

**Monografía de avalúos de predios rurales para la instalación de granjas solares en
Colombia: Análisis técnico, jurídico y económico**

Claudia Natalia Mendieta Chacón, Nubia Hernández Mancilla

Trabajo de grado para optar el título de Especialista de Avalúos

Director

Edgar Jesús Rojas Ramírez

Ingeniero civil

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Especialización en Avalúos

2026

Agradecimientos

A Dios por la sabiduría, la constancia y las oportunidades que hicieron posible culminar este proceso de formación, confiando siempre en su propósito perfecto

A nuestro director por su valiosa orientación y acompañamiento a lo largo de todo el desarrollo de este trabajo. Su disposición permanente, sus aportes conceptuales y metodológicos, así como su lectura crítica y rigurosa del documento, fueron fundamentales para fortalecer la calidad académica de este documento

Contenido

Introducción	14
1. Monografía de avalúos de predios rurales para la instalación de granjas solares en Colombia: análisis técnico, jurídico y económico	16
1.1 Planteamiento del problema	16
1.2 Justificación	17
1.3 Objetivos	18
1.3.1 Objetivo general	19
1.3.2 Objetivos específicos	19
1.3.3 Relación entre los objetivos y capítulos de la monografía	19
2. Marco referencial	20
2.1 Marco teórico	20
2.1.1 Teoría de la renta del suelo	21
2.1.2 Servicios ecosistémicos y valoración ambiental	21
2.1.3 Modelos multicriterio de valoración	22
2.1.4 Gobernanza territorial y teorías de desarrollo sostenible	23
2.1.5 Estándares internacionales de valoración (IVS 2025)	24
2.1.6 Integración de teorías para el avalúo de predios solares	24
2.2 Marco conceptual	25
2.2.1 Avalúo rural	25
2.2.2 Granjas solares: definición y características	26
2.2.3 Viabilidad en proyectos solares	26
2.2.4 Sostenibilidad como criterio de valoración	27

2.2.5 Rentabilidad y plusvalía en predios solares	28
2.2.6 Diferencia entre avalúo tradicional y avalúo para energía.	28
2.3 Marco legal	29
2.3.1 Ley 388 de 1997: Ordenamiento territorial	29
2.3.2 Ley 99 de 1993: Medio ambiente y sostenibilidad	30
2.3.3 Ley 1715 de 2014: Energías renovables no convencionales	30
2.3.4 Decreto 1073 de 2015 y Resolución UPME 40374 de 2016	31
2.3.5 Compromisos internacionales y transición energética	31
2.4 Antecedentes	32
2.4.1 Evolución de la energía solar en Colombia	32
2.4.2 Experiencias relevantes en Colombia	32
2.4.5 Aportes académicos	33
2.4.6 Aportes institucionales	33
2.4.6.1 Análisis del mapa de radiación solar de Colombia (UPME, 2026).	35
2.4.6.2 Zonas de mayor valoración energética en Colombia (según el mapa anual).	36
2.4.7 Procesos de licenciamiento y consulta previa	37
2.4.8 Experiencias internacionales relevantes	37
2.4.8.1 México.	37
2.4.8.2 Brasil.	38
3. Método	38
3.1 Enfoque de investigación	38
3.2 Diseño metodológico	39
3.2.1 Fase I: Diagnóstico inicial	39

3.2.2 Fase II: Evaluación de criterios	40
3.2.3 Fase III: Propuesta metodológica	40
3.3 Técnicas de recolección de información	40
3.4 Validez y confiabilidad	41
3.5 Limitaciones de la investigación	41
3.6 Análisis técnico del avalúo	42
3.6.1 Irradiación solar como factor determinante	42
3.6.2 Topografía y condiciones geomorfológicas	43
3.6.3 Acceso a redes eléctricas y logística de conexión	43
3.6.4 Condiciones edafológicas y ambientales	44
3.6.5 Riesgos naturales y climáticos	44
3.6.6 Herramientas técnicas para el avalúo	45
3.7 Análisis jurídico del avalúo	45
3.7.1 Restricciones de uso del suelo y ordenamiento territorial	46
3.7.2 Derechos de propiedad y tenencia de la tierra	46
3.7.3 Licencias ambientales y permisos sectoriales	47
3.7.4 Consulta previa con comunidades étnicas	48
3.7.5 Seguridad jurídica en la adquisición de predios	48
3.8 Análisis económico del avalúo	49
3.8.1 Rentabilidad en proyectos solares	50
3.8.2 Plusvalía en predios solares	50
3.8.3 Riesgos económicos	50
3.9 Propuesta metodológica	51

3.9.1 Principios rectores de la metodología	51
3.9.2 Etapas de la metodología	52
3.9.3 Matriz de ponderación	52
3.9.3.1 Factores técnicos (40 %).	53
3.9.3.2 Factores económicos (30 %).	53
3.9.3.3 Factores jurídicos (20 %).	53
3.9.3.4 Factores ambientales y sociales (10 %).	54
3.9.4 Comparación con otros estudios	54
3.9.5 Aplicación en una matriz de valoración	55
3.9.6 Validación con expertos	55
3.9.7 Aplicabilidad de la metodología	55
3.9.8 Ejemplo de aplicación de la metodología	56
3.9.10 Análisis de factores según la metodología	57
3.9.11 Cálculo del valor base comercial	58
3.9.12 Recomendaciones y condiciones	59
3.10 Análisis comparativo mediante el método de capitalización de rentas	59
3.10.1 Análisis de las variables de evaluación.	61
4. Resultados y discusión	62
4.1 Identificación de factores críticos en el avalúo	63
4.2 Resultados esperados	64
4.3 Discusión: impacto en la práctica profesional	64
4.4 Relevancia para la política pública	65
4.5 Discusión sobre vacíos normativos	65

5. Conclusiones	66
5.1 Conclusiones técnicas	67
5.2 Conclusiones jurídicas	67
5.3 Conclusiones económicas	68
5.4 Conclusiones ambientales y sociales	69
5.5 Conclusiones Integrales	69
Referencias	71

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Relación de objetivos específicos</i>	20
Tabla 2. <i>Ejemplo de matriz de valoración</i>	55
Tabla 3. <i>Datos básicos del predio</i>	56
Tabla 4. <i>Matriz de valoración</i>	58
Tabla 5. <i>Informe final de la evaluación</i>	58
Tabla 6. <i>Datos granja Solar “La Rubiela”</i>	60
Tabla 7. <i>Datos predio uso ganadería</i>	61
Tabla 8. <i>Comparación de rentas y tasas de capitalización aplicadas al valor del suelo rural</i> ...	61

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Mapa de radiación solar en Colombia febrero de 2026</i>	35
Figura 2. <i>Departamentos de mayor valoración energética en Colombia</i>	36
Figura 3. <i>Ponderación de los factores</i>	53

Resumen

La presente monografía analiza el avalúo de predios rurales destinados a la instalación de granjas solares en Colombia, en el contexto de la transición energética impulsada por la Ley 1715 de 2014. Aunque el país cuenta con un alto potencial solar y un marco normativo que incentiva el uso de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER), el desarrollo de estos proyectos enfrenta dificultades asociadas a la gestión predial y a la ausencia de metodologías específicas para la valoración de predios rurales con vocación energética.

El estudio evidencia que los métodos tradicionales de avalúo rural no incorporan de manera adecuada el cambio de uso del suelo ni variables determinantes como la irradiación solar, el acceso a redes de transmisión eléctrica, las restricciones ambientales, la compatibilidad normativa y la rentabilidad del proyecto. Esta situación genera vacíos normativos, incertidumbre jurídica y conflictos entre propietarios, inversionistas y entidades públicas, afectando la viabilidad técnica y económica de los proyectos solares.

Como resultado, se plantea la necesidad de una metodología integral de avalúo que articule estos criterios y se alinee con los estándares internacionales de valoración, con el fin de garantizar procesos más justos, transparentes y coherentes con los objetivos de la planeación energética y el desarrollo sostenible en Colombia.

Palabras clave: avalúo rural, energía renovable, granjas solares

Abstract

This monograph analyzes the appraisal of rural properties intended for the installation of solar farms in Colombia, within the context of the energy transition promoted by Law 1715 of 2014. Although the country has high solar potential and a regulatory framework that encourages the use of Non-Conventional Renewable Energy Sources (NCRES), the development of these projects faces challenges related to land management and the lack of specific methodologies for valuing rural properties with an energy-oriented land use.

The study shows that traditional rural appraisal methods do not adequately incorporate changes in land use or key variables such as solar irradiance, access to electricity transmission networks, environmental restrictions, regulatory compatibility, and project profitability. This situation generates regulatory gaps, legal uncertainty, and conflicts among landowners, investors, and public entities, affecting the technical and economic feasibility of solar projects.

As a result, the research highlights the need for an integrated appraisal methodology that articulates these criteria and aligns with international valuation standards, in order to ensure fairer, more transparent processes consistent with the objectives of energy planning and sustainable development in Colombia.

Keywords: rural appraisal, renewable energy, solar farms

Glosario

Avalúo: Es la actividad, por medio de la cual se determina el valor de un bien, de conformidad con los métodos, técnicas, actuaciones, criterios y herramientas que se consideren necesarios y pertinentes para el dictamen. El dictamen de la valuación se denomina avalúo (Ley 1673, 2013).

Fotovoltaico: tecnología de generación eléctrica que convierte directamente la radiación solar en energía mediante el efecto fotovoltaico, proceso físico por el cual ciertos materiales semiconductores, principalmente el silicio, producen corriente eléctrica al ser expuestos a la luz solar. Los sistemas fotovoltaicos están compuestos por módulos solares, inversores, estructuras de soporte y componentes de conexión a red, y constituyen la base tecnológica de las granjas solares. Su rendimiento depende de factores como la irradiación, la orientación e inclinación de los paneles, las condiciones climáticas y las pérdidas del sistema. En el contexto de proyectos rurales, la tecnología fotovoltaica es determinante en la valoración predial, al definir el potencial energético del terreno y su rentabilidad asociada (Duffie & Beckman, 2013; IRENA, 2020).

Ordenamiento territorial: proceso mediante el cual el Estado regula el uso, ocupación y transformación del territorio, con el fin de armonizar el desarrollo económico, la sostenibilidad ambiental y el bienestar social. En Colombia, el ordenamiento territorial se materializa principalmente a través de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), los cuales condicionan la localización de proyectos solares y afectan directamente la viabilidad jurídica y el valor de los predios rurales (Ley 388, 1997; Departamento Nacional de Planeación -DNP, 2016).

Plusvalía (predial y energética): incremento del valor del suelo generado por acciones externas al propietario, como cambios en la destinación del uso del suelo, decisiones de ordenamiento territorial o inversiones públicas en infraestructura (vías, redes eléctricas,

servicios), así como por la creciente demanda de terrenos aptos para proyectos de energía renovable. En el contexto de granjas solares, la plusvalía adquiere una dimensión energética, asociada al potencial de generación eléctrica y a la incorporación del predio en circuitos productivos de alto valor. Este aumento del valor debe ser considerado en el avalúo mediante métodos que integren expectativas de rentabilidad futura, como la capitalización de rentas y el análisis residual dinámico (Ley 388, 1997; Consejo IVSC, 2021; Smolka, 2013).

Introducción

En los últimos años, Colombia ha fortalecido su compromiso con la transición energética como parte de la agenda nacional para la sostenibilidad. La alta dependencia histórica de fuentes hídricas y fósiles ha impulsado la diversificación hacia fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER), entre ellas la energía solar fotovoltaica, regulada a través de la Ley 1715 de 2014. Esta ley fomenta la incorporación de energías limpias y establece beneficios tributarios y regulatorios para proyectos de este tipo, con el objetivo de avanzar hacia una matriz energética más resiliente, sostenible y competitiva (Ley 1715, 2014).

La energía solar, en particular, presenta un gran potencial en regiones como La Guajira, Cesar, Meta y los Llanos Orientales, debido a su alta irradiación solar y disponibilidad de suelos rurales extensos. En este marco, las granjas solares se constituyen en uno de los principales vehículos para materializar la transición energética, al tiempo que generan desarrollo económico y social en comunidades rurales.

No obstante, la instalación de estas infraestructuras se enfrenta a desafíos asociados a la gestión predial y, en especial, a la valoración de predios rurales. La vocación del suelo rural cambia de lo agropecuario hacia lo energético, lo que genera tensiones entre propietarios, inversionistas y autoridades.

En Colombia, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC (2008), ha desarrollado lineamientos técnicos para avalúos rurales, entre ellos la resolución 620 de 2008 y normatividad referente a la valoración de predios afectados por proyectos de infraestructura, sin embargo, estos lineamientos no incluyen metodologías específicas para predios destinados a proyectos energéticos, lo que constituye un vacío técnico y normativo.

Desde la perspectiva económica, la valoración de un terreno para granjas solares no solo depende de su valor agropecuario tradicional, sino también de variables como:

- Potencial de irradiación solar.
- Acceso a redes de transmisión eléctrica.
- Condiciones topográficas y ambientales.
- Factores normativos de uso del suelo.

La correcta ponderación de estos factores constituye un reto para el evaluador, pues se trata de integrar elementos técnicos, jurídicos y económicos en un solo modelo de valoración.

Así las cosas, la presente investigación permitirá establecer un marco metodológico sólido que sirva de referencia para evaluadores, entidades públicas y empresas desarrolladoras. Asimismo, contribuirá a garantizar una transición energética más justa, equitativa y sostenible.

1. Monografía de avalúos de predios rurales para la instalación de granjas solares en Colombia: análisis técnico, jurídico y económico

1.1 Planteamiento del problema

La transición energética en Colombia ha impulsado el desarrollo de proyectos de generación con fuentes renovables, como las granjas solares. Sin embargo, uno de los principales desafíos en la implementación de estos proyectos es la gestión predial, para establecer las características técnicas requeridas y con estos datos encontrar los predios que cumplan con las mismas y posteriormente realizar un avalúo adecuado de los terrenos donde se pretende instalar la infraestructura solar.

En algunos casos, los avalúos no reflejan de manera precisa el potencial económico y técnico del uso del suelo para generación fotovoltaica, lo cual puede generar conflictos entre propietarios, inversionistas y entidades públicas.

Existe una falta de lineamientos claros y específicos en la normatividad colombiana sobre cómo valorar este tipo de predios cuando su destinación cambia de uso agropecuario a energético. Esta situación genera incertidumbre jurídica y económica, lo que puede afectar la viabilidad y sostenibilidad de las inversiones en energías limpias. Por otro lado, la valoración de estos terrenos requiere una integración de criterios técnicos (como irradiación solar, ubicación, topografía y características del suelo), jurídicos (uso del suelo, derechos de propiedad y licencias ambientales), y económicos (rentabilidad, valores del mercado y plusvalía).

Considerando lo anterior, se formula la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los factores técnicos, jurídicos y económicos que inciden en el avalúo de predios rurales para la instalación de granjas solares en Colombia y cuál sería la ponderación de cada uno de ellos en un proceso

real de avalúo? El propósito de esta pregunta es investigar y comprender los factores críticos que influyen en el avalúo de predios rurales para la instalación de granjas solares en Colombia con el fin de proponer herramientas y criterios que garanticen una valoración justa, transparente y coherente con los objetivos del desarrollo sostenible en Colombia.

En este contexto, abordar la problemática desde una perspectiva interdisciplinaria se convierte en un imperativo. El estudio propuesto no solo busca identificar y evaluar los factores que inciden en los avalúos de los terrenos destinados a granjas solares, sino también desarrollar herramientas que permitan estandarizar y optimizar dicho proceso. Esta estandarización podría facilitar la resolución de conflictos y fomentar una mayor confianza entre los actores involucrados, creando un marco más sólido para las inversiones y promoviendo un crecimiento sostenible en la industria de la energía renovable en el país.

Los resultados del estudio pueden ser aplicables en la práctica y pueden ayudar a mejorar la toma de decisiones en la industria de la energía renovable.

1.2 Justificación

La expansión de las energías renovables, especialmente la solar, representa una oportunidad estratégica para Colombia en su compromiso con la sostenibilidad y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. No obstante, uno de los factores críticos para el desarrollo de proyectos solares a gran escala es la correcta valoración de los predios rurales donde se instalarán las granjas solares. La implementación de granjas solares en predios rurales requiere una evaluación precisa y objetiva del valor de estos predios, lo que puede ser un desafío debido a la complejidad de los factores involucrados.

Actualmente, el enfoque tradicional de avalúo rural en Colombia no contempla adecuadamente el cambio en la vocación del suelo asociado al uso energético. Esto puede dar lugar a sobrevaloraciones o subvaloraciones que afectan tanto a los propietarios como a los inversionistas, e incluso a las políticas públicas que buscan incentivar la generación limpia, haciendo inviable la ejecución de algunos proyectos o generando incertidumbre en las inversiones, además, la ausencia de lineamientos específicos genera inseguridad jurídica, dificulta la planeación de proyectos y puede demorar la transición energética del país.

La presente investigación se justifica en la posibilidad de proporcionar un análisis detallado de los factores técnicos, jurídicos y económicos que inciden en avalúos de predios rurales mejorando la información sobre los impactos positivos del sector energético de renovables ya que la instalación de granjas solares puede contribuir al desarrollo sostenible y la reducción de la dependencia de fuentes de energía no renovables.

De esta forma, se busca aportar al desarrollo normativo y técnico del sector, y facilitar procesos de negociación y toma de decisiones más equitativos, eficientes y eficaces; proporcionando una mejora en la planificación y ejecución de proyectos de granjas solares generando un incremento en el desarrollo sostenible del país.

A partir de esta necesidad, resulta fundamental construir un marco metodológico sólido que permita integrar los factores técnicos, jurídicos y económicos en un proceso de avalúo más realista y justo. Esto implica no solo identificar las variables clave para la valoración de predios rurales destinados a granjas solares, sino también diseñar herramientas prácticas que puedan ser aplicadas por los actores involucrados, tales como especialistas en avalúos, autoridades gubernamentales y desarrolladores de proyectos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar los criterios técnicos, jurídicos y económicos que deben considerarse en el avalúo de predios rurales destinados a la instalación de granjas solares en Colombia, con el propósito de proponer una metodología integral que estandarice y optimice los procesos de valoración predial, garantizando la seguridad jurídica, la equidad económica y la coherencia con la normativa nacional e internacional en materia de energías renovables.

1.3.2 Objetivos específicos

Identificar las características técnicas del suelo y condiciones ambientales que inciden en la viabilidad de proyectos solares en zonas rurales.

Examinar el marco legal y normativo colombiano relacionado con el uso del suelo rural y la instalación de proyectos de energía solar.

Desarrollar una propuesta de metodología integral para la realización de avalúos de predios rurales con fines de instalación de granjas solares, incorporando criterios técnicos, jurídicos, económicos y ambientales acordes con la legislación colombiana y los estándares internacionales de valoración.

1.3.3 Relación entre los objetivos y capítulos de la monografía

La Tabla 1, muestra la correspondencia entre los objetivos específicos y los capítulos de la monografía, evidenciando la forma en que cada objetivo se desarrolla y contribuye al cumplimiento del objetivo general.

Tabla 1. *Relación de objetivos específicos*

Objetivo específico	Capítulos en los que se desarrolla	Descripción de la articulación ^a
Identificar las características técnicas del suelo y condiciones ambientales que inciden en la viabilidad de proyectos solares en zonas rurales.	Capítulo 4. Marco conceptual / Capítulo 5. Marco teórico / Capítulo 9. Análisis técnico del avalúo	En estos capítulos se analizan las variables físicas y ambientales del suelo rural (radiación solar, topografía, uso actual, accesibilidad, y disponibilidad de servicios), así como los criterios técnicos que inciden en la determinación del valor del terreno para proyectos de energía solar.
Examinar el marco legal y normativo colombiano relacionado con el uso del suelo rural y la instalación de proyectos de energía solar.	Capítulo 6. Marco jurídico colombiano / Capítulo 10. Análisis jurídico del avalúo	Se revisan las disposiciones legales aplicables al uso del suelo rural y a la generación de energía solar, incluyendo la Ley 388 de 1997, Ley 1715 de 2014, Decreto 1073 de 2015, así como la normativa ambiental y normatividad catastral del IGAC. También se analizan los procedimientos de consulta previa, licencias y expropiación administrativa.
Desarrollar una propuesta de metodología integral para la realización de avalúos de predios rurales con fines de instalación de granjas solares, incorporando criterios técnicos, jurídicos, económicos y ambientales acordes con la legislación colombiana y los estándares internacionales de valoración.	Capítulo 8. Metodología de investigación / Capítulo 12. Propuesta metodológica / Capítulo 13. Resultados esperados y discusión / Capítulo 14. Conclusiones	A partir del análisis de los capítulos previos, se formula una metodología estructurada que integra las dimensiones técnica, jurídica, económica y ambiental del avalúo rural. Esta propuesta busca estandarizar los procesos valuatorios conforme a la legislación nacional y los estándares IVS 2025, asegurando transparencia, equidad y rigor técnico.

2. Marco referencial

2.1 Marco teórico

A través de la revisión de teorías económicas, ambientales, jurídicas y de valoración internacional, se establecen los fundamentos que orientan el análisis del avalúo de predios rurales para proyectos de granjas solares en Colombia.

2.1.1 Teoría de la renta del suelo

La teoría de la renta del suelo, desarrollada inicialmente por David Ricardo en el siglo XIX, establece que el valor de un terreno está determinado por su capacidad para generar ingresos y su ubicación estratégica (Evans, 2004). Según esta teoría, los terrenos más fértiles, mejor ubicados o con mayor capacidad de producción obtienen una renta diferencial frente a terrenos menos productivos.

En el contexto de proyectos solares, esta teoría se adapta considerando que la “fertilidad” del suelo no es agrícola, sino energética. Es decir, los predios con mayor irradiación solar, cercanía a redes de transmisión y accesibilidad a infraestructura presentan una renta diferencial superior. De esta manera, la renta del suelo para energía solar se mide en función del potencial de generación de kilovatios hora (kWh) y de la reducción de costos de conexión y operación.

La aplicación de esta teoría en los avalúos permite justificar por qué dos terrenos rurales de similar extensión pueden tener valores económicos significativamente distintos al ser evaluados para destinación energética.

2.1.2 Servicios ecosistémicos y valoración ambiental

El concepto de servicios ecosistémicos, desarrollado por la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio 2005, resalta el valor que la naturaleza aporta al bienestar humano, más allá de su explotación productiva directa (Montes y Sala, 2007). Estos servicios incluyen:

- De provisión: alimentos, agua, materias primas.
- De regulación: control climático, retención hídrica, calidad del aire.
- Culturales: paisaje, recreación, identidad.
- De soporte: ciclo de nutrientes, formación de suelos.

En los avalúos rurales tradicionales, estos servicios suelen estar implícitos en la productividad agrícola. Sin embargo, en proyectos solares adquieren una nueva dimensión: la instalación de paneles fotovoltaicos puede alterar dinámicas ecosistémicas, modificar el uso del suelo y generar externalidades positivas o negativas.

Así las cosas, un predio con suelos degradados puede ganar valor al ser aprovechado para energía solar, mientras que un predio con ecosistemas estratégicos puede enfrentar restricciones normativas que disminuyen su viabilidad. Así, los servicios ecosistémicos deben ser considerados como variables críticas en el avalúo, de acuerdo con los principios de la ley 99 de 1993 (Congreso de la República de Colombia, 1993), que consagra la función ecológica de la propiedad.

2.1.3 Modelos multicriterio de valoración

La valoración de predios destinados a granjas solares no puede basarse en un único criterio. Se requiere la aplicación de modelos multicriterio, que permiten integrar variables técnicas, jurídicas y económicas en un solo esquema de evaluación (Pohekar y Ramachandran, 2004; Wang et al., 2009). Entre los más utilizados se encuentran:

- AHP (*Analytic Hierarchy Process*): desarrollado por Thomas Saaty, este modelo permite jerarquizar factores a partir de comparaciones pareadas, asignando pesos relativos a cada criterio.
- PROMETHEE (*Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations*): facilita ordenar alternativas de decisión considerando preferencias y escenarios múltiples.
- TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*): selecciona la alternativa más cercana a la solución ideal y más alejada de la menos deseada.

En el avalúo de predios solares, los modelos multicriterio permiten ponderar aspectos como irradiación solar, acceso a redes eléctricas, impacto ambiental, costos de oportunidad y aceptación social. Su aplicación asegura una valoración más integral y objetiva que los métodos tradicionales.

2.1.4 Gobernanza territorial y teorías de desarrollo sostenible

La literatura sobre gobernanza territorial enfatiza la necesidad de articular intereses públicos, privados y comunitarios en el uso del suelo. Autores como Ostrom (1992), destacan que los recursos comunes requieren reglas claras y consensuadas para evitar conflictos.

En Colombia, la Ley 388 de 1997 establece los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) como instrumento de regulación del uso del suelo (Congreso de la República de Colombia, 1997). Sin embargo, los POT rara vez contemplan escenarios de uso energético en zonas rurales, lo que genera vacíos que deben ser subsanados mediante actos administrativos y herramientas de planificación que definan criterios técnicos de ocupación. La ausencia de una categorización del suelo rural que integre la infraestructura de generación y distribución como un uso compatible o complementario impide la articulación de los proyectos energéticos con la vocación del territorio.

Desde la perspectiva de la teoría del desarrollo sostenible, la incorporación de proyectos solares debe equilibrar las dimensiones económica, social y ambiental. Esto implica reconocer que el valor de un predio no solo reside en su capacidad de generar energía, sino también en su aporte a la sostenibilidad territorial.

2.1.5 Estándares internacionales de valoración (IVS 2025)

El Consejo Internacional de Normas de Valoración – IVSC (2025) , establece lineamientos globales para la práctica de la valoración. Estos estándares promueven principios de transparencia, objetividad y consistencia en los procesos de avalúo.

Para predios destinados al desarrollo de proyectos de energías renovables, y en aplicación de los principios generales establecidos en los Estándares Internacionales de Valoración (IVS) resulta procedente la utilización del enfoque de ingresos cuando el valor del activo se encuentra asociado a su capacidad de generación de beneficios económicos futuros. En este contexto, el proceso valuatorio deberá considerar, entre otros, los siguientes aspectos:

- a) Aplicar métodos de enfoque de ingresos, considerando los flujos de caja esperados del proyecto.
- b) Incorporar análisis de riesgos y sensibilidad, dada la volatilidad de los mercados energéticos.
- c) Documentar de manera clara los supuestos utilizados en el avalúo, garantizando trazabilidad y auditabilidad.

La adopción de estos estándares en Colombia permitiría alinear los procesos de avalúo con prácticas internacionales, fortaleciendo la confianza de inversionistas extranjeros en el mercado de energías renovables.

2.1.6 Integración de teorías para el avalúo de predios solares

El marco teórico aquí expuesto integra cuatro perspectivas complementarias:

- Económica: la teoría de la renta del suelo aplicada a la productividad energética.

- Ambiental: la valoración de servicios ecosistémicos y su interacción con proyectos solares.
- Metodológica: el uso de modelos multicriterio como herramientas de ponderación.
- Normativa: la gobernanza territorial y la alineación con estándares internacionales.

Esta integración ofrece un soporte conceptual robusto para el diseño de metodologías de avalúo más justas, objetivas y sostenibles.

2.2 Marco conceptual

Se establece los principios, definiciones y categorías que sustentan el análisis del avalúo de predios rurales destinados a la instalación de granjas solares en Colombia. Este capítulo constituye la base teórica sobre la cual se estructura la investigación, articulando conceptos provenientes de la ingeniería, la economía, el derecho y la sostenibilidad.

2.2.1 Avalúo rural

Es el proceso mediante el cual se determina el valor económico de un terreno ubicado en áreas no urbanas, considerando sus características físicas, jurídicas y de mercado. En Colombia, el IGAC (2008), ha definido metodologías para el avalúo rural en la Resolución 620 de 2008.

Tradicionalmente, los avalúos rurales se han orientado hacia la estimación del valor del suelo con fines agropecuarios o forestales, tomando en cuenta variables como productividad, calidad del suelo, acceso a agua y vías, así como el uso actual y potencial.

Sin embargo, cuando el terreno cambia de vocación hacia un uso energético, las metodologías tradicionales resultan insuficientes. El avalúo rural para proyectos solares requiere considerar nuevas variables: potencial de irradiación, accesibilidad a redes de transmisión

eléctrica, impacto ambiental y restricciones normativas. En este contexto, el avalúo rural se convierte en una herramienta interdisciplinaria que trasciende la valoración agrícola convencional.

2.2.2 Granjas solares: definición y características

Las granjas solares son instalaciones de generación de energía fotovoltaica a gran escala, diseñadas para aprovechar la radiación solar como fuente primaria. Su desarrollo requiere superficies extensas de terreno rural (Deveci et al., 2021; Nassar et al., 2025), con condiciones específicas:

- Irradiación solar elevada, medida en kWh/m²/año, como factor determinante de productividad.
- Topografía plana o suavemente ondulada, que reduzca costos de instalación y facilite el montaje de paneles.
- Acceso a infraestructura eléctrica, particularmente líneas de transmisión de media o alta tensión.
- Disponibilidad de vías de acceso, que faciliten la construcción y el mantenimiento.
- Compatibilidad normativa, en relación con el uso del suelo y el licenciamiento ambiental.

En Colombia, la instalación de granjas solares se ha concentrado principalmente en regiones con alto potencial solar como La Guajira, Cesar, Meta y Tolima. Estos proyectos suelen ocupar áreas que previamente tenían una vocación agrícola o pecuaria, generando un cambio sustancial en la dinámica territorial y en el valor de los predios (Ser Colombia, 2024).

2.2.3 Viabilidad en proyectos solares

La viabilidad es la capacidad de un proyecto de cumplir sus objetivos bajo condiciones técnicas, económicas, sociales y ambientales determinadas (Abo-Zahhad et al., 2024; Al Garni y Awasthi, 2018). En el contexto de granjas solares, la viabilidad depende de tres dimensiones interrelacionadas:

- *Viabilidad técnica:* disponibilidad de irradiación solar, calidad del suelo para la instalación de estructuras, acceso a redes de transmisión y logística de transporte.
- *Viabilidad económica:* análisis de rentabilidad y retorno de inversión (ROI), costos de adquisición de predios y beneficios tributarios derivados de la Ley 1715 de 2014.
- *Viabilidad normativa y social:* cumplimiento de requisitos de licenciamiento ambiental, consulta previa con comunidades étnicas y aceptación social del proyecto.

La evaluación de la viabilidad es esencial para el avalúo de predios, ya que estos factores determinan la plusvalía del terreno cuando se destina a un uso energético.

2.2.4 Sostenibilidad como criterio de valoración

El concepto de sostenibilidad, implica que los proyectos de desarrollo deben garantizar un equilibrio entre lo ambiental, lo social y lo económico (Ley 99, 1993). En el caso de las granjas solares, la sostenibilidad se expresa en tres niveles:

- *Ambiental:* minimización del impacto sobre ecosistemas, biodiversidad y uso del suelo.
- *Social:* inclusión de comunidades locales en los beneficios, generación de empleo y participación en procesos de consulta.
- *Económico:* generación de rentabilidad suficiente para los inversionistas y compensaciones justas para los propietarios.

La sostenibilidad no puede quedar al margen de los procesos de avalúo. Un terreno que cumple condiciones óptimas desde lo técnico, pero genera impactos ambientales o sociales negativos, puede perder valor en términos de viabilidad de proyecto. Por tanto, la sostenibilidad debe ser entendida como un criterio transversal en la valoración predial.

2.2.5 Rentabilidad y plusvalía en predios solares

La rentabilidad es un factor central en la decisión de invertir en proyectos solares. Un predio rural que reúne condiciones técnicas adecuadas puede generar retornos financieros superiores a los de actividades agropecuarias tradicionales. Esta rentabilidad potencial debe ser incorporada en los modelos de avalúo.

La plusvalía, entendida como el incremento del valor del suelo derivado de cambios en su destinación o de inversiones públicas, también se convierte en un factor crítico (Mombello et al., 2023). En el caso de proyectos solares, la plusvalía se relaciona con:

- El acceso a infraestructura eléctrica.
- Las inversiones en vías de acceso.
- La demanda creciente por terrenos aptos para energía renovable.

En este contexto, la labor del evaluador es ponderar el valor actual del predio con su potencial de generación de ingresos futuros, aplicando métodos de capitalización de rentas o modelos residuales que integren los beneficios esperados de la actividad energética.

2.2.6 Diferencia entre avalúo tradicional y avalúo para energía.

La diferencia fundamental entre un avalúo rural tradicional y un avalúo para destinación energética radica en los criterios de valoración. Mientras el primero se enfoca en la

productividad agrícola y las condiciones naturales del suelo, el segundo incorpora variables técnicas de generación de energía, factores normativos y criterios de sostenibilidad.

Esta diferencia metodológica obliga a replantear los manuales de avalúo rural, adaptándolos a las necesidades de la transición energética. Además, genera la necesidad de formación especializada para evaluadores, que deben integrar conocimientos de ingeniería, derecho y economía en sus prácticas profesionales.

2.3 Marco legal

El marco jurídico establece el conjunto de disposiciones normativas y regulatorias que orientan el uso del suelo rural, la generación de energía renovable y los procesos de valoración en Colombia. Para los avalúos de predios destinados a granjas solares es indispensable comprender este entramado normativo, que combina legislación sobre ordenamiento territorial, medio ambiente, energía y valoración predial.

2.3.1 Ley 388 de 1997: Ordenamiento territorial

La Ley 388 (1997), regula los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), instrumento básico para definir el uso del suelo en Colombia. Aunque la ley se centra principalmente en el suelo urbano y de expansión, también establece disposiciones para el suelo rural, promoviendo su utilización sostenible.

En el caso de proyectos solares, esta norma es relevante porque:

- Define la compatibilidad del uso del suelo rural con actividades productivas distintas a las agropecuarias.

- Establece la plusvalía, es decir, el incremento del valor de los predios debido a cambios normativos o inversiones públicas.
- Proporciona herramientas de planificación territorial que inciden en la viabilidad de proyectos de energía.

La ausencia de lineamientos específicos en los POT sobre uso energético rural constituye un vacío que afecta los procesos de avalúo, generando interpretaciones diversas en cada municipio.

2.3.2 Ley 99 de 1993: Medio ambiente y sostenibilidad

La Ley 99 (1993) , creó el Ministerio de Ambiente y el Sistema Nacional Ambiental (SINA), estableciendo principios de sostenibilidad, precaución y participación ciudadana.

En avalúos de predios para granjas solares, esta ley incide porque:

- Obliga a la obtención de licencias ambientales para proyectos de gran escala.
- Reconoce la función ecológica de la propiedad, lo que implica que los avalúos deben considerar restricciones ambientales.
- Establece que la explotación de los recursos debe garantizar el equilibrio entre lo ambiental y lo económico.

La valoración de predios rurales con potencial solar debe integrar las restricciones derivadas de esta ley, ya que condicionan la viabilidad de los proyectos y, por ende, su valor económico.

2.3.3 Ley 1715 de 2014: Energías renovables no convencionales

La 1715 (2014), constituye el marco jurídico principal para el fomento de las energías renovables en Colombia. Esta norma:

- Reconoce la importancia de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER).
- Establece incentivos tributarios como deducciones en renta, exclusión de IVA y depreciación acelerada para proyectos solares.
- Ordena la integración de proyectos renovables en la planeación energética nacional.

Aunque la ley promueve la inversión en proyectos solares, no regula directamente la valoración predial, lo que genera una desconexión entre la política energética y la gestión del suelo. Este vacío se traduce en conflictos en los procesos de adquisición de predios.

2.3.4 Decreto 1073 de 2015 y Resolución UPME 40374 de 2016

El Decreto 1073 (2015), Decreto Único Reglamentario del sector de Minas y Energía, compila disposiciones sobre energías renovables. Complementariamente, la Resolución 40374 (2016), establece lineamientos técnicos para la formulación y ejecución de proyectos solares.

Estos instrumentos normativos son relevantes para los avalúos porque:

- Determinan requisitos técnicos mínimos para la conexión de proyectos solares al Sistema Interconectado Nacional.
- Influyen en la viabilidad técnica del predio, lo que repercute en su valor.
- Reconocen la importancia de la planeación territorial en el desarrollo de energías renovables.

2.3.5 Compromisos internacionales y transición energética

Colombia, como firmante del Acuerdo de París, se comprometió a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 51 % para 2030. La integración de energías limpias, como la solar, es un pilar de esta estrategia.

El marco jurídico nacional, entonces, debe alinearse con los compromisos internacionales, lo cual refuerza la necesidad de desarrollar metodologías de avalúo claras y coherentes que garanticen seguridad jurídica y promuevan la inversión.

2.4 Antecedentes

El estudio de antecedentes permite contextualizar históricamente el desarrollo de proyectos solares en Colombia y analizar cómo se han abordado los procesos de valoración de predios rurales en este ámbito.

2.4.1 Evolución de la energía solar en Colombia

Colombia ha mostrado un crecimiento sostenido en el interés por diversificar su matriz energética con fuentes renovables. En 2018 se realizaron las primeras subastas de energías renovables, lo que atrajo inversiones nacionales e internacionales en proyectos solares.

Según informes de la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME (2022) , actualmente se encuentran en operación o en construcción más de 30 parques solares a gran escala, con una capacidad instalada proyectada de más de 1.500 MW en 2025. Este crecimiento ha evidenciado la necesidad de contar con metodologías de avalúo específicas para predios rurales destinados a estos proyectos.

2.4.2 Experiencias relevantes en Colombia

Entre los proyectos más destacados se encuentran:

- *Parque Solar Guajira I*: pionero en la región Caribe, con una capacidad instalada de 20 MW, desarrollado en predios de comunidades locales.
- *Proyectos en el Cesar y Meta*: desarrollados por empresas nacionales e internacionales, han enfrentado desafíos en la adquisición de predios por conflictos de valoración y consulta previa.
- *Programa Colombia Solar*: impulsado por el Ministerio de Minas y Energía, busca llevar sistemas fotovoltaicos a estratos bajos y comunidades rurales, demostrando la aplicabilidad social de estos proyectos.

2.4.5 Aportes académicos

Universidades como la Nacional de Colombia y la de los Andes han realizado investigaciones sobre planeación energética y uso del suelo para proyectos renovables. Estos estudios resaltan la importancia de incorporar variables ambientales y sociales en la valoración de predios, señalando la necesidad de enfoques interdisciplinarios.

Asimismo, investigaciones como el de Salamanca-Falla et al. (2024), muestran que la incorporación de proyectos solares modifica la estructura económica de los predios rurales al integrar fuentes adicionales de generación de ingresos, lo cual exige análisis económicos complementarios frente a los enfoques tradicionales basados exclusivamente en la productividad agrícola.

2.4.6 Aportes institucionales

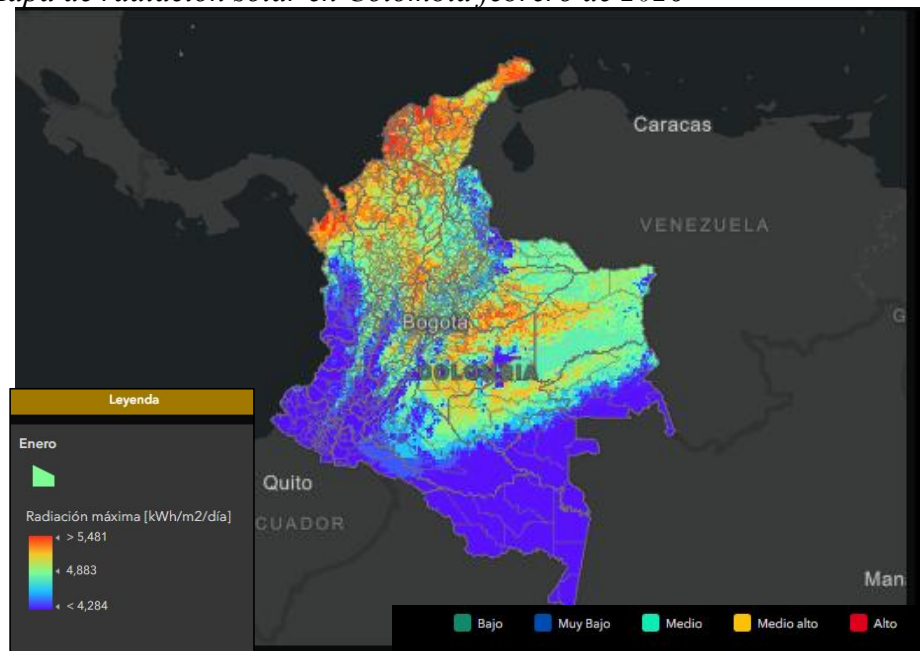
El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) han avanzado en la definición de criterios para la clasificación y uso del

suelo rural. Sin embargo, sus lineamientos aún se enfocan en el uso agrícola y pecuario, sin una adaptación específica a proyectos energéticos.

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE (2025) , también ha aportado estadísticas sobre precios de tierra rural, pero estas se basan en transacciones agropecuarias, no en predios destinados a energías renovables.

La UPME, en colaboración con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), llevó a cabo la elaboración del Atlas de Radiación Solar de Colombia (2005), una obra de referencia que sistematiza el recurso solar en el territorio colombiano mediante mapas temáticos de radiación global, brillo solar, radiación ultravioleta y ozono (UPME & IDEAM, 2005).

Actualmente, el Sistema de Información Minero Energético (SIMEC), plataforma digital administrada por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), consolida, gestiona y divulga información relacionada con los sectores de minería, hidrocarburos y energía eléctrica en Colombia. En dicha plataforma se encuentra disponible el Mapa de Radiación Solar de Colombia (febrero de 2026), presentado mediante geovisor nacional y mostrado en la Figura 1, el cual constituye una herramienta estratégica para el ordenamiento territorial, la transición energética y la valoración predial. Este instrumento representa la variación espacial de la radiación solar y estima su comportamiento a nivel nacional a partir de modelos estadísticos construidos con datos climáticos históricos del proyecto TerraClimate (1980–2020), incorporando variables como radiación solar, temperatura, humedad y precipitación. Mediante técnicas de aprendizaje automático desarrolladas en Python, se identificaron patrones climáticos que permiten estimar el potencial solar regional, aportando evidencia técnica objetiva para la evaluación de predios rurales destinados a proyectos solares.

Figura 1. *Mapa de radiación solar en Colombia febrero de 2026*

Tomado de (Unidad de Planeación Minero-Energética de Colombia)

2.4.6.1 Análisis del mapa de radiación solar de Colombia (UPME, 2026). El Mapa de Radiación Solar de Colombia se consolida como el instrumento técnico de referencia para la planificación energética y la gestión de activos inmobiliarios en el sector de las renovables. Mediante una cartografía de alta resolución, este mapa traduce los datos climatológicos en una escala de potencial energético, facilitando la identificación de zonas con ventajas competitivas para la inversión

La gama de colores va desde el rojo/naranja que representa las áreas de máximo rendimiento fotovoltaico, donde la disponibilidad de recurso solar supera los 5.5 kWh/m² día; son el epicentro del desarrollo de parques solares de utilidad a gran escala. hasta el color verde/azul con promedios inferiores a 3.5 kWh/m² día, donde la nubosidad persistente y los regímenes de lluvia reducen la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos.

2.4.6.2 Zonas de mayor valoración energética en Colombia (según el mapa anual).

Zonas de mayor valoración energética en Colombia (según el Mapa de Radiación Solar de Colombia disponible en el Sistema de Información Minero Energético – SIMEC):

Región Caribe: Presenta los niveles más altos de radiación solar del país, destacándose La Guajira, norte de Magdalena, Atlántico y Bolívar, con condiciones óptimas para proyectos fotovoltaicos a gran escala.

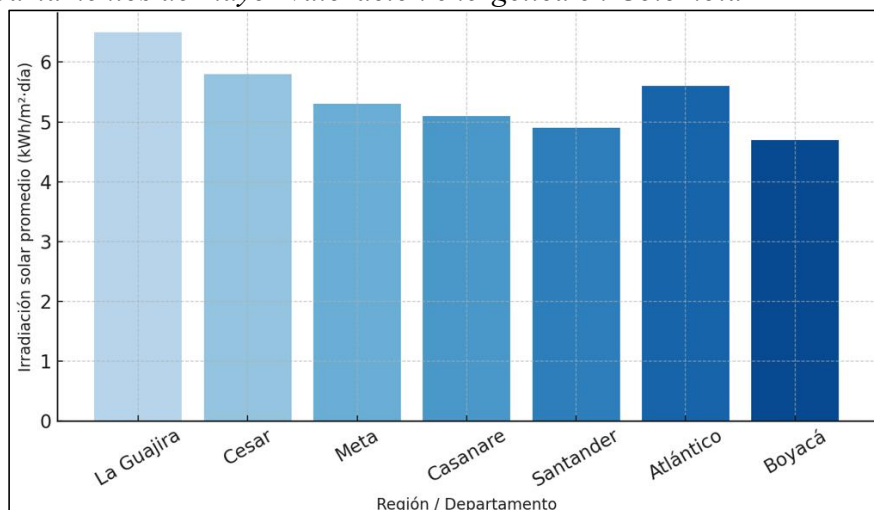
Región Orinoquía: Departamentos como Arauca, Casanare, Meta y Vichada registran alta disponibilidad del recurso solar, favoreciendo desarrollos energéticos en suelos rurales extensivos.

Región Andina: Sectores del valle del río Magdalena y zonas interandinas presentan niveles medios-altos de radiación, aptos para proyectos solares regionales.

Región Pacífica: Presenta menor potencial relativo debido a mayores niveles de nubosidad y precipitación.

Región Amazónica: Registra radiación moderada a baja asociada a alta humedad atmosférica y cobertura nubosa permanente.

Figura 2. Departamentos de mayor valoración energética en Colombia



Tomado de (Unidad de Planeación Minero Energética - UPME e Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2005)

El gráfico anterior, muestra cómo La Guajira, Cesar y Atlántico lideran el potencial solar con irradiaciones superiores a 5,5 kWh/m²·día, seguidas por Meta y Casanare, que también representan regiones con alto valor energético para proyectos solares rural.

2.4.7 Procesos de licenciamiento y consulta previa

Otro antecedente relevante es el impacto de los procesos de licenciamiento ambiental y consulta previa con comunidades étnicas. Estos procedimientos, aunque fundamentales para garantizar la sostenibilidad y el respeto a derechos colectivos, han demostrado ser factores que afectan directamente la valoración de los predios, al aumentar los tiempos de ejecución y generar costos adicionales para los desarrolladores.

2.4.8 Experiencias internacionales relevantes

2.4.8.1 México. México se posiciona como referente latinoamericano en regulación energética y valoración territorial. La Ley de la Industria Eléctrica (2014) y la Ley de Transición Energética (2015) establecen mecanismos de planeación territorial, incentivos fiscales y criterios de sostenibilidad ambiental para la expansión de proyectos solares y eólicos.

El Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales (INDAABIN) ha desarrollado guías específicas para la valoración de terrenos con infraestructura energética, incorporando factores como irradiación, topografía, accesibilidad y servidumbres eléctricas. Dichos instrumentos han permitido homogeneizar criterios valuatorios, reducir conflictos y fortalecer la transparencia en los procesos de adquisición de predios rurales.

2.4.8.2 Brasil. Brasil cuenta con un marco regulatorio sólido que vincula el ordenamiento territorial, la gestión ambiental y la planificación energética. La Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL) y el Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) han desarrollado normativas que integran la valoración del suelo con su vocación energética, incluyendo criterios de impacto ambiental y sostenibilidad.

En el ámbito metodológico, diversos estudios desarrollados en Brasil han incorporado modelos multicriterio de análisis, como AHP y PROMETHEE, para la evaluación y selección de áreas destinadas a proyectos de energías renovables, considerando variables técnicas (irradiación, infraestructura y uso del suelo), jurídicas (condiciones de propiedad y requisitos regulatorios) y ambientales (riesgos e impactos). Esta aproximación interdisciplinaria ha contribuido a fortalecer los procesos de análisis territorial y toma de decisiones asociadas al desarrollo energético, constituyéndose en una referencia metodológica relevante para otros países de la región.

3. Método

La metodología constituye el eje central que orienta el desarrollo de esta monografía. Dada la naturaleza interdisciplinaria del tema, que involucra aspectos técnicos, jurídicos, económicos y ambientales se adoptó un enfoque mixto, fundamentado principalmente en el análisis documental y complementado con criterios de investigación aplicada. El objetivo es establecer una ruta clara para identificar, evaluar y proponer criterios de avalúo en predios rurales destinados a la instalación de granjas solares en Colombia.

3.1 Enfoque de investigación

La investigación se enmarca dentro de un enfoque descriptivo y analítico:

Descriptivo, porque busca caracterizar las condiciones actuales del mercado predial y del marco normativo aplicable a proyectos solares en el país.

Analítico, porque pretende examinar los factores críticos de manera detallada y establecer interrelaciones entre ellos.

Asimismo, se adopta un enfoque aplicado, en tanto que el propósito final es generar una propuesta metodológica útil para profesionales de la valoración, entidades públicas e inversionistas del sector energético.

3.2 Diseño metodológico

El diseño de la investigación se estructura en tres fases principales que responden a los objetivos del estudio:

3.2.1 Fase I: Diagnóstico inicial

En esta etapa se recopila y sistematiza información documental, incluyendo:

- Normatividad nacional vigente (Leyes 388/1997, 99/1993, 1715/2014, Decreto 1073/2015, Resolución UPME 40374/2016).
- Resoluciones y guías técnicas del IGAC sobre avalúo rural.
- Informes de entidades como la UPME, XM y el DANE sobre mercado energético y tierras rurales.
- Estudios académicos y literatura internacional, incluyendo los International Valuation Standards (IVS 2025).

El propósito es identificar las variables que inciden en los avalúos de predios solares y detectar vacíos normativos y metodológicos.

3.2.2 Fase II: Evaluación de criterios

En esta etapa se construye un listado de criterios técnicos, jurídicos, económicos y ambientales que deben ser considerados en el avalúo. Posteriormente, se analizan de manera comparativa para determinar su peso relativo.

Se aplican modelos de análisis multicriterio (AHP, PROMETHEE) para ponderar variables como:

- Irradiación solar.
- Acceso a redes eléctricas.
- Restricciones normativas de uso del suelo.
- Costos de oportunidad frente a actividades agropecuarias.
- Riesgos ambientales y sociales.

3.2.3 Fase III: Propuesta metodológica

Finalmente, se diseña una metodología de avalúo específica para predios solares, integrando los criterios evaluados en las fases anteriores. Esta propuesta se valida mediante consulta con expertos en avalúos, derecho energético y planeación territorial, asegurando su aplicabilidad en la práctica.

3.3 Técnicas de recolección de información

Las principales técnicas utilizadas en la investigación fueron:

- *Revisión bibliográfica y documental:* consulta de fuentes normativas, académicas y técnicas.

- *Estudio de caso*: análisis de proyectos solares en La Guajira, Córdoba, Cesar y Meta como referentes de aplicación práctica.
- *Consulta a expertos*: revisión de lineamientos de asociaciones de evaluadores y aportes de consultores del sector energético.

Este enfoque garantiza que la propuesta metodológica no se limite a un ejercicio teórico, sino que responda a las realidades del sector.

3.4 Validez y confiabilidad

Para asegurar la validez de los resultados, la información se contrastó con fuentes oficiales como el IGAC, UPME y DANE. La confiabilidad se garantizó mediante la triangulación de datos normativos, técnicos y económicos, evitando sesgos que puedan desvirtuar la objetividad de la investigación.

3.5 Limitaciones de la investigación

Entre las principales limitaciones se identifican:

- Acceso restringido a información comercial confidencial de algunos proyectos solares en curso.
- Escasez de literatura nacional específica sobre avalúos a predios con vocación energéticas, lo que obliga a recurrir a experiencias internacionales como referentes.
- Heterogeneidad territorial en Colombia, que dificulta generalizar criterios de avalúo debido a las particularidades regionales.

Estas limitaciones refuerzan la necesidad de que las propuestas metodológicas sean flexibles y adaptables a distintos contextos territoriales.

3.6 Análisis técnico del avalúo

Una de las dimensiones más relevantes en la valoración de predios rurales destinados a la instalación de granjas solares es el análisis técnico. La viabilidad técnica de un terreno depende de condiciones específicas que, en conjunto, determinan su potencial de uso energético y, por tanto, su valor económico. Este capítulo aborda los factores técnicos más importantes a considerar en el proceso de avalúo, destacando la necesidad de metodologías claras y estandarizadas que integren información objetiva y verificable.

3.6.1 Irradiación solar como factor determinante.

La irradiación solar es la variable más crítica para definir la idoneidad de un predio para la instalación de una granja fotovoltaica. Esta se mide en kilovatios hora por metro cuadrado al año ($\text{kWh/m}^2/\text{año}$) y determina la capacidad de generación de energía eléctrica.

En Colombia, el IDEAM y la UPME han identificado regiones con un alto potencial solar, especialmente en La Guajira, Cesar, Meta, Tolima y los Llanos Orientales, con valores que superan los $5 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$ (UPME & IDEAM, 2005). Esta característica convierte a dichas zonas en escenarios privilegiados para proyectos solares.

Desde la perspectiva del avalúo, la irradiación solar puede considerarse como una forma de “*fertilidad energética*” del suelo. Un terreno con irradiación elevada tiene un valor diferencial respecto a otro con irradiación promedio, incluso si comparten características topográficas o de acceso.

3.6.2 Topografía y condiciones geomorfológicas

La topografía del terreno influye directamente en los costos de instalación y operación de una granja solar. Terrenos planos o con pendientes suaves son más aptos, pues permiten una disposición eficiente de los paneles y reducen costos en movimientos de tierra.

Por el contrario, terrenos accidentados o con pendientes pronunciadas requieren obras de adecuación costosas que incrementan la inversión inicial, disminuyendo la rentabilidad del proyecto.

Asimismo, la geomorfología del terreno puede incidir en la estabilidad de las estructuras y en la durabilidad de los paneles. Suelos rocosos, expansivos o con problemas de drenaje deben ser evaluados con detalle, ya que implican mayores costos de cimentación y mantenimiento.

El avalúo técnico debe integrar estos factores a través de inspecciones de campo, estudios topográficos y análisis de mecánica de suelos.

3.6.3 Acceso a redes eléctricas y logística de conexión

Uno de los aspectos más determinantes en el valor de un predio para uso solar es su cercanía a líneas de transmisión o subestaciones eléctricas. La distancia entre el predio y la infraestructura existente define los costos de conexión, que pueden representar hasta el 20–30 % del costo total del proyecto.

Un predio cercano a una subestación o línea de alta tensión puede incrementar significativamente su valor en comparación con otro alejado, aunque sus condiciones de irradiación sean similares.

Adicionalmente, la disponibilidad de vías de acceso aptas para maquinaria pesada durante la construcción y operación constituye otro factor técnico crítico. Predios con acceso limitado o

en zonas apartadas implican costos logísticos adicionales, lo que impacta negativamente en su valoración.

3.6.4 Condiciones edafológicas y ambientales

El análisis técnico de un predio debe incluir un estudio detallado de sus condiciones edafológicas, es decir, las características físicas y químicas del suelo. Factores como capacidad portante, estabilidad, permeabilidad y resistencia a la erosión influyen en la factibilidad constructiva de la granja solar.

Por ejemplo:

- Suelos arcillosos expansivos pueden comprometer la estabilidad de las cimentaciones.
- Suelos arenosos ofrecen buena drenabilidad, pero requieren refuerzos para soportar estructuras.
- Suelos rocosos pueden elevar los costos de excavación y cimentación.

Además, deben considerarse variables ambientales como la presencia de áreas protegidas, rondas hídricas o ecosistemas estratégicos. Estos condicionantes no solo limitan la utilización del predio, sino que también afectan su valor en el mercado al incrementar las restricciones normativas y técnicas.

3.6.5 Riesgos naturales y climáticos

El avalúo técnico debe incorporar la evaluación de riesgos naturales que puedan comprometer la operación de una granja solar, tales como:

- Inundaciones en zonas de baja altitud.
- Deslizamientos en áreas con pendientes.

- Vientos extremos que superen la resistencia de los paneles.
- Fenómenos de sequía prolongada que afecten la temperatura y eficiencia de los sistemas.

La identificación de riesgos naturales no solo influye en la valoración del predio, sino que también define las medidas de mitigación y los costos adicionales asociados.

3.6.6 Herramientas técnicas para el avalúo

Existen diversas herramientas que los evaluadores pueden emplear en la valoración técnica de predios para proyectos solares:

- Mapas de irradiación del IDEAM y UPME, para determinar el potencial energético.
- Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permiten integrar variables topográficas, edafológicas y de accesibilidad.
- Estudios de mecánica de suelos, para determinar la capacidad portante y condiciones de cimentación.
- Modelos multicriterio, que ponderan factores técnicos y permiten asignar un valor ajustado a las características del predio.

El uso combinado de estas herramientas facilita avalúos más precisos y transparentes, reduciendo la subjetividad en la valoración.

3.7 Análisis jurídico del avalúo

El avalúo de predios rurales para proyectos de granjas solares no se limita a criterios técnicos o económicos: está profundamente condicionado por el marco jurídico vigente. Las restricciones de uso del suelo, los procedimientos de licenciamiento ambiental, los derechos de propiedad y la consulta previa constituyen factores que inciden de manera directa en la viabilidad

de los proyectos y en el valor de los predios. Este capítulo examina los principales elementos jurídicos que deben ser considerados en el proceso de avalúo.

3.7.1 Restricciones de uso del suelo y ordenamiento territorial

La Ley 388 (1997) , y los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) definen el uso permitido en el suelo rural. Aunque el POT se centra principalmente en el suelo urbano, sus disposiciones también regulan el uso rural, estableciendo limitaciones y determinando actividades compatibles.

En el caso de las granjas solares:

- Un predio puede ganar valor si el POT reconoce el uso energético como actividad permitida en el suelo rural.
- Por el contrario, un predio puede perder valor si el POT establece restricciones o clasifica el terreno en categorías de protección ambiental o agrícola exclusiva.

El avalúo debe reflejar estas restricciones normativas, pues determinan la posibilidad real de aprovechar el terreno en proyectos solares.

3.7.2 Derechos de propiedad y tenencia de la tierra

El derecho de propiedad, consagrado en el artículo 58 de la Constitución Política, reconoce la función social y ecológica de la propiedad. En Colombia, la tenencia de la tierra en áreas rurales presenta particularidades que inciden en los avalúos:

- *Propiedad privada titulada*: predios con títulos claros generan seguridad jurídica y un mayor valor de mercado.

- *Posesiones sin formalización*: predios con tenencia informal tienen menor valor, pues dificultan la negociación y la financiación de proyectos.
- *Territorios colectivos de comunidades étnicas*: están sujetos a regímenes especiales de propiedad imprescriptible, inembargable e inalienable, lo que restringe la posibilidad de compra y exige procesos de concertación.

Un evaluador debe analizar la situación jurídica de la tierra y ajustar la valoración considerando la seguridad de la titularidad.

3.7.3 Licencias ambientales y permisos sectoriales

La Ley 99 de 1993 establece que proyectos de gran escala requieren licencia ambiental, la cual condiciona el desarrollo de las obras y la utilización del predio. En el caso de granjas solares, aunque el impacto ambiental suele ser menor que el de otras actividades extractivas, existen factores críticos:

- Alteración de ecosistemas en zonas de alta biodiversidad.
- Uso de suelos agrícolas de alta productividad.
- Interferencia con áreas protegidas o rondas hídricas.

La obtención de licencias ambientales genera costos y tiempos adicionales que deben ser considerados en el avalúo. Un predio con menos restricciones ambientales tendrá un mayor valor de mercado al facilitar la viabilidad del proyecto.

3.7.4 Consulta previa con comunidades étnicas

El Convenio 169 de la OIT (1989), incorporado en Colombia mediante la Ley 21 (1991), obliga a realizar consulta previa cuando un proyecto pueda afectar a comunidades indígenas o afrodescendientes.

La consulta previa tiene dos efectos en los avalúos:

- Aumenta los tiempos de ejecución del proyecto, lo que reduce el atractivo económico del predio.
- Impone obligaciones adicionales de compensación o mitigación, que incrementan los costos de inversión.

Un terreno en área de influencia de comunidades étnicas puede tener un valor de mercado inferior al de un terreno libre de estas restricciones, incluso si sus condiciones técnicas son similares.

3.7.5 Seguridad jurídica en la adquisición de predios

Para inversionistas y entidades financieras, la seguridad jurídica es un requisito indispensable en proyectos de infraestructura energética. La falta de claridad en títulos, servidumbres o límites prediales genera incertidumbre y disminuye el valor del terreno.

Además, cuando los procesos de adquisición no son voluntarios, la expropiación administrativa regulada en la Ley 388 de 1997 entra en juego. En estos casos, la compensación económica se basa en avalúos técnicos que deben cumplir criterios de objetividad y equidad. La ausencia de metodologías específicas para predios con vocación de uso energético genera litigios y aumenta la conflictividad social.

3.8 Análisis económico del avalúo

En la práctica avaluatoria, los métodos más utilizados en Colombia son:

- *Método comparativo de mercado:* consiste en establecer el valor de un predio con base en transacciones recientes de terrenos similares. En predios solares, este método presenta limitaciones, ya que existen pocos comparables en el mercado. Sin embargo, es útil como referencia cuando se analizan predios rurales con condiciones similares en irradiación y acceso a infraestructura.
- *Método de capitalización de rentas:* se calcula el valor presente de los ingresos que puede generar un predio. En predios solares, este método resulta clave, pues permite proyectar el flujo de ingresos derivados de la generación eléctrica.
- *Método residual:* se emplea en proyectos donde el valor del predio depende de su desarrollo futuro. En este caso, el valor se determina a partir de los ingresos netos del proyecto solar descontados los costos de inversión. Este método es particularmente útil para inversionistas y entidades financieras.
- *Método de costo de reposición:* Es el que busca establecer el valor comercial del bien objeto de avalúo a partir de estimar el costo total de la construcción a precios de hoy, un bien semejante al del objeto de avalúo, y restarle la depreciación acumulada. Al valor así obtenido se le debe adicionar el valor correspondiente al terreno. Estos métodos son establecidos por la Resolución 620 de 2008 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Decreto 1420 (1998).

3.8.1 Rentabilidad en proyectos solares

La rentabilidad de un predio destinado a energía solar se mide a través del Retorno de la Inversión (ROI) y el Valor Presente Neto (VPN) del proyecto. Un predio con mayor irradiación, acceso a líneas de transmisión y menos restricciones jurídicas presenta mayor rentabilidad, lo que se refleja en un valor de avalúo superior.

Es fundamental que el evaluador considere los beneficios tributarios derivados de la Ley 1715 de 2014, ya que la deducción en renta, la depreciación acelerada y la exclusión de IVA en equipos impactan positivamente la rentabilidad del proyecto y, en consecuencia, el valor del terreno.

3.8.2 Plusvalía en predios solares

La plusvalía es el incremento del valor del predio generado por cambios en su destinación o por inversiones públicas. En proyectos solares, la plusvalía se manifiesta en:

- Mejoras en la infraestructura vial y eléctrica.
- Incremento en la demanda de terrenos con alta irradiación.
- Reconocimiento de la vocación energética del suelo.

La Ley 388 (1997), regula la plusvalía urbana, pero no aborda de manera explícita los cambios de destinación en áreas rurales hacia usos energéticos. Esto representa un vacío normativo que el evaluador debe suplir mediante análisis de mercado y métodos multicriterio.

3.8.3 Riesgos económicos

Los avalúos de predios solares deben considerar los siguientes riesgos económicos:

- Volatilidad de precios de la energía, que puede afectar la rentabilidad esperada.

- Demoras en licencias y consultas previas, que incrementan los costos del proyecto.
- Especulación predial, donde propietarios inflan los valores sin justificación técnica.

Estos riesgos deben ser ajustados mediante la aplicación de tasas de descuento más conservadoras en los modelos de flujo de caja.

3.9 Propuesta metodológica

El propósito de este capítulo es presentar una propuesta metodológica que permita estandarizar los avalúos de predios rurales destinados a proyectos solares en Colombia. Esta metodología busca integrar criterios técnicos, jurídicos, económicos y ambientales en un modelo de valoración aplicable tanto en negociaciones voluntarias como en procesos de adquisición pública.

3.9.1 Principios rectores de la metodología

La propuesta se fundamenta en los siguientes principios:

- *Integralidad*: integración de factores técnicos, jurídicos, económicos y ambientales.
- *Transparencia*: trazabilidad de la información utilizada en el avalúo.
- *Equidad*: valoración justa que reconozca los derechos de los propietarios y la viabilidad de los inversionistas.
- *Sostenibilidad*: incorporación de criterios ambientales y sociales en la valoración.
- *Concordancia normativa*: alineación con la legislación colombiana y con los estándares internacionales de valoración (IVS 2025).

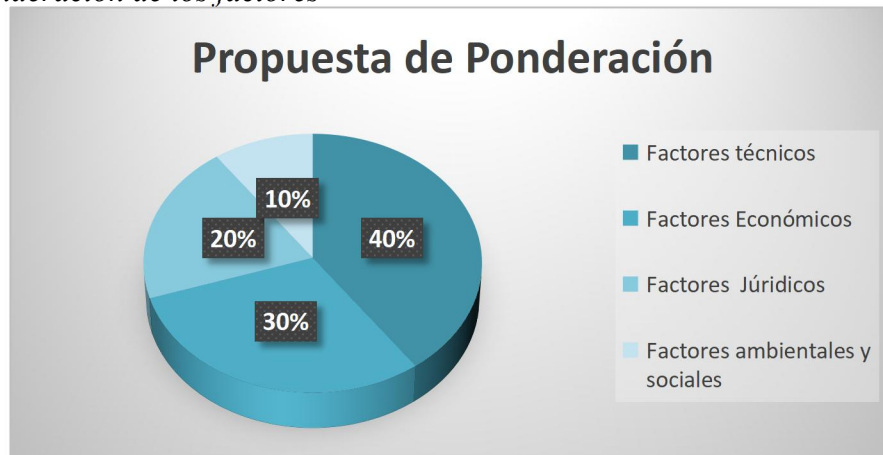
3.9.2 Etapas de la metodología

La metodología se estructura en cinco etapas:

- *Etapa 1. Caracterización del predio:* análisis técnico del terreno (irradiación, topografía, acceso a redes y vías, condiciones edafológicas).
- *Etapa 2. Diagnóstico jurídico:* revisión de títulos, restricciones de uso del suelo, licencias ambientales y obligaciones de consulta previa.
- *Etapa 3. Evaluación económica:* aplicación de métodos de valoración (comparativo, capitalización de rentas, residual dinámico) ajustados a riesgos y beneficios tributarios.
- *Etapa 4. Valoración de impactos ambientales y sociales:* incorporación de costos de mitigación ambiental y compensaciones a comunidades locales.
- *Etapa 5. Síntesis multicriterio:* ponderación de los factores anteriores mediante modelos AHP o PROMETHEE, obteniendo un valor final ajustado del predio.

3.9.3 Matriz de ponderación

A partir de los modelos multicriterio aplicados (AHP, PROMETHEE) y del análisis comparativo de casos en Colombia y otros países con experiencias similares en la instalación de proyectos solares, se establece una propuesta de ponderación relativa para los factores que inciden en el avalúo de predios rurales destinados a granjas solares. Esta ponderación responde a la necesidad de evaluar integralmente el potencial del terreno desde una perspectiva técnico-jurídica y económica-social.

Figura 3. *Ponderación de los factores*

3.9.3.1 Factores técnicos (40 %). Constituyen la base fundamental para la viabilidad del proyecto. Dentro de este criterio se analizan variables como irradiación solar efectiva, acceso a redes eléctricas, topografía del predio, condiciones del suelo y accesibilidad logística.

Sin una base técnica adecuada, incluso los terrenos con buenas condiciones jurídicas o económicas pueden resultar inviables para la instalación de paneles solares. Por tanto, este factor recibe la mayor ponderación.

3.9.3.2 Factores económicos (30 %). Incluyen variables como el valor de mercado del predio, el costo de oportunidad, la rentabilidad proyectada, la tasa interna de retorno (TIR) y el valor presente neto (VPN) del proyecto solar. La lógica del inversor o promotor de proyectos requiere garantizar una recuperación razonable del capital, por lo que este factor tiene un peso significativo, aunque subordinado al técnico.

3.9.3.3 Factores jurídicos (20 %). Abarcan el análisis del uso del suelo según el POT, la claridad en los títulos de propiedad, la existencia de afectaciones (servidumbres, reservas), y la

viabilidad normativa para realizar el cambio de uso. Aunque un terreno técnicamente apto puede ser jurídicamente inviable (por ejemplo, si está en zona de reserva ambiental), los aspectos legales son subsanables en algunos casos mediante procesos administrativos o judiciales, razón por la cual su ponderación es importante pero no predominante.

3.9.3.4 Factores ambientales y sociales (10 %). Incluyen la sensibilidad ambiental del ecosistema, los impactos sociales asociados a la comunidad local, la necesidad de consulta previa (en zonas étnicas), y la sostenibilidad del uso del suelo. Si bien estos elementos deben considerarse por exigencias legales y de responsabilidad social empresarial, su peso específico en el avalúo es menor en comparación con los aspectos técnicos y económicos, salvo en contextos de alta conflictividad.

3.9.4 Comparación con otros estudios

La ponderación propuesta se alinea con experiencias documentadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), la UPME y diversos estudios internacionales donde se han aplicado metodologías AHP (Analytic Hierarchy Process) para evaluación de proyectos fotovoltaicos. En particular:

- Estudios en España, México y Brasil coinciden en otorgar el mayor peso a la irradiación solar, conexión a redes y aspectos topográficos.
- Experiencias de conflictos en Colombia (ej. en La Guajira) muestran cómo factores sociales, si bien con baja ponderación, pueden volverse críticos si no son abordados adecuadamente desde el inicio.

3.9.5 Aplicación en una matriz de valoración

La ponderación se puede operacionalizar mediante una matriz multicriterio que evalúe a cada predio o zona con base en una calificación (por ejemplo, de 1 a 5) en cada categoría. El valor ponderado final será la suma de cada calificación multiplicada por su peso respectivo. La Tabla 2 presenta un ejemplo de aplicación.

Tabla 2. *Ejemplo de matriz de valoración*

Factor	Calificación (1-5)	Ponderación	Puntaje ponderado
Técnico	4	0,40	1,6
Económico	3	0,30	0,9
Jurídico	5	0,20	1,0
Ambiental y social	2	0,10	0,2
Total			3,7 /5,0

Esto permitiría clasificar predios de alto, medio o bajo potencial para ser incluidos en procesos de avalúo orientados a negociación o adquisición.

3.9.6 Validación con expertos

La metodología debe ser validada mediante consultas con expertos en avalúos, derecho energético y planeación territorial, asegurando que los criterios sean realistas y aplicables en el contexto colombiano. Esta validación permitirá también ajustar la matriz de ponderación de acuerdo con experiencias prácticas en proyectos solares.

3.9.7 Aplicabilidad de la metodología

La propuesta metodológica es aplicable en:

- Negociaciones voluntarias entre propietarios e inversionistas.
- Procesos de adquisición pública en proyectos estratégicos.

- Valoraciones financieras para acceso a crédito o inversión extranjera.

Además, constituye un insumo para que el Estado avance en la formulación de guías técnicas oficiales, lideradas por el IGAC y el Ministerio de Minas y Energía, que unifiquen criterios a nivel nacional.

La propuesta presentada ofrece un marco integral, transparente y ajustado a la realidad colombiana para el avalúo de predios rurales con destinación energética. Su implementación permitirá reducir conflictos sociales, garantizar procesos de adquisición más justos y promover la inversión en energías renovables, consolidando así los objetivos de la transición energética del país.

3.9.8 Ejemplo de aplicación de la metodología

Para el ejemplo se toma un predio ubicado en el Municipio de Cerete, Córdoba, identificado con los siguientes datos:

Ubicación: Municipio de Cerete, Córdoba,

Zona Homogénea Geoeconómica: ZHG 23162-08-01

Numero predial Nacional: 231620001000000140073000000000.

Coordenadas: 2530674.732503N, 4694650.805482 E.

Tabla 3. Datos básicos del predio

Concepto	Dato
Uso actual del predio	Producción agrícola, pecuaria
Área del predio	6 Ha 4300 m2.
Topografía	Moderadamente ondulada
Suelo / Edafología	Predios destinados a la actividad agrícola y pecuaria, tierras para la labor no irrigadas
Acceso vial	Carreteable en buen estado, aproximadamente 10 km a Montería
Distancia a redes eléctricas	Red eléctrica más cercana está a 10 km (subestación Montería)
Restricciones legales	No presenta gravámenes ni limitaciones, uso del suelo rural bajo POT permite uso agropecuario, no hay zonificación energética explícita
Licencias ambientales / consulta previa	No aplicable en uso agropecuario estándar; pero para uso energético implicaría permisos ambientales

3.9.10 *Análisis de factores según la metodología*

Se evaluaron los factores críticos definidos previamente, aplicando la siguiente ponderación:

Factor técnico (40 %)

- Irradiación solar: Alto potencial de Irradiación solar.
- Topografía: favorable, poco costo de adecuación.
- Accesibilidad: moderada por camino terciario, distancia a carretera influencia.
- Red eléctrica: lejana → costo de conexión más alto.
- Suelo/edafología: promedio, no suelos especiales.

Resultado técnico estimado: 85/100.

Factor jurídico (20 %)

- Títulos y propiedad: proviene de un justo título, no presenta gravámenes ni limitaciones
- Uso del suelo: compatible con uso rural; uso energético requeriría cambio o permisos.
- Licencias / permisos: no existen actualmente para el uso energético; si se aplica ese destino, habrá costos.
- Consulta previa: no aplica

Resultado jurídico estimado: 60/100.

Factor económico (30 %)

- Valor de mercado agropecuario: basado en datos del Instituto Geográfico IGAC para la ZHG 23162-08-01 el valor de la hectárea es de 50 millones COP.
- Alto potencial de valorización condicionado a conexión eléctrica..
- Riesgos: permisos, conexión, cambio de uso.
- Beneficios fiscales si ley energética aplica, pero esos se estiman caso por caso.

Resultado económico: 70/100.

Factor ambiental-social (10 %)

- Impactos menores no se encuentran zonas protegidas.
- Posible aceptación local favorable si se mejora infraestructura.
- Riesgo ambiental moderado.

Resultado ambiental-social: 70/100.

3.9.11 Cálculo del valor base comercial

Para determinar un valor comercial estimado:

1. *Valor base agropecuario de la tierra* → valor de 50 millones COP por hectárea.
 --> Para 6 Ha 4300 m2: $6,4300 * 50.000.000 = 321.500.000$ COP
2. *Ajuste por factor técnico + económico + jurídico + ambiental:*

Tabla 4. Matriz de valoración

Factor	Ponderación	Puntaje	Resultado Ponderado
Técnico	0.40	85	0.34
Económico	0.30	70	0.21
Jurídico	0.20	60	0.12
Ambiental	0.10	70	0.07

Suma: $0.34 + 0.195 + 0.12 + 0.07 = 0.74$

3. *Valor comercial estimado* = Valor base + (Valor base * ajuste)
 = $321.500.000 + (321.500.000 * 0.725) = 554.587.500$ COP

Tabla 5. Informe final de la evaluación

Elemento	Resultado estimado
Valor base agropecuario (6,4300 * 50.000.000 COP /Ha)	321.500.000 COP
Ajuste total por factores críticos	+74%

Elemento	Resultado estimado
Valor comercial estimado del predio	559.410.000 COP
Valor por Hectárea	87.000.000 COP

3.9.12 Recomendaciones y condiciones

- Verificar título, existencia de gravámenes o servidumbres.
- Verificar normativa del POT específico del municipio para confirmar que exista posibilidad de cambio de uso si se piensa destinar a energía.
- Hacer estudio topográfico, mecánica de suelos, estudio de irradiación solar medido, y confirmación de distancia y costo de acceso a red eléctrica.
- Incorporar costos de permisos ambientales, consultas previas si hay comunidades étnicas presentes.
- Ajustar valor si existen mejoras en el predio (infraestructura, vías, agua, etc.).

3.10 Análisis comparativo mediante el método de capitalización de rentas

A partir del método de capitalización de ingresos, se realizó un ejercicio comparativo entre el uso pecuario tradicional del suelo y su destinación para la instalación de granjas solares.

Considerando que las tasas de retorno permiten evidenciar el nivel de rentabilidad asociado al terreno y, por ende, su valor económico, se desarrolló el siguiente ejemplo aplicado, en el cual se compara un predio destinado a actividades agropecuarias con un predio utilizado para la generación de energía solar fotovoltaica.

La inclusión de dichas tasas permite estimar el valor del terreno a partir de su capacidad de generación de renta, mediante la aplicación de la metodología de capitalización de rentas o ingresos, conforme a lo establecido en el artículo 2 de la Resolución 620 de 2008 del IGAC.

Este análisis busca evidenciar cómo el cambio en la vocación económica del suelo incide directamente en su valor, aportando mayor rigurosidad técnica al avalúo y facilitando la toma de decisiones en procesos de inversión y planificación territorial.

Ejemplo de avalúo mediante tasa de capitalización

Para el presente ejercicio se consideran los siguientes escenarios:

Escenario 1. Uso energético (granja solar)

Tabla 6. Datos granja Solar “La Rubiela”

Item	Descripción
Ubicación	Montería, Córdoba, Colombia
Área del Terreno en arriendo	2,2 hectáreas
Valor arriendo mensual	COP \$1.700.000
Valor arriendo anual	COP \$20.400.000
Valor arriendo Anual por Hectárea	COP \$9.272.727,27
Potencia en DC	1.26 kWp
Potencia AC	990 kW (3 inversores de 330 kW)
Generación estimada	1,81 GWh/año

Fórmula utilizada

$$A = r/i$$

En donde:

A = avalúo

r = arriendo

i = tasa de interés aplicable

Entonces se tiene lo siguiente:

$$A = \$9.272.727,27/9\%$$

$$A = \$ 103.030.303 \text{ (ciento tres millones treinta mil trescientos tres pesos m/l)}$$

Valor por hectárea de terreno de predios con uso energético: \$ 103.030.303 M/L (ciento quince millones novecientos nueve mil noventa pesos con noventa centavos)

Escenario 2. Uso pecuario (ganadería)

Tabla 7. *Datos predio uso ganadería*

Item	Descripción
Ubicación	Montería, Córdoba, Colombia
Área del Terreno en arriendo	14 hectáreas
Valor arriendo mensual	COP \$4.000.000
Valor arriendo anual	COP \$56.000.000
Valor arriendo Anual por Hectárea	COP \$3.428.571,42
Capacidad de carga	1.8 bovino adulto por hectárea

Fórmula utilizada

$$A = r/i$$

En donde:

A = avalúo

r = arriendo

i = tasa de interés aplicable

Entonces se tiene lo siguiente:

$$A = \$3.428.571,42 / 6\%$$

A=\$57.142.857,00 (cincuenta y siete millones ciento cuarenta y dos mil ochocientos cincuenta y siete pesos)

Valor por hectárea de terreno de predios con uso pecuario (ganadero): \$57.142.857,00 M/L (cincuenta y siete millones ciento cuarenta y dos mil ochocientos cincuenta y siete pesos)

3.10.1 Análisis de las variables de evaluación.

Tabla 8. *Comparación de rentas y tasas de capitalización aplicadas al valor del suelo rural*

Concepto	Uso Energético	Uso Pecuario
Renta anual por Ha	COP \$9.272.727,27	COP \$3.428.571,42
Tasa de Capitalización	9%	6%
Valor del terreno	\$ 103.030.303	\$57.142.857,00

Interpretación:

El valor del terreno bajo uso energético resulta aproximadamente dos veces mayor que aquel destinado al uso pecuario tradicional.

Esta diferencia se explica principalmente por:

- Mayor capacidad de generación de ingresos del uso energético.
- Contratos de arrendamiento a largo plazo, que reducen la incertidumbre.
- Mayor estabilidad y previsibilidad del flujo de caja.

Los resultados evidencian que el valor del terreno puede incrementarse significativamente cuando se destina a proyectos de generación de energía, debido a una mayor renta anual y a condiciones contractuales que favorecen la estabilidad financiera del proyecto.

En consecuencia, el ejercicio confirma que el cambio en la vocación económica del suelo impacta directamente su valor, resaltando la importancia de incorporar variables asociadas a la estructuración de proyectos de inversión dentro de los procesos de avalúo rural.

4. Resultados y discusión

Este capítulo presenta los resultados esperados de la investigación y su discusión a la luz de la problemática planteada. La finalidad es responder de manera estructurada a la pregunta central:

¿Cuáles son los factores técnicos, jurídicos y económicos que inciden en el avalúo de predios rurales para la instalación de granjas solares en Colombia y cuál debería ser la ponderación de cada uno en un proceso real de avalúo?

4.1 Identificación de factores críticos en el avalúo

Del análisis integral de los capítulos anteriores se desprenden cuatro grupos de factores críticos que inciden en la valoración de predios solares:

1. *Factores técnicos*

- Irradiación solar (fertilidad energética del predio).
- Topografía y condiciones del terreno.
- Acceso a redes eléctricas y vías de transporte.
- Condiciones edafológicas y riesgos naturales.

2. *Factores jurídicos*

- Compatibilidad con el uso del suelo definido en los POT (Ley 388/1997).
- Situación jurídica del predio (propiedad privada, tenencia informal o territorio colectivo).
- Licencias ambientales (Ley 99/1993) y permisos sectoriales.
- Consulta previa con comunidades étnicas.

3. *Factores económicos*

- Métodos de valoración aplicables (comparativo, capitalización de rentas, residual dinámico).
- Rentabilidad proyectada y plusvalía.
- Riesgos financieros y de mercado.
- Beneficios tributarios (Ley 1715/2014).

4. Factores ambientales y sociales

- Presencia de ecosistemas estratégicos y áreas protegidas.
- Impacto en comunidades locales y obligaciones de compensación.
- Contribución al desarrollo sostenible.

La interacción de estos factores demuestra que el avalúo de predios rurales para proyectos solares trasciende la lógica tradicional de valoración agropecuaria y exige una metodología interdisciplinaria.

4.2 Resultados esperados

Con la aplicación de la metodología propuesta, se esperan los siguientes resultados concretos:

1. *Homogeneización de criterios valuatorios:* reducción de la dispersión de valores entre diferentes avalúos, al existir una guía clara que considere el potencial energético del predio.
2. *Seguridad jurídica y financiera:* mayor confianza por parte de inversionistas y entidades financieras al contar con avalúos sustentados en un modelo transparente y validado.
3. *Negociaciones más equitativas:* equilibrio entre los intereses de propietarios e inversionistas, evitando escenarios de sobrevaloración o subvaloración.
4. *Alineación con la normativa y compromisos internacionales:* avalúos acordes con las leyes nacionales (Leyes 388, 99 y 1715) y con los estándares internacionales (IVS 2021).
5. *Contribución al desarrollo sostenible:* integración de criterios ambientales y sociales en el avalúo, lo que fortalece la aceptación social de los proyectos solares.

4.3 Discusión: impacto en la práctica profesional

La aplicación de este procedimiento transformaría la práctica profesional de los evaluadores en varios sentidos:

- *Desde lo técnico*, les exigiría incorporar herramientas avanzadas como SIG, mapas de irradiación y modelos multicriterio.
- *Desde lo jurídico*, deberían conocer y aplicar de manera rigurosa la normativa de uso del suelo, licenciamiento ambiental y consulta previa.
- *Desde lo económico*, tendrían que manejar flujos de caja, indicadores financieros y beneficios tributarios propios del sector energético.
- *Desde lo social y ambiental*, estarían obligados a valorar el impacto sobre comunidades y ecosistemas.

En consecuencia, el perfil del evaluador se vuelve más especializado e interdisciplinario, lo que abre oportunidades de formación y certificación en un campo emergente.

4.4 Relevancia para la política pública

La implementación de este procedimiento técnico no solo beneficiaría a los evaluadores, sino también a la política pública colombiana. El IGAC, en coordinación con la UPME y el Ministerio de Minas y Energía, podría utilizar esta propuesta como insumo para diseñar una guía oficial de avalúos para predios con destinación energética.

Esto permitiría:

- Reducir litigios y conflictos en procesos de adquisición predial.
- Acelerar la ejecución de proyectos estratégicos de transición energética.
- Garantizar mayor equidad social en las compensaciones a propietarios.

4.5 Discusión sobre vacíos normativos

A pesar de los avances, persisten vacíos normativos que limitan la aplicación inmediata de esta propuesta:

- La Ley 388/1997 no contempla el uso energético del suelo rural como categoría explícita.
- La Ley 1715/2014 promueve proyectos solares, pero no regula avalúos prediales.
- Los manuales del IGAC no diferencian predios agropecuarios de predios energéticos.

Superar estos vacíos requerirá reformas normativas y la expedición de guías específicas.

Mientras tanto, la metodología aquí planteada ofrece un camino de aplicación práctica para evaluadores e inversionistas.

El análisis de resultados y discusión confirma que el avalúo de predios rurales para proyectos solares requiere un enfoque integral y multidimensional. La ponderación de factores técnicos, económicos, jurídicos y ambientales asegura una valoración más objetiva y equitativa.

Se espera que la implementación de esta metodología contribuya a la seguridad jurídica, la confianza inversionista y la equidad social, consolidando el papel de los avalúos como herramienta clave para la transición energética en Colombia.

5. Conclusiones

El desarrollo de esta monografía permitió analizar de manera integral los factores técnicos, jurídicos, económicos y ambientales que inciden en el avalúo de predios rurales destinados a la instalación de granjas solares en Colombia. Las conclusiones que se presentan a continuación recogen los hallazgos más relevantes y las respuestas a la problemática planteada, ofreciendo lineamientos aplicables tanto en la práctica profesional de los evaluadores como en el diseño de políticas públicas para la transición energética.

5.1 Conclusiones técnicas

- La irradiación solar es el factor técnico más determinante en la valoración de predios solares, al constituir el equivalente a la “fertilidad energética” del terreno.
- La topografía, accesibilidad y cercanía a redes eléctricas influyen directamente en los costos de construcción y operación, generando diferencias sustanciales en el valor de predios similares.
- Las condiciones edafológicas y geotécnicas condicionan la factibilidad técnica del proyecto, debiendo incluirse en el avalúo mediante estudios de mecánica de suelos y análisis de riesgos naturales.
- El uso de herramientas como SIG, mapas solares del IDEAM y modelos multicriterio fortalece la objetividad del análisis técnico.

5.2 Conclusiones jurídicas

- La normativa colombiana (Leyes 388/1997, 99/1993 y 1715/2014) regula aspectos de ordenamiento territorial, sostenibilidad ambiental y fomento de energías renovables, pero no establece metodologías específicas para avalúos prediales con uso energético.
- Los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) no contemplan de manera uniforme el uso del suelo para proyectos solares, lo que genera incertidumbre en el mercado.
- La consulta previa con comunidades étnicas y las licencias ambientales son factores que pueden aumentar o disminuir el valor de un predio al afectar la viabilidad jurídica y social del proyecto.
- La seguridad jurídica de la propiedad (titulación, ausencia de conflictos, claridad en linderos) sigue siendo un determinante clave en el valor de mercado.

El análisis del marco jurídico muestra que, aunque existen leyes y decretos que regulan el uso del suelo, la sostenibilidad ambiental y la energía renovable, no hay disposiciones específicas sobre avalúos para proyectos solares. Este vacío normativo constituye un factor crítico que afecta la seguridad jurídica, la planificación territorial y la viabilidad económica de los proyectos. De allí la importancia de proponer criterios metodológicos que integren las disposiciones vigentes con las mejores prácticas internacionales.

5.3 Conclusiones económicas

- Los métodos tradicionales de avalúo (comparativo de mercado y capitalización agropecuaria) son insuficientes para predios solares, ya que no reflejan su rentabilidad potencial.
- El ejercicio de Análisis comparativo mediante el método de capitalización de rentas permitió estimar el valor del predio a partir de su capacidad de generación de ingresos futuros, evidenciando que la rentabilidad esperada constituye un factor determinante en la formación del valor económico del suelo. Los resultados obtenidos reflejan la relación directa entre los flujos de renta proyectados, las condiciones del mercado y la tasa de capitalización aplicada, proporcionando una estimación coherente con el potencial productivo y las expectativas de inversión asociadas al uso energético del predio. La plusvalía energética debe ser reconocida como un nuevo componente de valor, asociado a la destinación del suelo y a las inversiones públicas en infraestructura eléctrica y vial.
- Los beneficios tributarios contemplados en la Ley 1715 de 2014 aumentan la rentabilidad y, en consecuencia, el valor económico de los predios solares.

5.4 Conclusiones ambientales y sociales

- La incorporación de criterios de sostenibilidad es indispensable en los avalúos de predios solares. El valor de un terreno no solo depende de su potencial energético, sino también de su compatibilidad con los ecosistemas y comunidades.
- Predios en zonas con restricciones ambientales o en áreas de alta sensibilidad ecológica tienen menor valor efectivo, ya que enfrentan mayores costos de mitigación y limitaciones en su uso.
- La aceptación social del proyecto, incluida la participación de comunidades locales y los beneficios económicos compartidos, se traduce en un factor de riesgo que influye en el valor del predio.

5.5 Conclusiones Integrales

- El avalúo de predios rurales destinados a granjas solares debe abordarse con un enfoque multidimensional, que combine criterios técnicos, jurídicos, económicos y ambientales.
- Se propone una ponderación relativa de factores: técnicos (40 %), económicos (30 %), jurídicos (20 %) y ambientales-sociales (10 %), como guía para la práctica valuatoria.
- La implementación de una metodología estandarizada, basada en los lineamientos del IGAC y en estándares internacionales como los IVS 2025, contribuiría a la transparencia, equidad y seguridad jurídica en el mercado.
- El Estado colombiano, a través del IGAC, la UPME y el Ministerio de Minas y Energía, debe liderar la expedición de una guía técnica oficial de avalúos para proyectos de energía renovable, tomando como insumo propuestas académicas como la aquí presentada.

El anterior análisis evidencia, que el auge de las energías renovables en Colombia traerá consigo una transformación del mercado predial rural. En los próximos años, la demanda por terrenos con potencial solar incrementará, generando una nueva dinámica de valoración que deberá estar acompañada de:

- Capacitación especializada para evaluadores.
- Reformas normativas que integren el uso energético en el ordenamiento territorial.
- Mecanismos de resolución de conflictos prediales más ágiles y transparentes.

De esta manera, el avalúo de predios rurales se consolidará como un instrumento estratégico no solo para el mercado inmobiliario, sino también para la transición energética y el desarrollo sostenible del país.

Referencias

- Abo-Zahhad, E. M., Rashwan, A., Salameh, T., Hamid, A. K., Faragalla, A., El-Dein, A. Z., Chen, Y., & Abdelhameed, E. H. (2024). Evaluation of solar PV-based microgrids viability utilizing single and multi-criteria decision analysis. *Renewable Energy*, 221, 119713. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2023.119713>
- Al Garni, H. Z., & Awasthi, A. (2018). Solar PV Power Plants Site Selection: A Review. *Advances in Renewable Energies and Power Technologies: Volume 1: Solar and Wind Energies*, 1, 57–75. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812959-3.00002-2>
- Asociación de Energías Renovables - Ser Colombia. (2024). *Informe Ser Colombia: Colombia alcanza 1GW de energía renovable en operación*. https://ser-colombia.org/wp-content/uploads/2024/07/INFORME-JUNIO-.pdf?utm_source
- Congreso de la República de Colombia. (1991). Ley 21 de 1991, Por medio de la cual se aprueba el Convenio número 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes, adoptado por la 76a. reunión de la Conferencia General de la O.I.T., Ginebra 1989, Diario Oficial 39.720. In *Función Pública*.
- Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones, Diario Oficial No. 41.146. In *Función Pública*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>
- Congreso de la República de Colombia. (1997). Ley 388 de 1997, Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989 y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones, Diario Oficial No. 43.091.

- In *Función Pública*.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=339>
- Congreso de la República de Colombia. (2014). Ley 1715 de 2014, Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, Diario Oficial No. 49.150. In *Función Pública*.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>
- Consejo Internacional de Normas de Valoración - IVSC. (2021). *International Valuation Standards: Effective 31 January 2022*. International Valuation Standards Council.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2025, May 19). *Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario Componente de Insumos y Factores Asociados a la Producción Agropecuaria – SIPSA - I - 2022 -2024*.
https://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/830?utm_source
- Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2016). *Lineamientos para la formulación del proyecto de revisión y ajuste de planes de ordenamiento territorial (POT-PBOT-EOT)* (1st ed.).
- Deveci, M., Cali, U., & Pamucar, D. (2021). Evaluation of criteria for site selection of solar photovoltaic (PV) projects using fuzzy logarithmic additive estimation of weight coefficients. *Energy Reports*, 7, 8805–8824. <https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2021.10.104>
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). Solar Engineering of Thermal Processes. In *Solar Engineering of Thermal Processes* (4th ed.). Wiley.
<https://doi.org/10.1002/9781118671603.fmatter>
- Evans, A. W. (2004). Economics and Land Use Planning. In *Economics and Land Use Planning*. Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470690895.fmatter>

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. (2025). *Memoria técnica de los valores, que permita realizar el ajuste automatico al que se refiere el articulo 49 de la Ley 2294 de 2023*, Municipio de Cerete, vigencia 2025
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. (2008). Resolución 620 de 2008, Por la cual se establecen los procedimientos para los avalúos ordenados dentro del marco de la Ley 388 de 1997. In *Secretaría Jurídica Distrital de Bogotá*.
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=36158>
- International Renewable Energy Agency - IRENA. (2020). *Renewable power generation costs in 2019*. IRENA. www.irena.org
- Ministerio de Minas y Energía. (2016). Resolución 40374 de 2016, Por la cual se modifica la Resolución 180196 de 2011. In *Gestor Normativo Alejandría 2.0*.
https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_minminas_40374_2016.htm
- Mombello, B., Olsina, F., & Pringles, R. (2023). Valuing photovoltaic power plants by compound real options. *Renewable Energy*, 216, 119021.
<https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2023.119021>
- Montes, C., & Sala, O. (2007). La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Las relaciones entre el funcionamiento de los ecosistemas y el bienestar humano. *Ecosistemas*, 16(3), 137–147. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=512>
- Muñoz-Mora, J., & Cardona-Jaramillo, H. (2013). El Precio de la Tierra: Estado del Arte de las Metodologías de Valoración de Predios Rurales y su Aplicación en Colombia. *Suma de Negocios*, 4(1), 21–31.

- Nassar, A. K., Al-Dulaimi, O., Fakhruldeen, H. F., Sapaev, I. B., Jabbar, F. I., Dawood, I. I., Khalaf, D. H., & Algburi, S. (2025). Multi-criteria GIS-based approach for optimal site selection of solar and wind energy. *Unconventional Resources*, 7, 100192. <https://doi.org/10.1016/J.UNCRE.S.2025.100192>
- OIT. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. (2014). *Convenio Numero 169 de la OIT sobre Pueblos Indígenas y Tribales*.
- Ostrom, E. (1992). Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action Collective Action. *Cambridge University Press*, 32(2), 280. <https://digitalrepository.unm.edu/nrj/vol32/iss2/6>
- Pohekar, S. D., & Ramachandran, M. (2004). Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8(4), 365–381. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2003.12.007>
- Presidente de la República de Colombia. (1998). Decreto 1420 de 1998, por el cual se reglamentan parcialmente el artículo 37 de la Ley 9 de 1989, el artículo 27 del Decreto-ley 2150 de 1995, los artículos 56, 61, 62, 67, 75, 76, 77, 80, 82, 84 y 87 de la Ley 388 de 1997 y, el artículo 11 del Decreto-ley 151 de 1998, que hacen referencia al tema de avalúos, Diario Oficial 43.349 . In *Función Pública*.
- Presidente de la República de Colombia. (2015). Decreto 1073 de 2015, Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, Diario Oficial No. 49.523. In *Función Pública*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77887>

- Presidente de la República de los Estados Unidos de México. (2014). Ley de la Industria Eléctrica . In *Suprema Corte de Justicia de la Nación*.
<https://legislacion.scjn.gob.mx/buscador/paginas/wfArticuladoFast.aspx?q=pwUhdNvCSySjs8D73SRJEFD5a0538i8UeHr3c5fgxg4McbItWY5JptrHxzIltuj1uQ5WFwG84vju8fXr8oeHfQ==>
- Presidente de la República de los Estados Unidos de México. (2015). Ley de transición energética. In *Orden Jurídico Nacional*.
<https://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/html/wo109157.html>
- Salamanca Falla, C. H., Babativa Torres, J. S., & Bahamon Sáenz, A. D. (2024). Viabilidad Económica de los Sistemas Agrivoltáicos en Colombia. *Semestre Económico*, 27(62), 1–20. <https://doi.org/10.22395/seec.v27n62a4561>
- Smolka, M. Oscar. (2013). *Implementing value capture in Latin America: policies and tools for urban development*. Lincoln Institute of Land Policy.
- Unidad de Planeación Minero Energética - UPME. (2022). *Informe de Gestion 2022*.
- Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, & Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2005). *Atlas de Radiación Solar de Colombia*.
https://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Impresos/Atlas_Radiacion_Solar_2005/1-Atlas_Radiacion_Solar.pdf?utm_source
- Wang, J. J., Jing, Y. Y., Zhang, C. F., & Zhao, J. H. (2009). Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2263–2278. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2009.06.021>