



DOCUMENTO  
DE TRABAJO

# ZONIFICACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN ÁREAS DE BAJO IMPACTO

# ANTECEDENTES

El presente documento ha sido elaborado con el objetivo de brindar información técnica relacionada a las actividades de planificación energética y energías renovables de la Dirección General de Eficiencia Energética del Ministerio de Energía y Minas del Perú (MINEM).

Actualmente, es posible generar energía a partir de fuentes limpias (eólica y solar) que permita cumplir tanto las metas de generación energética como los compromisos climáticos del país, orientando este desarrollo desde la planificación hacia lugares con baja sensibilidad ambiental.

Para ello, se presenta la herramienta “Zonificación de energías renovables en áreas de bajo impacto”, que cuenta con una metodología que permite identificar

especialmente los sitios que cuenten con potencial técnico para generación energética solar o eólica y que a su vez se localicen en áreas de baja sensibilidad ambiental. Este enfoque busca promover la energía renovable en los lugares altamente factibles, es decir, donde sea poco probable que pueda generar conflictos significativos relacionados con el medio ambiente.

Este trabajo representa un esfuerzo de colaboración en el marco de la cooperación técnica entre MINEM y The Nature Conservancy (TNC), y contó con el apoyo de la Gerencia Regional de Energía, Minería e Hidrocarburos de La Libertad (GREMH) empleando la mejor información técnica y cartográfica disponible. En este documento se presentan los resultados de su aplicación en el departamento de La Libertad, previendo extender como trabajo futuro este análisis a otras regiones del país.

## ENFOQUE

Las medidas de mitigación al cambio climático para el sector Energía en el Perú comprende una mayor expansión de las energías renovables, lo cual se puede lograr sin afectar significativamente los ecosistemas y hábitats críticos en el país.

La elección del sitio apropiado desde la etapa inicial o de planificación de un proyecto de generación eléctrica permite anticipar y evitar los impactos significativos que estos podrían generar en el ambiente, así como las demoras y sobrecostos asociados.

La ubicación del desarrollo con energías renovables (eólico y solar) en áreas de baja sensibilidad ambiental puede contribuir a acelerar su expansión en una región o un país, permitiéndole alcanzar las metas de

**La planificación energética permite construir un futuro sostenible y con armonía con su entorno, en el que la naturaleza y las personas prosperen. construir un futuro energético limpio y en armonía con su entorno, en el que la naturaleza y las personas prosperen.**

Figura 1: Turbinas eólicas en el noreste de EEUU.



Kent Mason

generación con energías renovables, cumplir con los compromisos climáticos y proteger los sitios clave para la conservación de la biodiversidad.

Se trata de una herramienta orientadora que ayuda a identificar de manera temprana y a nivel de macrolocalización aquellas áreas que son adecuadas para acoger proyectos eólicos o solares, y que a su vez tengan baja sensibilidad ambiental. Su metodología se ha construido en base al marco normativo sectorial y ambiental del Perú, así como a estándares y buenas prácticas internacionales para la ubicación de proyectos energéticos.

# CONTEXTO

El desarrollo eólico o solar inadecuadamente ubicado puede tener impactos negativos en especies en riesgo y ecosistemas importantes, en parte porque requiere grandes áreas de terreno, pudiendo además ocasionar conflictos ambientales, demoras y sobre costos asociados e incluso el abandono del proyecto.

Hoy, es posible contar con enfoques y metodologías participativas que permitan reducir ese riesgo y contribuyan a un futuro energético limpio y de bajo impacto. Para minimizar estos impactos, las consideraciones sobre la localización de estas infraestructuras deben evaluarse desde una fase temprana del proyecto y orientarse hacia zonas de menor impacto para las personas y la naturaleza, asegurando un proceso participativo que involucre a todas las partes interesadas desde el principio y de manera oportuna, y que de manera transparente permita que la información relacionada con el proyecto esté disponible en el dominio público.

## Los proyectos de generación en base a energías renovables no convencionales (solar y eólico) adecuadamente ubicados pueden proporcionar una matriz energética sostenible y de bajo impacto ambiental

### Experiencias de aplicación de este enfoque en otros países

- **Estados Unidos** (*Site Wind Right*): Identificación de áreas para desarrollo eólico de bajo impacto, reducción de conflictos y acelera aprobación de proyectos.
- **India** (*Site Right*): Selección de ubicaciones para proyectos solares y eólicos, cumplir los objetivos de ER y evitar impactos adversos en el ambiente y las personas.
- **Croacia** (Condado de Zadar, *Planeamiento energético integrado*): Planificación espacial para identificar sitios con potencial de generación renovable y mínimo impacto social y ambiental.

Figura 2: Mapa de ubicación del departamento de La Libertad



Fuente: TNC Perú

## El departamento de La Libertad

Se localiza al norte del Perú y tiene como capital a la ciudad de Trujillo. Está conformado por 12 provincias y 83 distritos. Su extensión territorial es de, aproximadamente, 25 mil km<sup>2</sup> y tiene una población de 1,778,080 habitantes (censo nacional 2017, INEI).

Su territorio comprende las tres regiones naturales; sin embargo, el 80 por ciento de su área superficial es esencialmente andina. Asimismo, cuenta con importantes áreas protegidas como la Reserva Nacional de Calipuy y el Santuario Nacional de Calipuy.

Cuenta con potencial solar y eólico para generación eléctrica: tiene un potencial eólico aprovechable de 921 MW, lo que lo hace el 5to departamento a nivel nacional (MINEM, 2016). Tiene a la central eólica Cupisnique de 80 MW ubicada en la provincia de Pacasmayo, en operación desde el año 2014 y conectada al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional de Perú (SEIN).

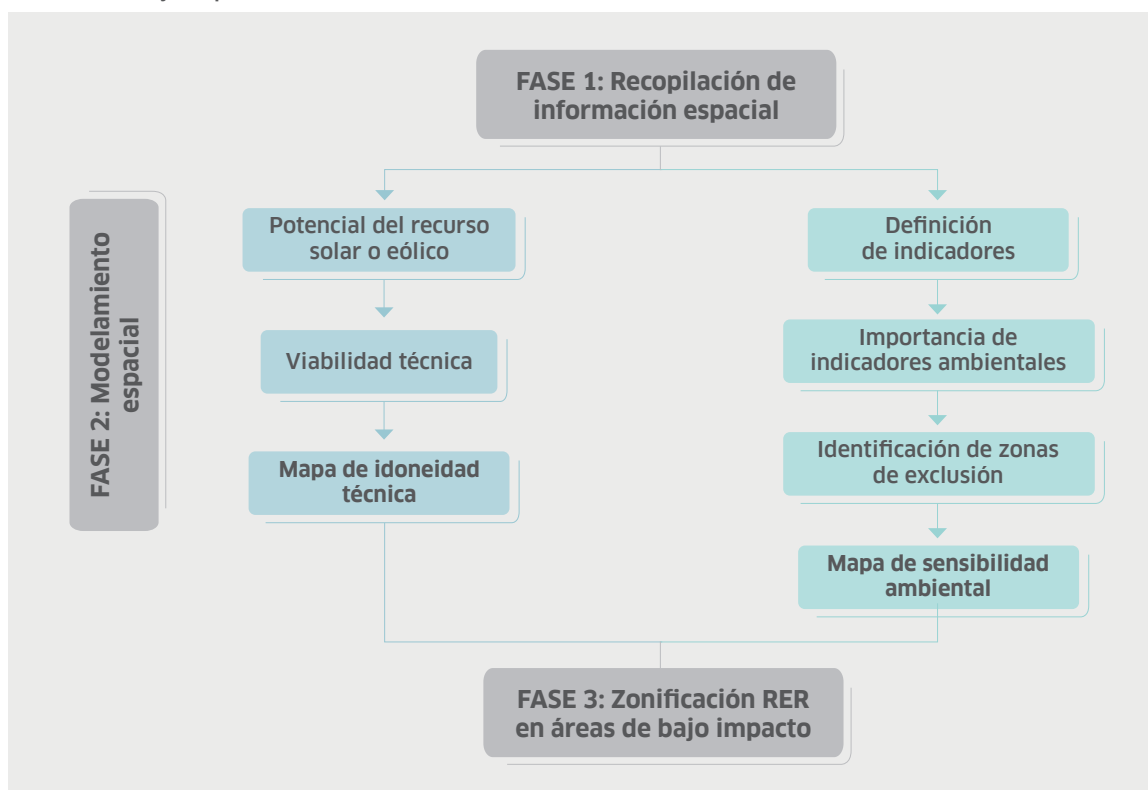


# METODOLOGIA

La zonificación para energías renovables en áreas de bajo impacto se basó en la utilización de técnicas de evaluación multicriterio aplicadas al territorio mediante sistemas de información geográfica (SIG), que permitieron llevar a cabo un modelamiento espacial utilizando la cartografía digital disponible que representa a los factores técnicos y ambientales identificados, así como criterios basados en el marco normativo nacional y en el juicio de expertos.

Este documento presenta esta metodología aplicada al departamento de La Libertad, Perú, y consta de tres fases: la **Fase 1**, corresponde a la **identificación de las variables técnicas y ambientales** y la **recopilación de información espacial** (nacional y departamental); la **Fase 2**, que determina **las etapas del modelamiento espacial**, tanto para la obtención del mapa de idoneidad técnica como del mapa de sensibilidad ambiental, y la **Fase 3**, la cual consiste en la **integración de los mapas para la zonificación ambiental** de proyectos RER (Ver Figura 3).

Figura 3: Diagrama de flujo del proceso metodológico de la Zonificación de energías renovables en áreas de bajo impacto.



La metodología comienza con la identificación de las variables técnicas y ambientales basada en el marco normativo nacional, y la posterior recopilación de la información cartográfica para el análisis, (**Fase 1**). La recopilación de la información espacial se basó en fuentes oficiales a escala nacional y departamental, principalmente en portales Web SIG de libre acceso.

Figura 4: Grupos de información espacial a recopilar según categorías: base, biofísica y sociocultural.



Para apoyar la identificación de los sitios adecuados para plantas de energía solar y eólica que eviten los impactos a los valores naturales del área, en la Fase 2 se desarrollaron dos mapas: un mapa de idoneidad técnica y un mapa de sensibilidad ambiental, los cuales se integrarán posteriormente para crear el mapa de zonificación de energías renovables en áreas de bajo impacto (Fase 3), que permitirá identificar los sitios adecuados para plantas de energía solar y para apoyar la identificación de sitios adecuados para plantas de energía solar y eólica que eviten los impactos a los valores naturales

**1. Mapa de Sensibilidad ambiental:** Este mapa brinda una indicación de la sensibilidad del área analizada en función a los impactos sobre la biodiversidad y el medio ambiente. Este mapa se realizará de manera independiente tanto para el desarrollo eólico como para el desarrollo solar fotovoltaico y resulta de los siguientes tres pasos:

**Paso 1:** Identificación de áreas de exclusión para emplazamientos de energía eólica y solar debido a restricciones legales o a la ocupación actual de otro tipo de usos e infraestructura. Estas áreas están etiquetadas como **zonas de exclusión** (ver Figuras 5 y 6).

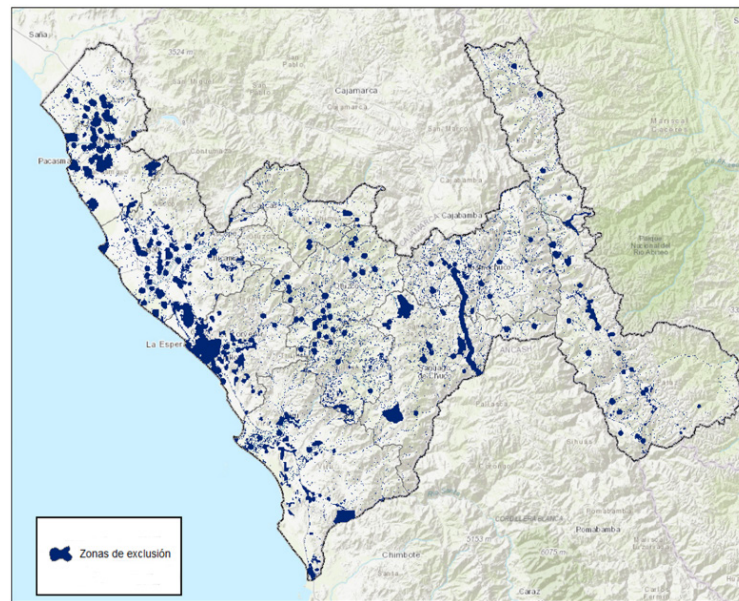
**Paso 2:** Integración de variables espaciales ambientales, las cuales se ponderan para luego caracterizar las áreas resultantes según su **nivel de sensibilidad ambiental** ante el establecimiento de plantas eólicas y solares. Estas áreas se llamarán “Zonas de ponderación” y tendrán valores de sensibilidad desde “muy bajo” hasta “muy alto”.

**Paso 3:** Integración de los mapas de “Zonas de exclusión” y de “Sensibilidad ambiental” para formar el “Mapa de Sensibilidad ambiental” (ver Figura 7). Como se mencionó antes, en este paso se obtendrán dos mapas: Un mapa de sensibilidad ambiental para proyectos solares fotovoltaicos y otro para proyectos eólicos.

Figura 5: Lista de indicadores de exclusión (Zona de exclusión) y de ponderación (Zona de ponderación) a utilizar en el modelamiento espacial.

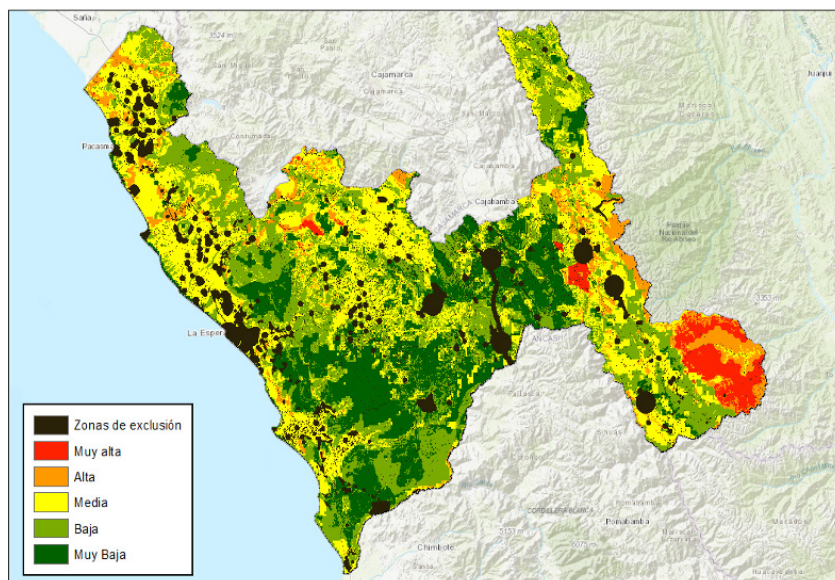
Zonas de exclusión		Zonas de ponderación	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Zonas de sensibilidad máxima</li><li>• Indicadores de máxima relevancia</li><li>• No se recomienda la implementación de proyectos RER</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>• Indicadores de importancia relativa</li><li>• Depende de los valores ambientales</li><li>• Tratamiento cartográfico para la sensibilidad ambiental</li></ul>	
Indicadores de exclusión		Indicadores de ponderación	
1. Áreas naturales protegidas intangibles	6. Aeropuertos y aeródromos	1. Áreas de importancia para la conservación de aves	8. Especies CITES y endémicas
2. Patrimonio cultural inmueble nacional prehispánico	7. Áreas urbanas	2. Áreas degradadas	9. Pastos naturales
3. Patrimonio mundial	8. Cuerpos de agua	3. Áreas naturales protegidas tangibles	10. Recursos turísticos
4. Zonas arqueológicas	9. Infraestructura energética de generación	4. Bosques naturales primarios	11. Tierras de protección
5. Zonas de riesgo no intangibles	10. Onfraestructuras existentes	5. Comunidades campesinas	12. Zonas agrícolas
		6. Conflictos socioambientales	13. Zonas de amortiguamiento
		7. Ecosistemas frágiles	14. Peligros físicos
			15. Zonas prioritarias para la conservación

**Figura 6: Mapa de las zonas de exclusión para proyectos solares en el departamento de La Libertad**



**Fuente:** Elaboración TNC Perú.

**Figura 7: Mapa de sensibilidad ambiental para proyectos solares en el departamento de La Libertad**



Fuente: Elaboración TNC Perú.

**2. Mapa de Idoneidad Técnica:** Este mapa permite identificar los sitios que cuentan con potencial técnico de generación a partir del recurso solar y eólico, así como las características físicas del terreno (elevación, inclinación) y la distancia a infraestructura energética y vial que facilite su emplazamiento. Al igual que para el mapa de sensibilidad ambiental, el desarrollo del mapa de idoneidad técnica se realizará tanto para la energía solar fotovoltaica como para la energía eólica. Se desarrolla en tres pasos:

### Paso 1: Determinar el potencial solar y eólico a partir de la base de datos “RE-DATA Explorer” de NREL

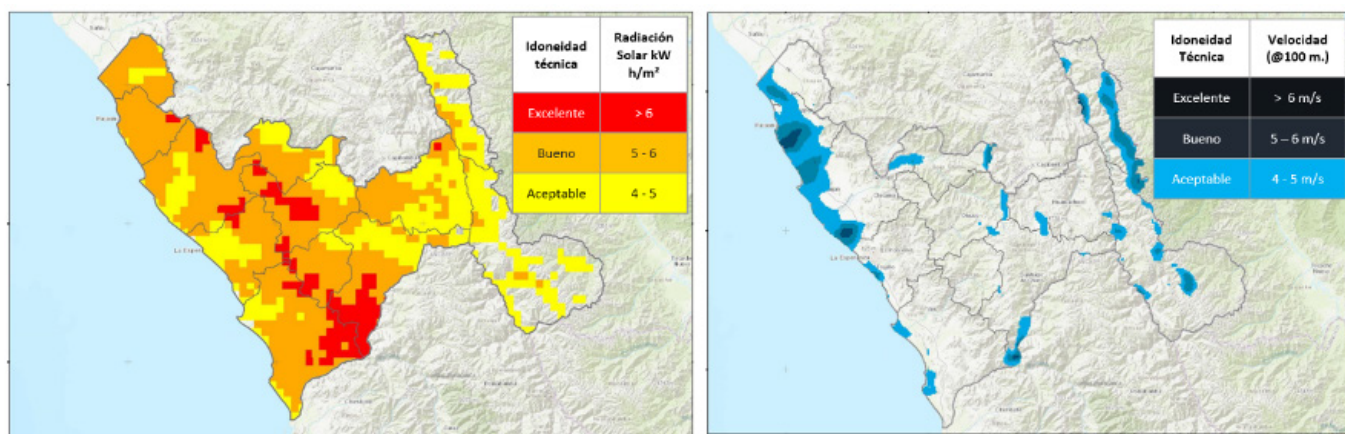
(radiación solar) y “MINEM-Vortex” (velocidad de viento) (ver Figura 8).

**Paso 2:** Determinar la viabilidad técnica a partir de criterios espaciales como: distancia a líneas de transmisión, distancia a vías, pendiente o inclinación del terreno, elevación, entre otros.

**Paso 3:** Integrar los mapas de potencia solar y eólica con los de viabilidad técnica. Como resultado de este paso se obtienen dos mapas de idoneidad técnica: una para proyectos solares fotovoltaicos y otro para proyectos eólicos.



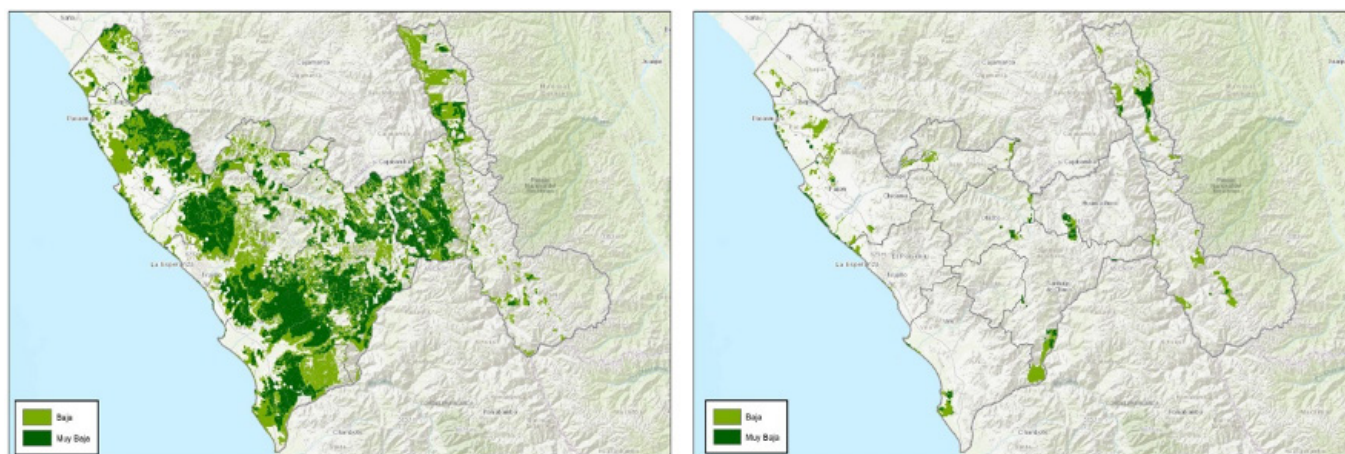
**Figura 8:** Mapa de potencial del recurso solar (RE Data Explorer, izquierda) y viento (Vortex, derecha) en el departamento de La Libertad



Fuente: Elaboración TNC Perú.

Finalmente, se integrarán los dos mapas producto del modelamiento espacial (mapa de sensibilidad ambiental y mapa de idoneidad técnica) por cada tipo de fuente energética, produciendo el **mapa de zonificación para energías renovables en áreas de bajo impacto (Fase 3)** (ver Figura 9).

**Figura 9:** Mapa de zonificación para proyectos solares (izquierda) y eólicos (derecha) en áreas de bajo impacto en el departamento de La Libertad.



Fuente: Elaboración TNC Perú.

## HERRAMIENTA ESPACIAL EN LÍNEA

La herramienta en línea se diseña utilizando los datos espaciales disponibles de fuentes oficiales para servir como un importante recurso de información sistematizada que apoye la selección de la ubicación a nivel de macrolocalización en las primeras fases de proyectos RER, y está dirigida de manera abierta a los promotores, responsables políticos, instituciones financieras, como para los compradores de energía. La herramienta es orientadora y permite orientar la toma de decisiones sobre la localización de los proyectos. No pretende sustituir el proceso de evaluación ambiental del proyecto, ni la consulta con los organismos pertinentes.

# CONCLUSIONES

- ✓ La metodología de zonificación de energías renovables en áreas de bajo impacto se basa en la evaluación multicriterio para macrolocalización a través de un proceso participativo y transparente, en base a información espacial disponible, a escala de paisaje (semidetalle) y que recoge la opinión de expertos.
- ✓ Es una iniciativa desarrollada para contribuir a la expansión de energías renovables a través de la promoción de los lugares adecuados, en áreas que sean de bajo impacto para las personas y la naturaleza.
- ✓ Se trata de un enfoque consistente con la Jerarquía de Mitigación, enfatizando la primera posición de evitar o prevenir la utilización de sitios donde se puedan dar impactos ambientales significativos.
- ✓ La aplicación de esta metodología presenta resultados orientadores, no se trata de una herramienta vinculante. No exime a los proyectos de la respectiva evaluación ambiental, sino facilita una mejor aproximación a lo ambiental desde un momento más temprano.
- ✓ La metodología es flexible para acoger nueva y mejor información espacial que se pueda generar a futuro, tanto para las variables de potencia del recurso renovable como para las variables ambientales que se generen desde el ámbito departamental y nacional.
- ✓ Su aplicación en el departamento de La Libertad demuestra que existen lugares para desarrollo de nuevos proyectos eólicos o para el ingreso de proyectos solares fotovoltaicos ubicados en zonas de baja sensibilidad ambiental y que pueden conectarse al SEIN.
- ✓ Asimismo, la aplicación de esta metodología en Perú ha demostrado que aun se debe trabajar en la generación de información espacial en mayor detalle sobre ciertos componentes ambientales (flora y fauna) así como en una mayor comprensión sobre los impactos que este tipo de proyectos puedan generar sobre el ambiente.

• **Óscar Vera Gargurevich**  
Ministro de Energía y Minas

• **Jaime Luyo Kuong**  
Viceministro de Electricidad

• **José Neil Meza Segura**  
Director General de Eficiencia Energética MINEM

• **Correo Electrónico:** [dgee1@minem.gob.pe](mailto:dgee1@minem.gob.pe)

• **Equipo responsable:**  
Lucero Luciano de la Cruz (MINEM)  
Luis Vilchez León (MINEM)  
Christian Contreras (The Nature Conservancy – TNC)

Lima, Perú. Año 2023.

## Referencias

Ministerio del Ambiente del Perú. 2018. *Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales en el marco del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental – SEIA*. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-guia-elaboracion-linea-base-guia-identificacion-caracterizacion>

The Nature Conservancy. 2020. *SiteRight Accelerating solar and wind energy in India by reducing socio-ecological risks*. Disponible en: <https://www.tncindia.in/siteright/>

The Nature Conservancy. 2021. *Integrated Renewable Energy Planning in Southeast Europe Pilot project: Integrated Wind and Solar Planning in Zadar County*.

The Nature Conservancy. 2022. *Site Renewables Right: Accelerating a Clean and Green Renewable Energy Buildout in the Central United States*. Disponible en: <http://www.nature.org/siterenewablesright>

Ministerio de Energía y Minas del Perú, Vortex y Barlovento. 2016. *Atlas eólico del Perú*. Lima, Perú. Disponible en <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00367.pdf>