

Policy Brief

Herramientas abiertas para la identificación de zonas de alto potencial eólico en la Bahía de Paracas

Autores

Juan Deini Carrasco Díaz,¹
Douglas Donal Sarango Julca²
Malca Casavilca Nora Rosa Concepción³

¹ Magíster en Ciencias Ambientales con mención en el Desarrollo Sustentable en Minería y Recursos Energéticos

² Doctoris Philosophiae en Recursos Hídricos

³ Doctora en Ciencias Ambientales

Resumen

La Bahía de Paracas, ubicada en la región Ica, Perú, presenta una problemática ambiental causada por la erosión eólica, generada por vientos intensos y persistentes conocidos como “paracas”. Este fenómeno produce el desprendimiento y transporte de sedimentos, afectando tanto el entorno natural como la infraestructura. En este contexto, se presentan los resultados de un estudio que evaluó e identificó zonas con potencial eólico elevado, asociadas a áreas de desprendimiento de sedimentos, con el fin de evaluar su viabilidad para la futura instalación de aerogeneradores. Se analizaron 3 653 registros históricos de velocidad del viento (2015–2024), obtenidos desde la plataforma POWER Data Access Viewer (NASA/MERRA-2), y se caracterizaron mediante la distribución de Weibull. Posteriormente, se realizó una simulación CFD utilizando las ecuaciones de Navier-Stokes en los softwares RWIND 2.02 y ANSYS 2025, sobre una geometría modelada a partir de información topográfica procesada en ArcGIS y Civil 3D. Los resultados permitieron identificar 17 zonas de desprendimiento eólico, dentro de las

cuales varias superaron velocidades medias ajustadas por perfil logarítmico que evidencian condiciones favorables para la generación de energía eólica. Se recomienda aprovechar estas áreas priorizando proyectos piloto y planes de gestión que orienten futuras inversiones. Estas zonas no solo representan áreas de vulnerabilidad ambiental, sino también oportunidades para el aprovechamiento sostenible del recurso viento, aportando una alternativa energética limpia para la región.

1. Descripción del problema

En los últimos años, la preocupación mundial por el medio ambiente ha motivado a los países a tomar medidas más firmes frente al cambio climático (Campiglio et al., 2025). Los compromisos internacionales promueven el uso de energías limpias y accesibles, con el fin de reducir la dependencia de combustibles fósiles y construir sociedades más sostenibles (Feix & Hache, 2025). En este marco, la energía del viento aparece como una alternativa importante, ya que puede aprovecharse para producir electricidad sin generar contaminación (Caseau, 2024).

¹ Correo: juan.carrasco@unmsm.edu.pe

² Correo: dsarangoj@unmsm.edu.pe

³ Correo: nmalcac@unmsm.edu.pe

Sin embargo, el principal obstáculo es que los estudios necesarios para instalar parques eólicos suelen ser costosos y requieren mucho tiempo, lo que dificulta su aplicación en regiones rurales o de difícil acceso.

La experiencia internacional ofrece ejemplos que ayudan a comprender esta situación. En México, comunidades del Istmo de Tehuantepec han sido escenario de proyectos eólicos destinados a mejorar la autonomía energética (Juárez-Hernández & León, 2014). A pesar de la instalación de infraestructura, los beneficios no siempre han llegado de manera justa a las poblaciones locales, en parte por la falta de políticas claras que garanticen una distribución equitativa de la energía y las ganancias. Algo similar se observa en Nepal, donde se han impulsado acciones para enfrentar el cambio climático en zonas rurales de alta montaña (Bhattarai et al., 2024). Allí, la prioridad ha sido la agricultura y la gestión de recursos naturales (Koirala & Rahut, 2024), pero también existe la posibilidad de usar el viento como complemento energético en lugares donde el acceso a electricidad es limitado o inestable.

En el caso peruano, existen avances importantes. El Parque Eólico Wayra, en Marcona, Ica, es el más grande del país y un referente en la producción de energía limpia (Gestión, 2018). Sin embargo, no todas las regiones han tenido la misma oportunidad (Kemfert et al., 2025). Muchas zonas con buen potencial de viento aún no han sido evaluadas adecuadamente, en parte por los altos costos de los estudios Previos (Portocarrero Mendoza, 2025). El Parque Eólico de Huambos, en Cajamarca, muestra que es posible desarrollar proyectos en la sierra (El Peruano, 2021), aunque también expone los enormes retos que trae consigo la geografía accidentada: transporte de equipos, accesos limitados y gastos adicionales que desincentivan la inversión.

Ante estas dificultades, se vuelve necesario pensar en nuevas formas de identificar áreas con buen potencial eólico sin depender de trabajos costosos en campo (Lin et al., 2025). Una alternativa es el uso de plataformas de acceso libre⁴ y herramientas de simulación computacional⁵, que permiten estudiar el viento desde la distancia y con bajo costo. Esta metodología ofrece la posibilidad de detectar de manera rápida superficies pequeñas con condiciones favorables, eliminando en la etapa inicial la necesidad de realizar mediciones prolongadas en terreno.

El aporte principal de este enfoque es que abre la puerta a comunidades rurales, gobiernos locales o instituciones educativas para que puedan evaluar sus propios territorios y tomar decisiones informadas. De esta manera, se democratiza el acceso a la información y se impulsa el desarrollo de proyectos de pequeña escala que, aunque modestos, pueden marcar una diferencia real en la vida de las personas. La energía del viento, vista desde esta perspectiva, no solo es una alternativa técnica, sino también una oportunidad de equidad y sostenibilidad para el país.

2. Hallazgos

El estudio realizado en la Bahía de Paracas permitió obtener resultados claros y alentadores respecto al aprovechamiento del viento como recurso energético. Gracias al uso de plataformas de acceso libre y herramientas de simulación computacional, fue posible identificar áreas con condiciones sobresalientes para la generación de energía eólica, sin recurrir a costosos trabajos de campo en la fase inicial.

Uno de los primeros hallazgos está relacionado con la superficie de la bahía. Se trata de un terreno en gran medida llano y abierto, con un valor de rugosidad muy bajo. Esto significa que el viento circula sin grandes obstáculos que reduzcan su fuerza, lo cual convierte a Paracas en un entorno privilegiado para el análisis del recurso eólico.

Para sustentar este diagnóstico, se revisaron más de 3 600 registros diarios de viento, abarcando diez años de información continua. Esta base de datos, obtenida de fuentes satelitales abiertas, permitió caracterizar el comportamiento del viento con alta confiabilidad, evitando depender de mediciones cortas o puntuales. Los resultados confirmaron que la dirección predominante del viento se mantiene estable en un eje sur-norte (176.4°). Esta consistencia es de gran valor, pues facilita la planificación de proyectos de generación eléctrica al garantizar que las turbinas puedan alinearse de manera óptima con el flujo de aire.

En lo que respecta a la velocidad del viento, los valores medios alcanzaron 7.45 metros por segundo a 50 metros de altura y 8.07 metros por segundo a 100 metros. Estos niveles se encuentran dentro de los rangos internacionalmente considerados como favorables para proyectos eólicos, especialmente porque se trata de vientos constantes y no de ráfagas aisladas. Dicho comportamiento asegura un rendimiento más estable y predecible en la producción de energía.

La investigación también incorporó un modelo digital tridimensional de la superficie de la bahía. Este se elaboró a partir de más de 340 000 puntos geográficos que describieron con significativa precisión las formas del terreno. Gracias a este modelo fue posible analizar cómo la geografía influye en la aceleración y distribución del viento en distintas zonas. El área suroeste de la bahía, donde se elevan formaciones de hasta 500 metros de altura, resultó particularmente relevante, ya que estas pendientes generan corrientes de aire que favorecen la intensificación de la velocidad en sectores específicos.

Sobre esta base, se realizaron simulaciones en los programas RWIND 2.02¹ y ANSYS 2025² (Figura 1), configurando las condiciones típicas de Paracas: temperaturas promedio de 20 °C, humedad relativa superior al 70 % y presión atmosférica al nivel del mar. Los modelos mostraron un comportamiento del viento estable, lo que otorgó confiabilidad a los resultados obtenidos.

⁴**Plataformas de acceso libre:** páginas web o programas donde cualquiera puede entrar y usar información sin pagar.

⁵**Herramientas de simulación computacional:** programas que intentan predecir en la computadora cómo funciona algo en la realidad, como el movimiento del viento.

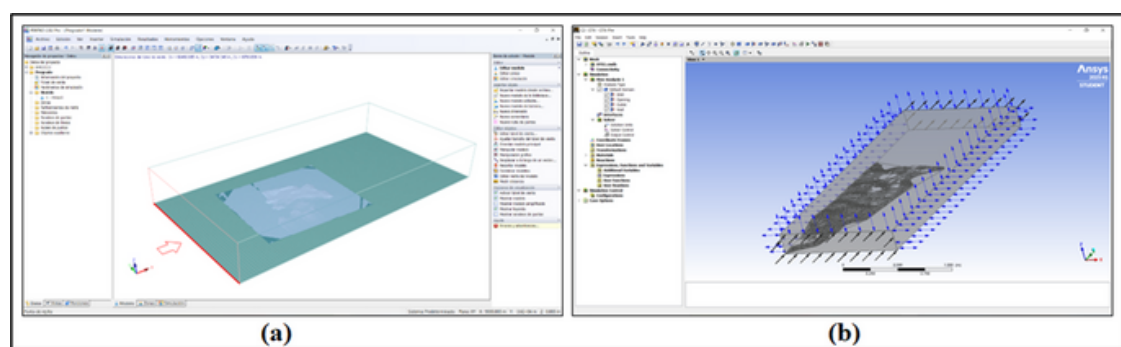


Figura 1. Interfaz de las plataformas de simulación (a) RWIND versión 2.02 y (b) ANSYS versión estudiantil 2025.

Los hallazgos más significativos provinieron de estas simulaciones. Se identificaron un total de diecisiete zonas en la bahía donde el viento alcanza velocidades superiores a los 5 metros por segundo a 10 metros sobre el suelo de manera consistente, lo que las posiciona como áreas de alto potencial eólico⁸.

Estas zonas corresponden a superficies en las que el viento mantiene la fuerza suficiente para el aprovechamiento energético, lo que las convierte en candidatos naturales para el desarrollo de proyectos de pequeña o mediana escala (Figura 2).

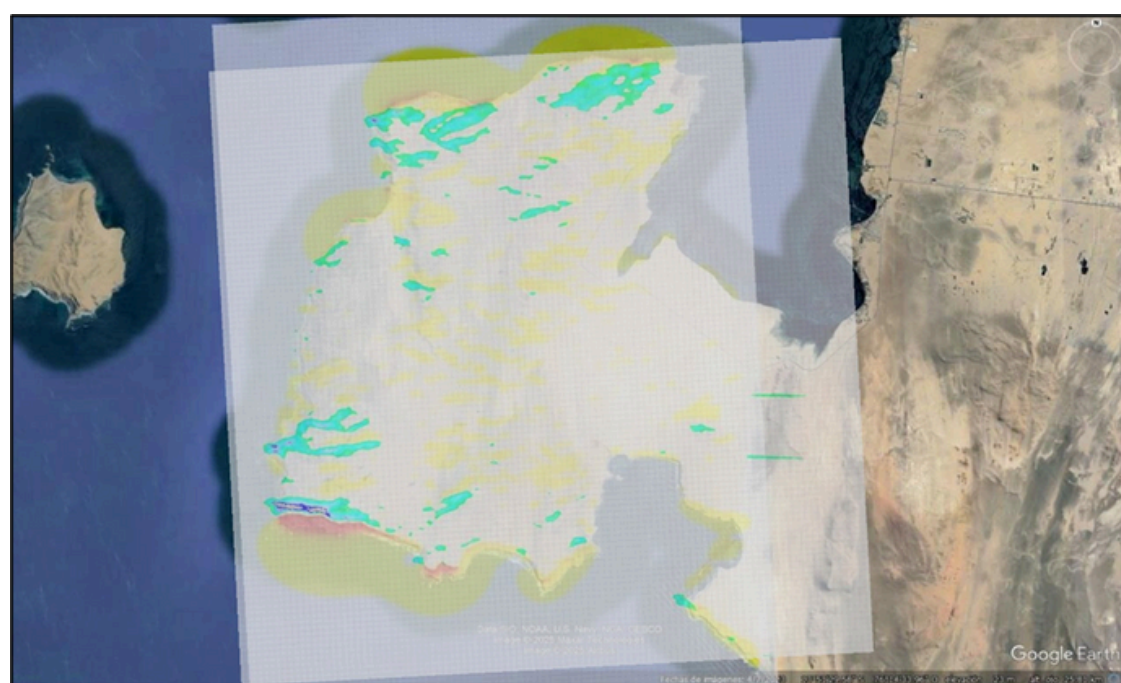


Figura 2. Áreas identificadas con alto potencial eólico representadas en tonos azul verdoso.

Algunas de estas áreas se ubican en inmediaciones del Terminal Portuario General San Martín, lo que abre la posibilidad de articular proyectos energéticos con infraestructura ya existente. Otras se concentran en sectores abiertos del litoral y en zonas ligeramente elevadas, donde la aceleración del viento es más notoria. La diversidad de ubicaciones detectadas ofrece flexibilidad a la hora de planificar instalaciones, permitiendo seleccionar las áreas más adecuadas según criterios de accesibilidad, cercanía a redes eléctricas o prioridades de desarrollo local.

Este hallazgo es particularmente valioso porque demuestra que es posible identificar con precisión superficies pequeñas con alto potencial eólico utilizando únicamente herramientas de acceso libre y simulación remota. De este modo, se eliminan los altos costos asociados a mediciones prolongadas en campo y se facilita que comunidades locales, gobiernos regionales o instituciones académicas puedan contar con diagnósticos iniciales de calidad sin necesidad de grandes presupuestos.

En conjunto, los resultados confirman que la Bahía de Paracas reúne condiciones destacadas para convertirse en un polo de desarrollo eólico. La estabilidad en la dirección del viento, la magnitud de sus velocidades medias y la presencia de diecisiete zonas de alto potencial constituyen una base sólida para promover proyectos que impulsen la transición energética en la región.

Más allá de los beneficios ambientales, la aplicación de esta metodología tiene implicancias directas en términos de equidad y accesibilidad. El hecho de poder realizar estudios preliminares a bajo costo democratiza el acceso a la información, permitiendo que actores locales puedan participar en el diseño de soluciones energéticas adaptadas a sus propias necesidades. Así, se abre la posibilidad de avanzar hacia un modelo de transición energética más inclusivo, en el que las oportunidades de desarrollo no se concentren únicamente en proyectos de gran escala, sino también en iniciativas comunitarias o regionales.

En síntesis, los hallazgos de este estudio muestran que la Bahía de Paracas no solo dispone de un recurso natural abundante, sino que también puede ser analizada con métodos sencillos y accesibles que permiten detectar con claridad zonas de alto potencial eólico. Este enfoque ofrece una alternativa concreta para planificar proyectos sostenibles, reducir costos iniciales y garantizar que el recurso viento pueda convertirse en un motor de desarrollo equitativo y sostenible para el país.

3. Opciones de Acción

El análisis realizado en la Bahía de Paracas muestra que existen áreas con alto potencial eólico, es decir, con vientos constantes y suficientemente intensos que pueden ser aprovechados para generar energía limpia y renovable. Estos hallazgos abren la puerta a diferentes caminos de acción que, si se toman de manera coordinada, podrían beneficiar tanto a la región como al país en su conjunto. A continuación, se presentan cuatro recomendaciones que surgen directamente de la evidencia obtenida:

- **La primera acción se orienta a promover proyectos piloto de energía eólica en las zonas con mayor potencial de la Bahía de Paracas.** Esta medida busca poner en práctica, a pequeña escala, los resultados de las simulaciones y comprobar directamente en el campo la viabilidad técnica de instalar aerogeneradores en las áreas identificadas. Los proyectos deben iniciarse con una dimensión reducida, lo que permitirá disminuir riesgos, ajustar la estrategia y generar aprendizajes que sirvan de base para iniciativas de mayor alcance en el futuro. El proceso debería ser liderado por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), en coordinación con el Gobierno Regional de Ica, quienes tendrían la responsabilidad de destinar recursos y facilitar los permisos correspondientes. A su vez, instituciones académicas como la Universidad Nacional San Luis Gonzaga (Ica) y la Universidad Nacional Mayor de San Marcos podrían aportar conocimiento especializado y acompañar las etapas de prueba

⁶**RWIND 2.02:** es un programa que permite recrear en la computadora cómo circula el viento sobre un terreno o una estructura, mostrando de forma visual dónde se acelera o se frena.

⁷**ANSYS 2025:** es un programa muy usado a nivel mundial que simula distintos fenómenos físicos, como el movimiento del aire, el calor o la resistencia de los materiales, para predecir cómo se comportan en la realidad.

⁸**Alto potencial eólico:** se refiere a los lugares donde el viento sopla con fuerza y de manera constante, lo que hace que sean adecuados para aprovecharlo en la generación de energía eléctrica con aerogeneradores.

y monitoreo, asegurando un adecuado seguimiento de los resultados. Entre las principales ventajas de esta acción se encuentra la posibilidad de generar evidencia local confiable, atraer inversión privada interesada en proyectos renovables y abrir el camino hacia la instalación de un parque eólico de mayor escala en la región. Sin embargo, también se debe considerar que la puesta en marcha de los proyectos piloto requiere una inversión inicial significativa y un tiempo de espera necesario para contar con resultados medibles y confiables.

- **La segunda acción consiste en incluir las zonas de alto potencial eólico dentro de la planificación territorial y energética.** Reconocer estos espacios en los planes de ordenamiento y en las estrategias energéticas de mediano y largo plazo permitirá garantizar que las áreas con capacidad para generar energía limpia no se destinen a usos incompatibles ni queden limitadas para su aprovechamiento futuro. Esta integración temprana asegurará que la expansión urbana, las actividades industriales o proyectos de otro tipo no interfieran con el desarrollo de iniciativas eólicas estratégicas para la región. El Gobierno Regional de Ica debería incorporar esta información en sus planes de desarrollo regional, orientando el uso del suelo hacia un aprovechamiento sostenible. A nivel nacional, el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) y el Ministerio del Ambiente (MINAM) tienen un rol clave en integrar estos hallazgos dentro de los lineamientos que guían la transición energética y en el cumplimiento de los compromisos climáticos asumidos por el país. Entre las ventajas de esta acción se encuentra la protección temprana de las zonas con mayor potencial eólico y la alineación de la política energética nacional con las metas de sostenibilidad. No obstante, su implementación demanda procesos administrativos más prolongados y una coordinación constante entre diversas instituciones, lo cual representa un reto adicional.
- **La tercera acción se centra en fomentar la inversión privada mediante incentivos adecuados y marcos normativos claros.** Para que el potencial eólico identificado en la Bahía de Paracas se convierta en proyectos concretos, resulta fundamental atraer capital privado. Esto puede lograrse a través de mecanismos como beneficios tributarios, procesos de licitación transparentes y la simplificación de los trámites de autorización para proyectos de energía eólica. Asimismo, la existencia de un marco normativo estable es esencial, ya que brinda confianza y seguridad a los inversionistas, permitiéndoles proyectar sus decisiones en el mediano y largo plazo. La responsabilidad principal recae en el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), en coordinación con el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), quienes deben diseñar los incentivos que hagan atractiva la inversión en este sector. De igual manera, la Agencia de Promoción de la Inversión Privada (ProInversión) puede cumplir un papel clave al convocar a los actores interesados y garantizar que los procesos de inversión se desarrollen de forma competitiva y transparente.

Las ventajas de esta acción son evidentes: acelera la llegada de proyectos de mayor escala, genera oportunidades de empleo para la población local y dinamiza la economía de la región de Ica. Sin embargo, es importante considerar que la aplicación de incentivos implica una renuncia parcial a ingresos fiscales en el corto plazo, lo cual constituye la principal desventaja de esta estrategia.

- **La cuarta acción propone impulsar programas de formación y sensibilización en las comunidades locales como parte esencial de la transición hacia la energía eólica.** Para que los proyectos en la Bahía de Paracas tengan un impacto positivo y duradero, es necesario que la población esté preparada y participe activamente en el proceso. Esto implica el desarrollo de programas de formación técnica orientados a la operación y mantenimiento de los aerogeneradores, así como la implementación de campañas de sensibilización que destaquen los beneficios de la energía renovable en comparación con las fuentes tradicionales. Involucrar a la comunidad desde las primeras etapas del proyecto permitirá fortalecer la aceptación social, reducir resistencias y garantizar que los beneficios se distribuyan de manera más equitativa. La responsabilidad en este ámbito corresponde al Gobierno Regional de Ica, que junto con los municipios locales de la provincia de Pisco debe coordinar esfuerzos con el Ministerio de Educación (MINEDU) y con instituciones técnicas y universitarias de la región. De esta forma, se asegurará que los programas tengan un carácter integral, conectando la formación académica con las necesidades reales de los futuros proyectos energéticos. Entre las ventajas de esta acción destacan la mejora en la empleabilidad de los jóvenes de la zona, el fortalecimiento de la relación entre las comunidades y los proyectos energéticos, y la consolidación de la sostenibilidad social, un factor clave para la permanencia y el éxito de las iniciativas. Como principal desventaja, debe reconocerse que el diseño e implementación de estos programas requiere tiempo y una amplia coordinación intersectorial, lo que puede retrasar la obtención de resultados inmediatos.

4. Referencias bibliográficas

- Bhattarai, U., Maraseni, T., Devkota, L., & Apan, A. (2024). A composite indicator-based method to assess the energy security of Nepal and prospects of cross-border electricity sharing in South Asia. *Environmental Development*, 51, 101002. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2024.101002>
- Campiglio, E., Deyris, J., Romelli, D., & Scalisi, G. (2025). Warning words in a warming world: Central bank communication and climate change. *European Economic Review*, 178, 105101. <https://doi.org/10.1016/j.eurocorev.2025.105101>
- Caseau, Y. (2024). CCEM: A System Dynamics Earth Model for Capturing Beliefs Related to the Coupling of Energy, Economy and Global Warming. *IFAC-PapersOnLine*, 58(2), 92–98. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.07.097>

- El Peruano. (2021). Proyecto eólico Duna y Huambos inaugurado en Cajamarca generará energía limpia. El Peruano. <https://elperuano.pe/noticia/133790-proyecto-eolico-duna-y-huambos-inaugurado-en-cajamarca-generara-energia-limpia>
- Feix, T., & Hache, E. (2025). Cumulative Energy Demand and Global Warming Potential of metals and minerals production: Assessment, projections and mitigation options. *Resources Policy*, 102(March 2024), 105516. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2025.105516>
- Gestión. (2018). Enel pone en marcha su parque eólico Wayra I de US\$ 165 millones. Gestión. <https://gestion.pe/economia/empresas/enel-pone-marcha-parque-eolico-wayra-i-us-165-millones-235956-noticia/?ref=gesr>
- Juárez-Hernández, S., & León, G. (2014). Wind energy in the isthmus of tehuantepec: Development, actors and social opposition. *Problemas Del Desarrollo*, 45(178), 139–162. [https://doi.org/10.1016/S0301-7036\(14\)70879-X](https://doi.org/10.1016/S0301-7036(14)70879-X)
- Kemfert, C., Präger, F., Hoffart, F. M., & von Hirschhausen, C. (2025). Locked in a fossil-centric system paradigm: LNG expansion impedes socio-ecological transition toward a just and renewable energy future. *Cell Reports Sustainability*, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.crsus.2025.100464>
- Koirala, D. P., & Rahut, D. (2024). Multidimensional energy poverty and its effects on household consumption and savings: Evidence from Nepal. *Heliyon*, 10(21), e39801. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39801>
- Lin, X., Luo, Z., Du-ikonen, L., Lin, X., Mao, Y., Jiang, H., Wang, S., Yuan, C., Zhong, W., & Yu, Z. (2025). Generative artificial intelligence: Pioneering a new paradigm for research and education in smart energy systems Promoting low-carbon energy systems as a centerpiece of global sustainable development. *Energy and AI*, 100610. <https://doi.org/10.1016/j.egyai.2025.100610>
- Portocarrero Mendoza, P. S. (2025). Technical-economic evaluation of a 94.5 MW wind power plant at different elevation heights. A case study in Peru's countryside. *Journal of Engineering Research (Kuwait)*, 13(2), 1089–1103. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2024.03.020>