedimiento planificado de disposición final de las baterías que incluya el procedimiento de reciclaje (revisar la opción de que con la entrega de las baterías desechadas se reconozca parte del pago de las nuevas). Adicionalmente, se debe garantizar un manejo responsable de residuos con gestores certificados durante todo el proceso, de acuerdo con la normativa vigente.



- **Sostenibilidad social:** Se debe favorecer la inclusión de población local en el desarrollo y operación de los proyectos por medio de esquemas comunitarios en que los residentes participen en forma activa en los proyectos; la socialización de los proyectos a la comunidad; y la firma de acuerdos sobre la solución a implementar. Lo anterior con el fin de garantizar que la comunidad se apropie de la solución que se implementará.
- **Sostenibilidad tecnológica:** los equipos a instalar, paneles, reguladores, inversores y baterías, deben estar certificados nacional o internacionalmente. Adicionalmente, el diseño e instalación de los equipos debe realizarse por profesionales competentes y con experiencia en este tipo de sistemas. En este sentido, también es importante contar con un operador o prestador del servicio que garantice la operación, administración, mantenimiento, reposiciones, limpieza y revisión del funcionamiento del sistema (que permita determinar su consumo, cortes, saturación, seguimiento de indicadores, entre otros). Este operador puede ser una empresa prestadora de servicio público o una asociación de la misma comunidad.

## 5.5. Monitoreo, reporte y verificación de sistemas solares fotovoltaicos.

De acuerdo con el proyecto tipo de instalación de sistemas solares fotovoltaicos individuales en zonas no interconectadas, estas instalaciones requieren un mantenimiento periódico en el que se haga una limpieza general de los paneles, revisión de la operación de los equipos entre otros, además los elementos deben ser reemplazados una vez cumplan su vida útil. Se estima que dando un uso adecuado al sistema las baterías deberán reemplazarse cada 7 años, los reguladores cada 10 y los inversores cada 12 años. Teniendo en cuenta esto, es fundamental para garantizar la sostenibilidad de los sistemas diseñar mecanismos de recaudo que cubran estos costos.

En relación con el seguimiento, se deben considerar recursos que permitan realizar un Sistema de Información Geográfica, para el seguimiento a los indicadores de resultado del proyecto. La administración, operación y mantenimiento se debe realizar con recursos obtenidos de una tarifa mensual que se obtenga por el servicio de energía solar o de los equipos instalados por el Gobierno Nacional entregados a la población beneficiada, y con los cuales se pueda cubrir los siguientes costos una vez el sistema sea entregado a cada uno de los usuarios:

- Mantenimiento y limpieza del panel solar.
- Mantenimiento y limpieza del inversor, regulador, gabinete y banco de baterías.
- Revisión del funcionamiento de los equipos.
- Sistema inteligente de medición y gestión del servicio.

De acuerdo con la Guía para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética del banco de Desarrollo de América Latina, es necesario llevar indicadores relacionados con la generación eléctrica, valores de radiación, alarmas y otros indicadores que permiten gestionar y evaluar el rendimiento de la instalación solar fotovoltaica. El monitoreo y verificación de un proyecto de energía solar fotovoltaica puede hacerse de manera continua, instalando un medidor de energía antes del punto de conexión a la red. A continuación, se relacionan algunos de los indicadores propuestos:



Indicador	Unidades	Valor exante	Valor expost
Generación de energía fotovoltaica	kWh/año	No aplica	
Consumo de energía de otro tipo de energía (cuando apliquen sistemas de energía híbridos) <sup>1</sup>	kWh/año		
Reducción de consumo de energía	kWh/año	No aplica	
Reducción de emisiones de GEI	Ton CO <sub>2</sub> /año		

Tabla 3. Indicadores. Fuente: Adaptada de la Guía para la Evaluación de Elegibilidad de Financiación de Proyectos de Eficiencia Energética del Banco de Desarrollo de América Latina.

La energía generada por el sistema fotovoltaico corresponde a la energía desplazada de la red o del sistema de autogeneración actual (si aplica), y que se traduce en los ahorros generados del proyecto. Asimismo, el valor de la reducción de emisiones se calcula teniendo en cuenta el origen de la energía eléctrica que se consume en la actualidad, para sistemas conectados a la red se usa el factor de emisión del sistema interconectado nacional establecido por el Ministerio de Minas y Energía y la Unidad de Planeación Minero Energética – UPME; para el caso de autogeneración convencional con combustibles, se debe usar el factor de emisión de acuerdo con la tecnología de generación

<sup>1</sup> Sí el sistema solar fotovoltaico está desplazando energía proveniente de combustibles, se pueden usar indicadores de consumo en términos de volumen o masa (p. ej. galones/año, m<sup>3</sup> /año, etc.).