

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



**“EVALUACIÓN DE LA SINERGIA DE IMPACTOS SOBRE LA
AVIFAUNA PROVOCADOS POR CENTRALES DE GENERACIÓN
EÓLICA EN LA REGIÓN ICA”**

Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título de:

INGENIERO AMBIENTAL

DAVID ISIDRO MEJÍA SALAS

Lima – Perú

2024

**La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)**

DavidMejía_TSP_Corregido.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%	12%	9%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad de Salamanca Trabajo del estudiante	1%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	1%
4	bibliotecadigital.ciren.cl Fuente de Internet	1%
5	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	documentop.com Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1%
8	www.minem.gob.pe Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Francisco de Paula Santander	<1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“EVALUACIÓN DE LA SINERGIA DE IMPACTOS SOBRE LA
AVIFAUNA PROVOCADOS POR CENTRALES DE GENERACIÓN
EÓLICA EN LA REGIÓN ICA”**

Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presentada por:

DAVID ISIDRO MEJÍA SALAS

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Mg. Sc. Víctor Raúl Miyashiro Kiyán
PRESIDENTE

Ph. D. Sergio Artemio Pacsi Valdivia
MIEMBRO

Mg. Sc. Miguel Angel Quevedo Beltrán
MIEMBRO

Mg. Sc. Wilfredo Celestino Baldeón Quispe
ASESOR

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi madre, por todo el esfuerzo que hizo para poder brindarme una educación; gracias por tanto mamá.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi esposa e hija por la comprensión brindada y el tiempo que tuve que sacrificar con ustedes para poder culminar con este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problemática	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.3. Descripción de las funciones desempeñadas y su vinculación con campos temáticos de la carrera profesional.	3
1.4. Describir los aspectos propios de la puesta en práctica de lo aprendido durante los 10 ciclos de estudio.	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1. Tendencia energética mundial	6
2.2. Matriz energética y tendencia de energía eólica en el Perú	7
2.3. Centrales eólicas en el Perú	9
2.4. Centrales Eólicas en Ica	12
2.5. Tipos de Centrales Eólicas.....	13
2.6. Componentes de los aerogeneradores	16
2.7. Zonificación ambiental	18
2.8. Impactos Ambientales de los proyectos eólicos	23
2.8.1. Impactos ambientales generados por los proyectos eólicos.....	23
2.8.2. Impactos ambientales sinérgico y acumulativos.....	29
2.9. Metodologías de evaluación de impactos sinérgicos	37
III. DESARROLLO DEL TRABAJO	40
3.1. Zonificación ambiental	40
3.1.1. Metodología.....	40
3.1.2. Variables	41

3.1.3.	Cálculo del índice de sensibilidad	64
3.1.4.	Resultados de la zonificación ambiental.....	70
3.2.	Evaluación de afectación por infraestructuras	78
3.2.1.	Metodología	78
3.2.2.	Variables	79
3.2.3.	Cálculo de parámetros de afectación	80
3.2.4.	Cálculo de grado de incidencia de efectos sinérgicos.....	85
3.3.	Evaluación de efectos sinérgicos	86
3.2.5.	Metodología	86
3.2.6.	Cálculo del grado de efecto sinérgico.....	87
3.2.7.	Sinérgias Actuales y futuras y su modificación al medio	88
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	90
4.1.	Zonificación ambiental para la implementación de centrales eólicas en la región Ica	90
4.2.	Grados de afectación en las zonas de potencial eólico de la región Ica.....	91
4.3.	Sinergias en las zonas de potencial eólico de la región Ica	92
V.	CONCLUSIÓN.....	95
VI.	RECOMENDACIONES	96
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97
VIII.	ANEXOS	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Potencia Instalada de las centrales de generación eléctrica en Perú	7
Tabla 2: Potencial eólico del Perú a 100 m.	9
Tabla 3: Centrales Eólicas en Operación.....	9
Tabla 4: Centrales eólicas con estudio de Pre Operatividad en evaluación	11
Tabla 5: Centrales Eólicas de la región Ica	13
Tabla 6: Clasificación de la potencia de los aerogeneradores de eje horizontal destinados a la producción de electricidad.....	15
Tabla 7: Clasificación de centrales eólicas en función de la potencia instalada	15
Tabla 8: Características de un aerogenerador.....	17
Tabla 9. Impactos Ambientales de las centrales eólicas sobre la avifauna	31
Tabla 10: Variables de interés	41
Tabla 11. Distancia mínima a la que se deben ubicar los parques eólicos respecto de los cascos urbanos	42
Tabla 12. Áreas Naturales Protegidas de la región Ica.....	45
Tabla 13. Especies de aves presentes en las áreas de influencia de las centrales eólicas en Ica.....	50
Tabla 14. Capacidad de Uso Mayor de Suelos en la región Ica	52
Tabla 15. Clasificación simplificada de CUM	54
Tabla 16. Densidad de potencia de viento.....	59
Tabla 17: Grados de importancia de la matriz de Saaty	66
Tabla 18: Matriz de comparación por pares para energía eólica.....	66
Tabla 19. Matriz de comparación por pares para energía eólica normalizada	67
Tabla 20: Sumatoria Matriz de comparación por pares para energía eólica normalizada.....	68
Tabla 21. Ponderación Matriz de comparación por pares para energía eólica normalizada.....	68
Tabla 22: Relación de consistencia de la matriz para energía eólica	69

Tabla 23: Índices de relación de consistencia	69
Tabla 24. Coeficientes de ponderación.....	70
Tabla 25. Rangos de categoriación de los valores de sensibilidad.....	72
Tabla 26. Grados de sensibilidad en la zona de potencial eólico de Ica.....	77
Tabla 27: Áreas de afectadas por las centrales eólicas.....	78
Tabla 28: Grados de afectación	79
Tabla 29: Infraestructuras de las centrales eólicas de la región Ica.....	80
Tabla 30: Proyectos excluidos.....	81
Tabla 31: Sumatoria de parámetros de afectación actualmente	86
Tabla 32: Sumatoria de parámetros de afectación en el futuro	86
Tabla 33: Valores a los grados de afectación y sensibilidad.....	87
Tabla 34: Grado de sensibilidad y afectación actuales y futuros	87
Tabla 35: Valoración del grado de efectos sinérgicos.....	87
Tabla 36: Grado de efectos sinérgicos en la actualidad	88
Tabla 37: Grado de efectos sinérgicos en el futuro.....	88
Tabla 38: Comparación de correspondientes.....	89
Tabla 39: Comparación de correspondientes y la modificación del medio.....	89
Tabla 40: Sumatoria de parámetros de afectación en la situación actual	92
Tabla 41: Sumatoria de parámetros de afectación en la situación futura	92
Tabla 42: Grado de efectos sinérgicos en la actualidad y futuro.....	93
Tabla 43: Comparación de correspondientes y la modificación del medio.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tendencia mundial del incremento de la energía eólica para llegar al cero neto en el 2030.....	6
Figura 2. Crecimiento de la potencia instalada de proyectos RER	7
Figura 3. Densidad de potencia media anual del viento a 100 m	8
Figura 4. Estado de los proyectos de Centrales Eólicas en el Perú	10
Figura 5. Diagrama de Cajas de la potencia instalada de parques eólicos	10
Figura 6. Cronología de Centrales eólicas en formulación, construcción y operación en el Perú	12
Figura 7. Potencial Eólico de la región Ica.....	12
Figura 8. Tipos de aerogeneradores por el eje horizontal.....	14
Figura 9. Principales componentes de un aerogenerador	17
Figura 10. Áreas de bajo impacto para el desarrollo de proyectos eólicos	19
Figura 11. Zonificación de sensibilidad ambiental para energía eólica	20
Figura 12. Valores de los píxeles de las variables ambientales evaluadas	21
Figura 13. Cálculo del índice de sensibilidad ambiental	22
Figura 14. Raster de sensibilidad ambiental de la región Ica	22
Figura 15. Reducción de riesgo de colisión al agrupar líneas de transmisión.....	25
Figura 16. Reducción del riesgo a través de la reubicación de componentes móviles y estáticos de un parque eólico	27
Figura 17. Efecto barrera en las rutas migratorias.....	29
Figura 18. Distribución espacial de las aves causado por el efecto barrera	33
Figura 19. Vuelo de evitamiento de las aves a través del parque eólico	33
Figura 20. Percentiles del cambio en la curvatura de la trayectoria de las aves.....	34
Figura 21. Comparación de las trayectorias antes y después de la operación de Centrales eólicas	35
Figura 22. Rutas de evasión del vuelo de la avifauna en parque eólicos	36
Figura 23. Tiempo de visión hacia abajo de la aves respecto tortuosidad.....	37

Figura 24. Interacciones entre las actividades humana y los impactos	38
Figura 25. Metodología basada en componentes ambientales	39
Figura 26. Flujograma de trabajo	40
Figura 27. Mapa de exclusión del Casco Urbano	43
Figura 28. Mapa de exclusión de ríos, lagos y lagunas	44
Figura 29. Mapa de exclusión y ponderación ANP y zonas de amortiguamiento.....	46
Figura 30. Mapa de ponderación de Ecosistemas Frágiles.....	47
Figura 31. Mapa de ponderación de Áreas de Importancia para Aves (IBA)	48
Figura 32. Mapa de ponderación de Áreas de Endemismo para Aves (EBA)	49
Figura 33. Mapa de Actividades Mineras.....	51
Figura 34. Mapa de Capacidad de Uso Mayor de Suelos en la región Ica.....	53
Figura 35. Agupación de la Capacidad de Uso Mayor de Suelos en la región Ica.....	55
Figura 36. Mapa de Cuenca visual en la región Ica.....	56
Figura 37. Velocidad del viento a 100m en la región Ica.....	57
Figura 38. Clasificación según la velocidad del viento	58
Figura 39. Mapa de Densidad de potencia de viento.....	60
Figura 40. Clasificación según la densidad de potencia de viento	61
Figura 41. Velocidad y densidad de potencia del viento.....	62
Figura 42. Áreas con potencial eólico	63
Figura 43. Matriz de pares de indicadores.....	65
Figura 44. Mapa de Sensibilidad ambiental	71
Figura 45. Histograma de datos con los valores de ruptura en la clasificación por cortes naturales	72
Figura 46. Mapa de zonificación ambiental en la región Ica.....	73
Figura 47. Superposición de zonificación ambiental y áreas con potencial eólico	74
Figura 48. Mapa de Variables de exclusión	75
Figura 49. Zonificación Ambiental en áreas de potencial eólico de la región Ica	76
Figura 50. Infraestructuras de centrales eólicas en la zonificación ambiental	82
Figura 51. Infraestructura actual de las zonas B5 y M3	83
Figura 52. Infraestructura futuras de las zonas B5 y M3.....	83

Figura 53. Infraestructura actual de las zonas M4 y M6	84
Figura 54. Infraestructura futura de las zonas M4 y M6	85
Figura 55: Zonificación ambiental	90
Figura 56. Zonificación de sensibilidad ambiental de las zonas con proyectos eólicos en operación y formulación.....	91
Figura 57. Grados de efectos sinérgicos.....	93
Figura 58. Modificación del medio en las zonas de potencial eólica de Ica	94

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Especies de aves dentro de las áreas de influencia de los proyectos eólicos evaluados.....	105
Anexo 2. Resoluciones Directorales de los Estudios Ambientales aprobados de Centrales Eólicas.....	111

RESUMEN

La producción de energía eólica está creciendo en todo el mundo y el Perú sigue esa tendencia con un potencial eólico de 28395 MW, lo cual se evidencia a través de las solicitudes de certificación ambiental presentadas por los Titulares eléctricos. La evaluación medioambiental de este tipo de proyectos evidencia que las áreas utilizadas para proponer la implantación de centrales eólicas son acotadas; por lo que, muchas centrales eólicas se encuentran próximas entre sí, lo que generará al momento de su ejecución una acumulación y sinergia entre los impactos ambientales, entre los cuales el principal componente afectado es el biológico específicamente la avifauna.

El análisis se ha realizado sobre la región Ica por ser una de las regiones con mayor potencial eólico y mayor número de solicitudes de certificación ambiental presentadas.

En la actualidad son pocas las metodologías de evaluación de impactos sinérgicos para poder cuantificar cual será el impacto de un conjunto de centrales eólicas. Primero se analizó la zonificación ambiental orientada a la ejecución de centrales eólicas y su impacto sobre la avifauna, en función de variables ambientales lo cual nos dio como resultado una zonificación en función de la sensibilidad ambiental de las áreas con potencial eólico de la región Ica. Posteriormente se evaluó la afectación al medio ambiente de las centrales eólicas, en función de la densidad de infraestructuras vinculadas a este tipo de proyectos, como aerogeneradores por metro cuadrado. Luego se evaluó la sinergia de impactos sobre estas áreas en la situación actual y futura, considerando la relación entre la zonificación ambiental y la afectación al medio ambiente. Por último, se evaluó la modificación del medio, con la finalidad de poder determinar qué áreas van a ser más impactadas antes la ejecución de proyectos eólicos.

Palabras clave: Parques eólicos, impactos sinérgicos, sensibilidad ambiental, zonificación ambiental, impacto ambiental.

ABSTRACT

The generation of electricity by wind farms is booming worldwide and Peru follows this trend with a wind potential of 28395 MW, which is evidenced through the applications for environmental certification submitted by the Electrical holders. The environmental assessment of this type of project shows that the areas used to propose the implementation of wind farms are limited; therefore, many wind power plants are close to each other, which will generate at the time of their execution an accumulation and synergy between environmental impacts, among which the main component affected is the biological specifically the birdlife.

The analysis has been carried out on the Ica region because it is one of the regions with the greatest wind potential and the highest number of applications for environmental certification submitted.

At present, there are few methodologies for assessing synergistic impacts to quantify the impact of a set of wind farms. First, the environmental zoning oriented to the execution of wind farms and its impact on the birdlife was analyzed, based on environmental variables which resulted in zoning based on the environmental sensitivity of areas with wind potential in the Ica region. Subsequently, the impact on the environment of wind farms was evaluated, depending on the density of infrastructures linked to this type of project, such as wind turbines per square kilometer. The synergy of impacts on these areas in the current and future situation was then evaluated, considering the relationship between environmental zoning and environmental impact. Finally, the modification of the environment was evaluated, in order to determinate which areas will be most impacted before the execution of wind projects.

Keywords: wind farms, synergistic impacts, environmental sensitivity, environmental zoning, environmental impact.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problemática

La fuente de energía esencial para el funcionamiento de las industrias la suministra el sector eléctrico, así como para el consumo energético de las viviendas dentro del territorio peruano; por lo tanto, impulsa la economía del país y contribuye a la mejora en el nivel de vida de los ciudadanos. Su cadena de valor está dividida en tres actividades las cuales son la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica. Estas actividades son operadas por el Comité de Operación Económica del Sistema (COES) a través del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y fiscalizadas por OSINERGMIN.

La matriz de generación eléctrica en el Perú ha variado en los últimos años hacia las centrales de generación eléctrica renovable no convencionales con mayor incidencia en los proyectos de centrales de Generación Fotovoltaica y Eólica (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2017). Este cambio en la matriz ha generado un incremento en las solicitudes de títulos habilitantes y evaluación de estudios ambientales. La evaluación ambiental de estos proyectos eléctricos es realizada de acuerdo a sus competencias por el Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE), Dirección General de Asuntos Ambientales de Electricidad del MINEM, y por las Direcciones o Gerencias Regionales de Energía y Minas (D.S. N° 019-2009-MINAM, 2009).

Este cambio en la matriz sucede paralelamente con el actualización del reglamento de gestión ambiental del sector eléctrico a través de la aprobación del Decreto Supremo 014-2019-EM Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas, en el cual se optimizan las reglas técnicas y contemplan las disposiciones aplicables a la evaluación de los Estudios Ambientales e Instrumentos de Gestión Ambiental complementarios.

En este contexto el incremento en la formulación de proyectos acotado an aquellas áreas con potencial eólico del Perú y factibilidad técnica generará una problemática cuando se inicie la ejecución de estos, esta estará relacionada a la generación, acumulación y sinergia de

impactos ambientales que deberían considerarse durante la evaluación de futuros proyectos, esto sucede específicamente en el departamento de Ica y puede extenderse a otras regiones.

En la legislación nacional está definido el impacto acumulativo como aquel “Impacto sobre el medio ambiente derivados de iniciativas que se desarrollan o planifican en un ámbito de impacto compartido, que podrían funcionar de forma concertada y sinérgica. Los impactos acumulativos pueden ser resultado de actuaciones de menor importancia vistas individualmente, pero significativas en su conjunto”, asimismo también se define al impacto sinérgico como aquel “efecto o alteración ambiental que resulta de múltiples acciones y cuya incidencia global supera el total de los impactos parciales de las alteraciones provocadas por cada una de las acciones que le dieron origen. (D.S. N° 019-2009-MINAM, 2009, p. 28).

Sin embargo, durante la evaluación se ven metodologías que contienen a los atributos de sinergia y acumulación los cuales son valorados de manera cualitativa conjuntamente con otros atributos, lo cual genera que pierdan valor dentro del cálculo final (Martínez Prada, 2010). En otros países se realiza un análisis preliminar de los efectos acumulativos y sinérgicos de los impactos utilizando el método “Cumulative Effects Assessment and Management” (CEAM), propuesto por el Consejo de Calidad Ambiental o “Council on Environmental Quality” (Matamala, 2017).

En ese sentido, el presente Trabajo de Suficiencia Profesional (TSP) busca proponer una metodología para analizar y evaluar los impactos sinérgicos sobre la avifauna generados por los proyectos de generación eólica en la región Ica y contribuir a reducir el sesgo de la evaluación de los impactos sinérgicos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Proporcionar un marco para la evaluación de los efectos acumulativos y sinérgicos sobre la avifauna que generam los parques eólicos en la región de Ica.

1.2.2. Objetivos específicos

- Zonificar la región Ica de acuerdo a la sensibilidad ambiental aplicando Sistemas de Información Geográfica mediante la identificación y ponderación de parámetros

ambientales y de potencial eólico con la finalidad de identificar áreas que presentan mejores condiciones ambientales para la ejecución de proyectos eólicos.

- Identificar, describir y valorar los componentes permanentes e infraestructura asociada a proyectos eólicos en operación y en formulación así como de otros proyectos o actividades de interés.
- Zonificar el grado de afectación causado por componentes permanentes e infraestructura asociada a proyectos eólicos en la región Ica aplicando Sistemas de Información Geográfica.
- Estimar las sinergias de los impactos ambientales y la modificación del medio de los proyectos en operación y en formulación en las zonas con potencial eólico de la región Ica.

1.3. Descripción de las funciones desempeñadas y su vinculación con campos temáticos de la carrera profesional.

Concluidos mis estudios profesionales de la carrera de Ingeniería Ambiental laboré como practicante profesional en la Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos del Ministerio de Energía y Minas (en adelante MINEM), donde pertencí a la Coordinación del subsector electricidad, la cual estaba encargada de la evaluación de los instrumentos de gestión ambiental pertenecientes a los Titulares eléctricos.

Luego de culminadas mis prácticas profesionales continué laborando con orden servicio como Asistente de Evaluación de Instrumentos de Gestión Ambiental en la misma Dirección General y Coordinación. Posteriormente con la modificación del Reglamento de Organización y Funciones (ROF) del MINEM, mediante Decreto Supremo N° 021-2018-EM se creó la Dirección General de Asuntos Ambientales de Electricidad (en adelante DGAAE), en ella continué laborando bajo la misma modalidad con los cargos de Asistente de Evaluación de Instrumentos de Gestión Ambiental y Bachiller para evaluación de Instrumentos de Gestión Ambiental.

Por último mediante la modalidad de Contrato Administrativo de Servicios (CAS) empecé a laborar con el cargo de Asistente de Evaluación en la DGAAE, dicho cargo y funciones los realizo desde julio del 2019 hasta la actualidad.

Durante mi desarrollo profesional me he especializado en la evaluación de Estudios Ambientales e Instrumentos de Gestión Ambiental Complementarios de proyectos del subsector electricidad. He participado en grupos multidisciplinarios integrados por profesionales de distintas especialidades como Biólogos, Lic. Sociales, Ing. Eléctricos, Ing. Ambientales, Ing. Forestales, Ing. Químicos entre otros para la evaluación de los distintos Estudios Ambientales (Estudios de Impacto Ambiental Semidetallado y Declaración de Impacto Ambiental) y sus modificaciones así como en la evaluación de Instrumentos de Gestión Ambiental Complementarios (Informes de Identificación de Sitios Contaminados, Planes de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados, Planes de Abandono, Informes Técnicos Sustentatorios entre otros).

Asimismo he participado en la elaboración del sustento técnico del Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas, las guías emitidas para la Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados (Guía Metodológica para el Inventario de Existencias y Residuos para la Identificación de Bifenilos Policlorados y Guía Metodológica para la elaboración del Plan de Gestión Ambiental de Bifenilos Policlorados), Términos de Referencia para la elaboración de Planes de Abandono y en los proyectos normativos que están en desarrollo en la actualidad.

Adicionalmente, soy el responsable en el manejo de imágenes satelitales del Sistema Satelital Peruano PerúSAT-1 otorgadas por el Centro Nacional de Operaciones de Imágenes Satelitales CNOIS de la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial CONIDA. Las imágenes satelitales conjuntamente con otros archivos vectoriales GIS son parte del insumo utilizado para análisis cartográfico de los proyectos en evaluación.

1.4. Describir los aspectos propios de la puesta en práctica de lo aprendido durante los 10 ciclos de estudio.

La aplicación de lo aprendido y el enfoque holístico exigido durante mi proceso de formación académica en la carrera de Ingeniería Ambiental en la Universidad Nacional Agraria La Molina, ha sido fundamental para entender la problemática ambiental en el subsector electricidad y poder proponer mejoras a la evaluación.

Dentro de las materias que puedo destacar son los cursos de contaminación de agua, aire y suelo en los cuales pude entender los procesos físicos químicos en cada uno de estos factores ambientales, así como la importancia de establecer los criterios adecuados para determinar

la cantidad y ubicación de las estaciones de muestreo, y analizar los parámetros representativos para cada tipo de actividad.

También se puede destacar lo aprendido en Derecho Ambiental y Evaluación de Impacto Ambiental que sentaron las bases para poder entender la aplicabilidad de las normas ambientales y la evaluación ambiental según las características propias de cada proyecto.

Asimismo haber aprendido lo cursado en procesos industriales ha sido vital para comprender los procesos de la actividad eléctrica y las posibles fuentes de contaminación y su magnitud. Por último, lo aprendido en teledetección me ha permitido utilizar herramientas de Sistemas de Información Geográfica para el análisis cartográfico en la evaluación ambiental de los proyectos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Tendencia energética mundial

Globalmente la energía eólica sigue creciendo, debido a los avances tecnológicos logrados para un mejor diseño y eficiencias en la captación del viento y a los compromisos establecidos en las negociaciones climáticas durante la COP26, donde los gobiernos reconocen el papel importante de la energía eólica para llegar a la huella de carbono cero para el año 2050.

Esta tendencia nos da escenarios en donde la energía eólica se incrementará de 100 GW a 1400 GW en el escenario más pesimista; sin embargo, si se proponen y ejecutan políticas para cumplir con los acuerdos establecidos en la COP26 dicha cantidad para el año 2030 llegaría a 3200 GW (Global Wind Energy Council, 2022, p. 12).

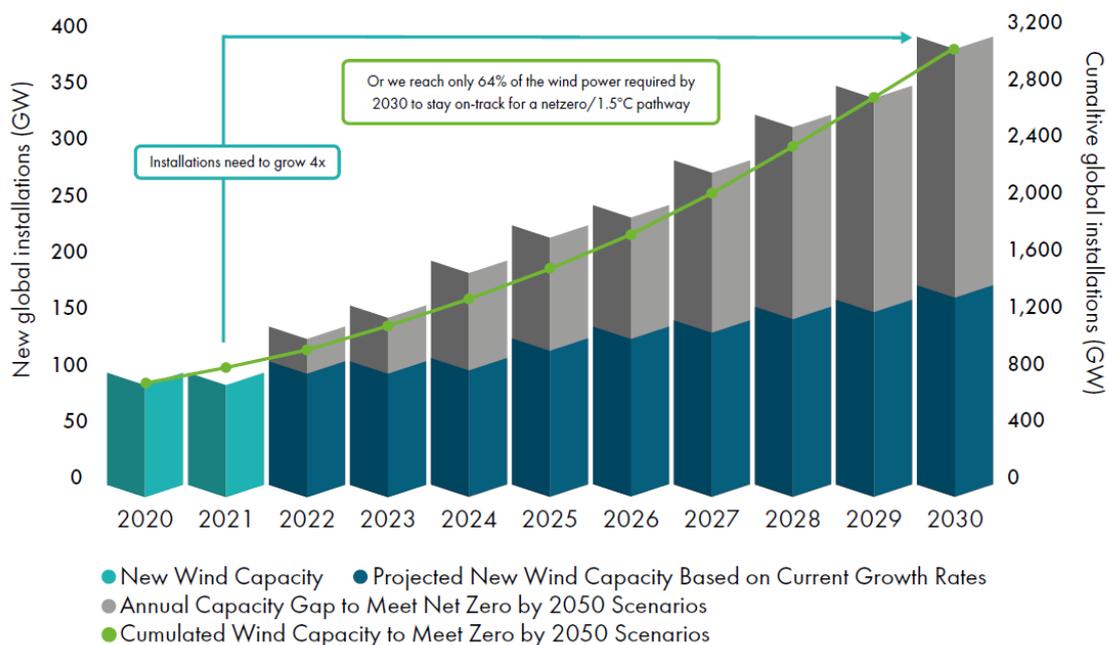


Figura 1. Tendencia mundial del incremento de la energía eólica para llegar al cero neto en el 2030
Nota: El gráfico representa la tendencia de incremento en la generación de energía eólica a nivel mundial hasta el 2030

FUENTE: Tomado de Global Wind Report 2022 (p. 12), Global Wind Energy Council, 2022.

2.2. Matriz energética y tendencia de energía eólica en el Perú

En el Perú la capacidad instalada de las centrales de generación conectadas al SEIN hasta enero del 2022 fue de 13343 MW, energía que predominantemente fue producto de la generación hidroeléctrica con 5264,8 MW que representan el 39.46% y de las centrales termoeléctricas generan 7.379 MW (55.31%), por otro lado, la energía fotovoltaica y eólica generaron cada una 412,2 MW (3.09%) y 286,30 MW (2.15%) de acuerdo a los detalles técnicos de las iniciativas relativas a las centrales de producción de energía eléctrica no convencionales que tienen estudios de Pre Operatividad aprobados por el COES (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2022, p.9).

Tabla 1: Potencia Instalada de las centrales de generación eléctrica en Perú

Tipo de generación	Potencia Instalada (MW)
Hidroeléctrica	5264.8
Termoeléctrica	7379.7
Eólica	412.2
Fotovoltaica	286.3
Total	13343.0

Nota. Adaptado de Información técnica de proyectos de centrales de generación de energía eléctrica no convencional con estudios de pre operatividad aprobados por el COES, 2022.

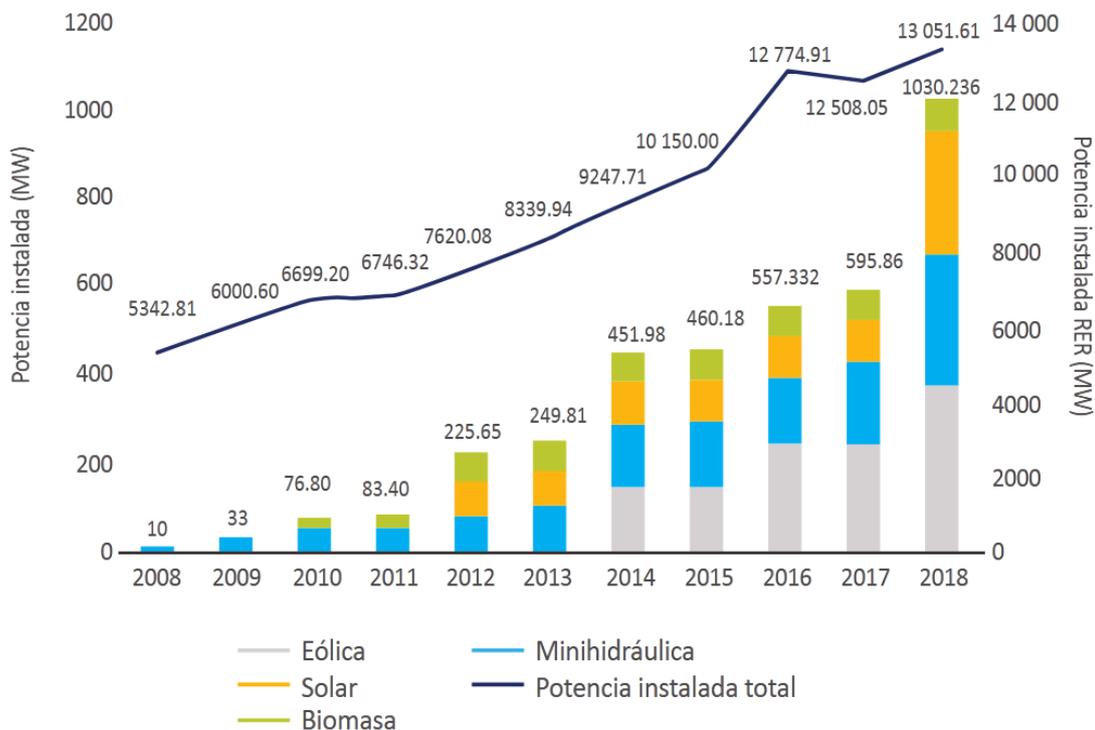


Figura 2. Crecimiento de la potencia instalada de proyectos RER

Nota: El gráfico representa el crecimiento de la generación de energía eléctrica producida por RER, dentro de los cuales se incluye a la Energía Eólica.

FUENTE: Tomado de Energías renovables experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética (p. 99), Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2019, Gráfica Biblos S.A.

Sin embargo, siguiendo la tendencia mundial en el Perú existe un cambio en la matriz energética, incrementándose la generación de energía a través de centrales eólicas y fotovoltaicas tal como se puede ver en la Figura 2 Crecimiento de la potencia instalada de proyectos RER.

Conforme al Atlas Eólico del Perú elaborado el 2016 por el MINEM el Perú tiene un potencial eólico de 28395 MW; por lo que, los 412.2 MW generados actualmente representan menos del 2% del potencial eólico del Perú.

Además en el Atlas se verifica que aquellas regiones Lambayeque, Piura e Ica albergan a más del 80% del potencial eólico del Perú.

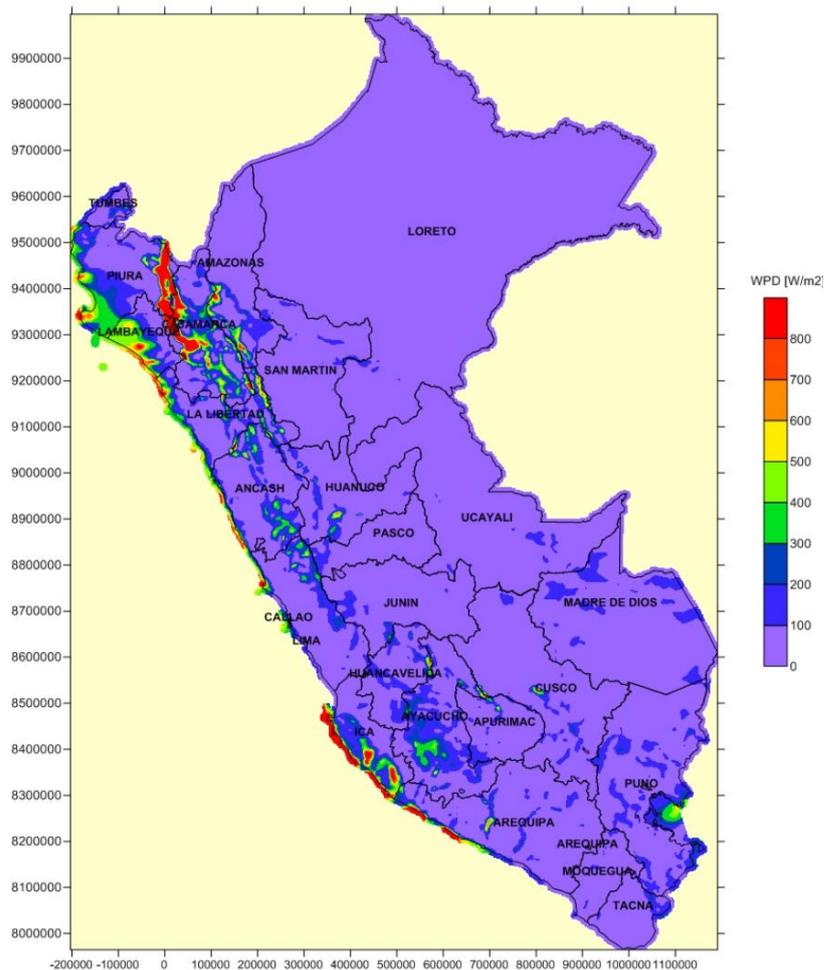


Figura 3. Densidad de potencia media anual del viento a 100 m
Nota:. El gráfico indica la densidad de potencia del viento a 100 m (W/m²) en el Perú y muestra los lugares donde existe mejor potencial del recurso eólico, tomado de Atlas Eólico del Perú, (p. 136), MINEM, 2016.

Tabla 2: Potencial eólico del Perú a 100 m.

Departamento	Potencial Eólico Total (MW)
Amazonas	417
Ancash	816
Apurímac	0
Arequipa	1176
Ayacucho	0
Cajamarca	1173
Callao	0
Cuzco	0
Huancavelica	0
TOTAL	28395

Nota: Información adaptada del Atlas Eólico del Perú, (p. 104), MINEM, 2016.

2.3. Centrales eólicas en el Perú

Actualmente en el Perú existen 7 Centrales Eólicas en operación, las siete corresponden a centrales onshore las cuales generan un total de 412.2 MW, y 3 se ubican en la región Ica, de acuerdo al Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES-SINAC).

Tabla 3: Centrales Eólicas en Operación

Proyecto	Región	Potencia Instalada	Número de aerogeneradores
Parque Eólico Cupisnique	La Libertad	83.15	45
Central Eólica Duna	Cajamarca	18.37	7
Central Eólica Huambos	Cajamarca	18.37	7
Parque Eólico Marcona	Ica	32	11
Parque Eólico Talara	Piura	30.86	17
Parque Eólico 3 Hermanas	Ica	97.15	33
Central Eólica Wayra I	Ica	132.3	42

Nota: Información obtenida del listado de Centrales de la página web del COES-SINAC.

Sin embargo, existe un incremento en la formulación de proyectos de parques eólicos el cual se ve reflejado en la cantidad de estudios ambientales presentados ante las autoridades ambientales competentes y en los estudios de pre operatividad presentados ante el COES-SINAC.

Respecto a aquellos que están en evaluación ambiental son 22 proyectos en etapa de formulación los cuales pueden tener Estudio Ambiental o Términos de Referencia aprobados o en evaluación; es decir han iniciado el proceso de certificación ambiental.

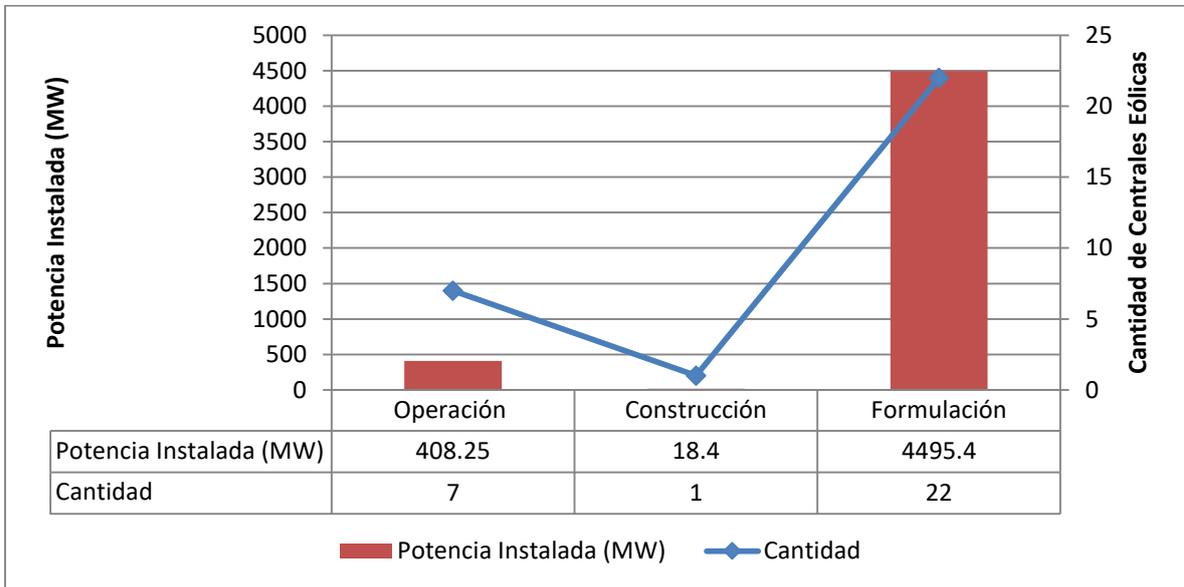


Figura 4. Estado de los proyectos de Centrales Eólicas en el Perú

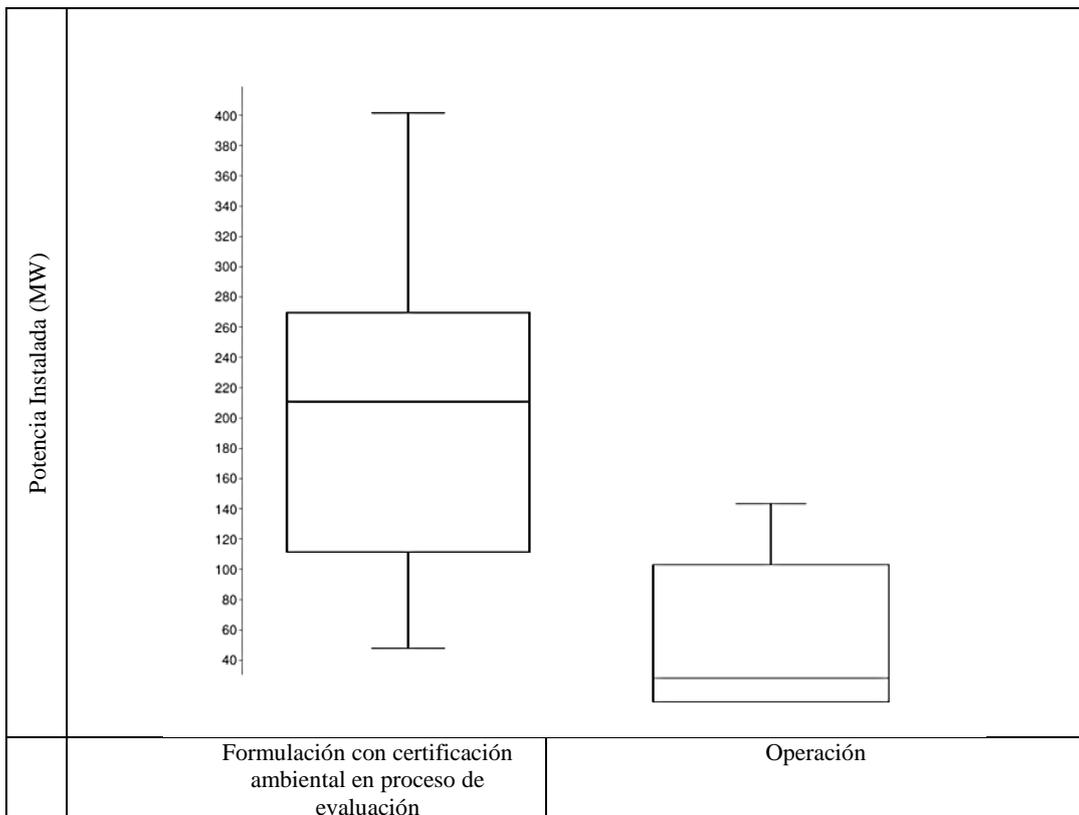


Figura 5. Diagrama de Cajas de la potencia instalada de parques eólicos

Nota: El gráfico compara los valores de los percentiles de la potencia instalada de los parques eólicos en formulación con certificación ambiental en proceso de evaluación respecto a las centrales en operación; y permite verificar el gran incremento en el tamaño y la potencia de los proyectos en formulación respecto a los que están en operación.

Asimismo no solo hay un incremento en la cantidad de proyectos formulados sino también en las características y extensión de estos; por lo que, actualmente los proyectos fomulados tienen una potencia generada y número de aerogeneradores mayor al de los proyectos que están en operación. Esto se puede apreciar claramente en la Figura 4, pues la suma total de potencia instalada de los parque eólicos en operación es de 408.25 MW y la potencia instalada de los proyectos en formulación y que han iniciado el proceso de certificación ambiental tienen una total de 4495.4 MW más del 1100% del valor actual.

Adicionalmente hay 13 proyectos en formulación que no han iniciado el proceso de certificación ambiental pero su Estudio de pre operatividad se encuentra en evaluación, para estos proyectos la suma de la potencia instalada da un total de 3251.1 MW.

Tabla 4: Centrales eólicas con estudio de Pre Operatividad en evaluación

Nombre del Estudio	Potencia (MW)
C.E. La Libertad	400.0
C.E. C.S.F. Windica	175.2
C.E. Uma	36.4
C.E. Shougang	302.0
C.E. Cherrepe	142.5
C.E Norteño	130.0
C.E Lomas	150.0
C.E. Quercus (Ex. Rosa Eólica)	450.0
C.E. Rosa (Ex. Rosa Eólica 2)	400.0
C.E. Violeta Eólica	450.0
C.E. Vergel	185.0
C.E. Magdalen	230.0
C.E. Vientos de Sechura (Ex. Bayóvar)	200.0
Total	3251.1

Nota: Información obtenida del listado de Centrales de la página web del COES-SINAC.

Considerando la fecha de aprobación de certificación ambiental de aquellos proyectos en formulación, construcción y operación; y los proyectos en formulación con certificación ambiental en proceso de evaluación podemos observar que el número de proyectos de este tipo que se presentan para 2022 va en aumento., concentrándose la mayor cantidad de los proyectos en la región Ica.

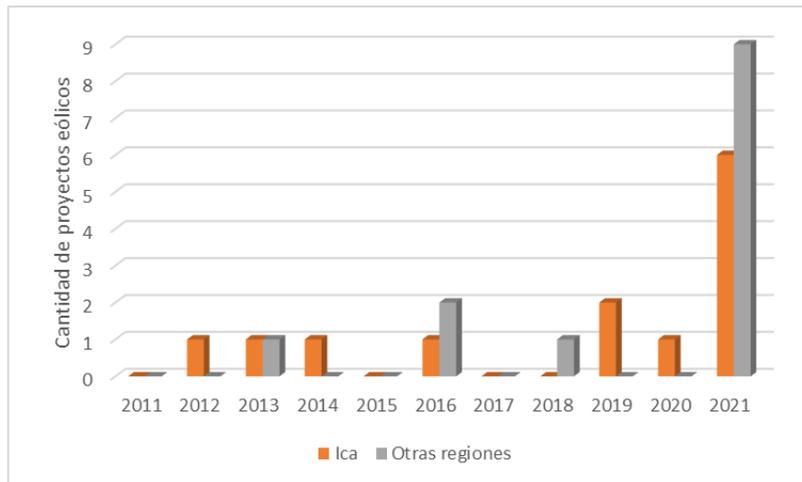


Figura 6. Cronología de Centrales eólicas en formulación, construcción y operación en el Perú

Nota: El gráfico presenta la cantidad de centrales eólicas en formulación, construcción y operación desde el año 2011 al 2022.

2.4. Centrales Eólicas en Ica

Ica es una región costero cuya extensión es de 7,894 km² conformado por 5 provincias de las cuales Pisco, Ica y Nazca son las que albergan el mayor potencial eólico de la región.

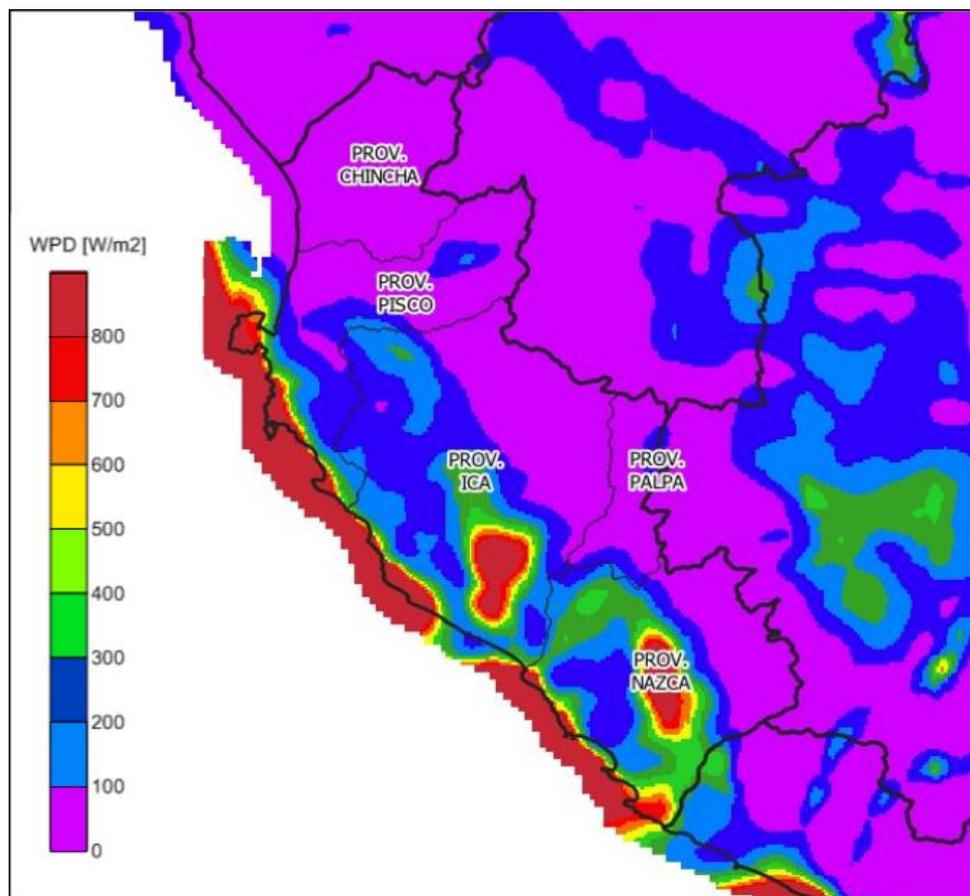


Figura 7. Potencial Eólico de la región Ica

Nota: El gráfico representa el potencial eólico en las provincias de la región Ica.

En la región Ica actualmente existen 3 Centrales Eólicas en Operación, además de 11 Centrales Eólicas en formulación de las cuales 3 tienen certificación ambiental y 8 están en proceso de evaluación. Conociendo estas cifras vemos el gran potencial eólico de la región Ica y por lo tanto también los potenciales impactos ambientales que se generarían en esta región.

Tabla 5: Centrales Eólicas de la región Ica

N°	Central Eólica	Potencia Instalada (MW)	Estado	Estudio Ambiental
1	Parque Eólico Marcona,	32	Operación	Aprobado
2	Parque Eólico Tres Hermanas	97.15	Operación	Aprobado
3	Central Eólica Wayra I	132.3	Operación	Aprobado
4	Parque Eólico Samaca	120	Formulación	Aprobado
5	Parque Eólico San Juan	108.9	Formulación	Aprobado
6	Parque Eólico Punta Lomitas	300	Formulación	Aprobado
7	Parque Eólico Orianka	205	Formulación	En evaluación
8	Parque Eólico Céfiro	366	Formulación	En evaluación
9	Parque Eólico Piletas	250	Formulación	En evaluación
10	Parque Eólico Sariri	237.6	Formulación	En evaluación
11	Parque Eólico Guarango	372	Formulación	En evaluación
12	Central Eólica Salinar Norte	117.8	Formulación	En evaluación
13	Parque Eólico Urani	122.4	Formulación	En evaluación
14	Parque Eólico Twister	129.6	Formulación	En evaluación

Nota: Información obtenida de la base de datos de la Dirección General de Asuntos Ambientales de Electricidad.

2.5. Tipos de Centrales Eólicas

Los aerogeneradores utilizados en las centrales eólicas transforman la energía cinética del viento en energía mecánica, que el generador convierte posteriormente en energía eléctrica (Cuaderno de aplicaciones técnicas N° 12 Plantas eólicas, 2012, p. 10).

Para clasificar los aerogeneradores pueden utilizarse numerosos factores, como la posición de la turbina, la orientación del equipo en relación con el viento, el número de palas y el tipo de buje.

No obstante, el principal atributo que los divide en dos categorías principales, turbinas eólicas de eje vertical y turbinas eólicas de eje horizontal, es la ubicación de la turbina eólica. Los primeros son menos eficaces, tienen un alcance menor, sólo pueden utilizarse con vientos baja intensidad y requieren una estructura más fuerte para resistir el viento. (Cuaderno de aplicaciones técnicas N° 12 Plantas eólicas, 2012, p. 13).

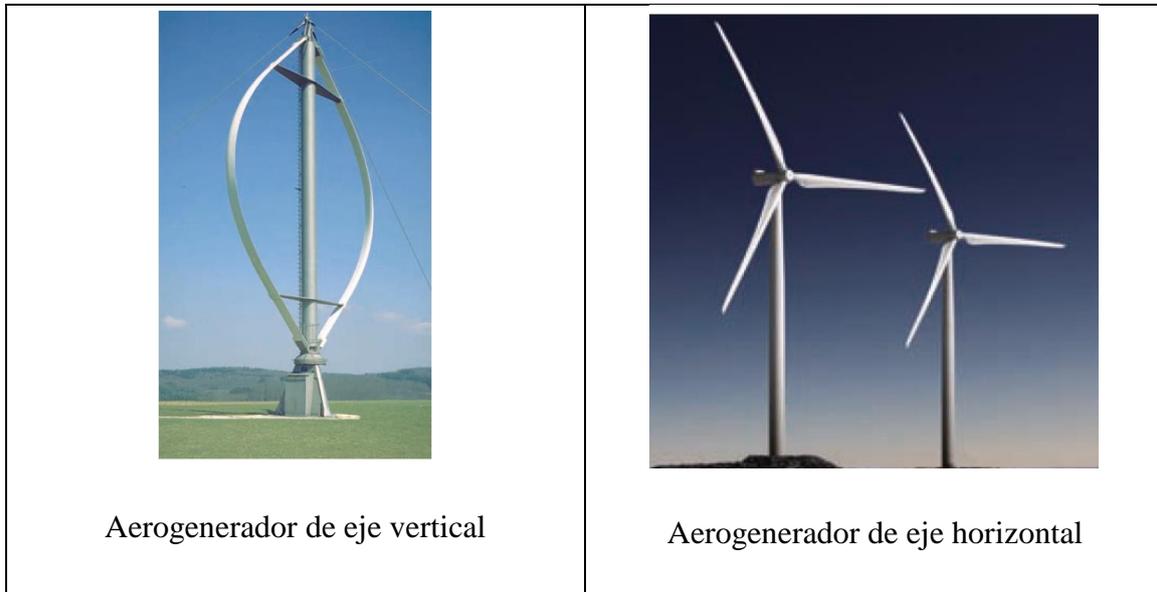


Figura 8. Tipos de aerogeneradores por el eje horizontal

Nota: Los tipos de aerogeneradores que se presentan en el gráfico están en función de la orientación de su eje de rotación.

FUENTE: Manuales de Energías Renovables 3 - Energía Eólica, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2006 (p.12 y p.13).

Debido a estas características la potencia generada es poca y se utilizan generalmente en aplicaciones de energía distribuida, de uso domiciliario o sistemas aislados. Sin perjuicio de ello el otro grupo, los aerogeneradores de eje horizontal, también tienen aplicaciones menores pero al ser más eficientes pueden generar una mayor potencia instalada; por lo que, son aptos para utilizarlos en aplicaciones a nivel industrial o a gran escala.

Tabla 6: Clasificación de la potencia de los aerogeneradores de eje horizontal destinados a la producción de electricidad

Denominación	Tipo de centra aerogenerador	Potencia Nominal (kW)	Radio (m)	Aplicaciones
Baja	Micro aerogenerador	<1	<1	Embarcaciones, sistemas de comunicación, refugios de montaña, iluminación
	Mini aerogenerador	1-10	1-3	Granjas, viviendas aisladas (sistemas EO-FV), bombeo
Media	aerogenerador	10-100	3-9	Comunidades de vecinos, PYME's (sistemas mixtos EO-diésel)
Alta		100-1000	9-27	Parques Eólicos (terreno complejo)
Muy alta		1000-10000	27-81	Parques Eólicos (terreno llano, mar adentro)
		>10000	>81	En fase de investigación y desarrollo,

Nota. Información adaptada de Manuales de Energías Renovables 3 - Energía Eólica, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2006 (p.34)

Por otro lado, las instalaciones formadas por los aerogeneradores llamadas centrales eólicas se pueden clasificar de acuerdo a la cantidad energía generada, denominada potencia instalada, esta determinara la aplicación que se dará a los parques eólicos.

Tabla 7: Clasificación de centrales eólicas en función de la potencia instalada

Tipo de centra Eólica	Potencia Instalada (MW)	Aplicaciones
Microeólicas	20	Suministro doméstico
Minieólicas	20-200	Producción y venta de electricidad
Eólicas	>200	Parque eólicos para inyección de energía a la red

Nota. Información adaptada de Cuaderno de aplicaciones técnicas N° 12 Plantas eólicas, ABB, ASEA Brown Boveri Ltd., 2012, (p. 14)

Debido a que los proyectos eólicos para generación de energía e inyección al SEIN utilizan el tipo de aerogenerador de eje horizontal, se describirá los principales componentes de este tipo de aerogenerador.

2.6. Componentes de los aerogeneradores

Las centrales eólicas conformadas de aerogeneradores de eje horizontal contienen los siguientes componentes estas definiciones son de a la Guía para la descripción de centrales eólicas de generación de energía eléctrica en el SEIA (2020).

- i. Fundaciones: Son las estructuras de hormigón adaptadas al terreno que soportan las cargas del viento; sus dimensiones vienen determinadas por el tamaño del aerogenerador y las propiedades del suelo circundante.
- ii. Torre: el armazón que sostiene la góndola. Las opciones de construcción de la torre incluyen materiales híbridos (una parte de hormigón y otra de acero), hormigón o celosía (con piezas de acero soldadas entre sí).
- iii. Góndola: Cámara cerrada que alberga las piezas clave del aerogenerador, como el generador eléctrico, la multiplicadora, los sistemas de control, los sistemas de calefacción y refrigeración y los frenos.
- iv. Aspas (palas): se encarga de aprovechar la fuerza o energía del viento y transferirla al buje.
- v. Rotor: conjunto constituido por las aspas del aerogenerador y el eje, las que están unidas a través del buje.
- vi. Buje: pieza que conecta las aspas al eje principal, que a su vez está conectado a la caja multiplicadora o directamente al generador eléctrico. A través del buje se transmiten todas las cargas aerodinámicas y el peso de las aspas.
- vii. Caja multiplicadora: es la caja de cambios que aumenta el número de rotaciones que se transfieren del rotor de baja velocidad al generador eléctrico de alta velocidad.
- viii. Generador eléctrico (para turbinas eólicas): es un aparato que tiene la capacidad de transformar la energía mecánica en energía eléctrica. El generador eléctrico se aloja en la góndola de la mayoría de los aerogeneradores.
- ix. Transformador: El transformador suele encontrarse cerca de la base de un aerogenerador moderno, aunque también puede encontrarse ocasionalmente en el interior de la góndola.

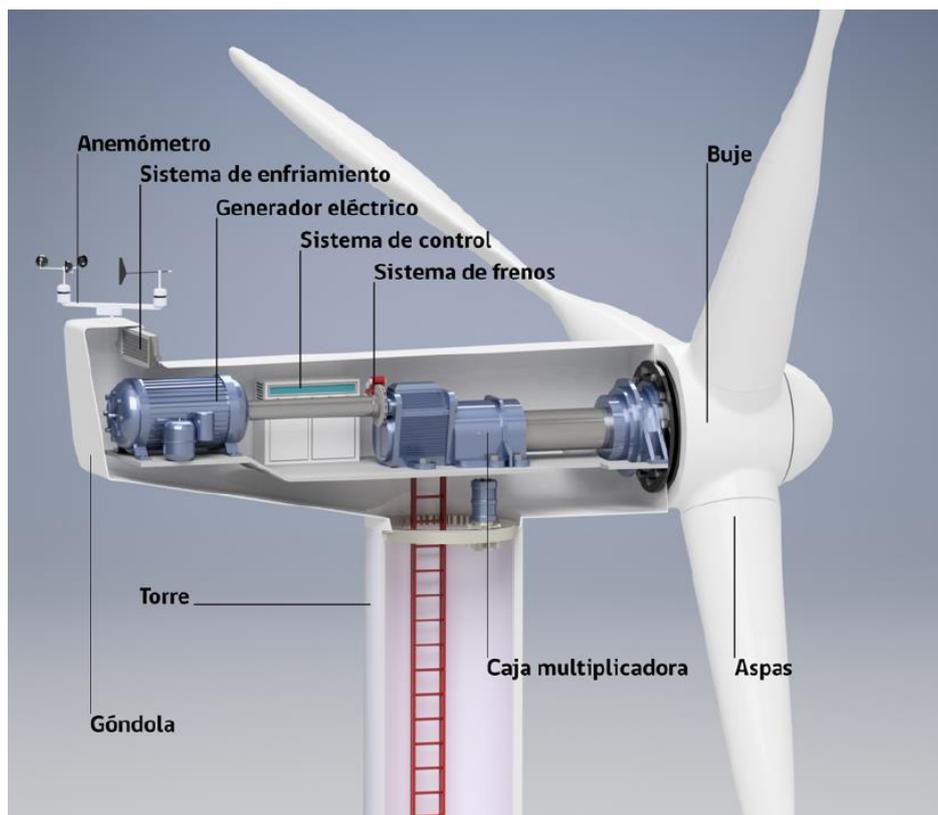


Figura 9. Principales componentes de un aerogenerador

FUENTE: Información tomada de la Guía para la descripción de centrales eólicas de generación de energía eléctrica en el SEIA, Servicio de Evaluación Ambiental, 2020 (p.20)

En ese sentido, las características de los componentes de los aerogeneradores de eje horizontal, a barlovento y tripala utilizados en la actualidad tanto a nivel mundial como en el Perú tienen valores estandarizados, este tipo de estructura es la que conformará los en proyecto en formulación de los parques eólicos en la región Ica.

Tabla 8: Características de un aerogenerador

Característica	Valor
Potencia Nominal	4.5 MW
Diámetro del rotor	120 m
Longitud de la pala	58 m
Peso de pala	18 t
Peso de la góndola con rotor y palas	220 t
Diámetro de la torre en la base	5.5 m
Velocidad del viento de arranque del aerogenerador	4 m/s
Velocidad nominal del viento	12 m/s
Velocidad del viento de desconexión del aerogenerador	25 m/s

Nota. Información adaptada de Cuaderno de aplicaciones técnicas N° 12 Plantas eólicas, ABB, ASEA Brown Boveri Ltd., 2012, (p. 15)

2.7. Zonificación ambiental

Es un proceso dinámico conocido que sectoriza una zona teniendo en cuenta factores sociales, jurídicos, biológicos y físicos. la finalidad es identificar Las zonas con menor impacto y proponer una clasificación de estas en función de las actividades más sostenibles que puedan desarrollarse en ellas (Murcia *et al.*, 2007). Para realizar una zonificación ambiental existen distintas consideraciones para segmentar las áreas, una muy utilizada es segmentarlas en función del grado de sensibilidad.

La sensibilidad ambiental debe de entenderse como la posible modificación o alteración de los elementos del medio ambiente provocada por cambios en los procesos biológicos y físicos como consecuencia de fenómenos naturales o de la actividad humana (Sandia, 2017). Por lo tanto, la Sensibilidad Ambiental es inversamente proporcional a la capacidad que tiene un área para asimilar, atenuar o contener los eventos antropogénicos o naturales (Zulaica *et al.*, 2009). La estrategia de evaluación y las actividades antropogénicas que provocarán los cambios medioambientales determinarán el tipo de metodología que se emplee; sin embargo, siempre se utilizará Sistemas de Información Geográfica y metodologías de evaluación multicriterio se determinará el índice de sensibilidad medioambiental.

El índice de sensibilidad nos indicará el grado de potencial afectación de un área en función de las variables ambientales ponderadas las cuales se utilizarán para calcular la sensibilidad ambiental de una zona.

En ese sentido existen experiencias internacionales de zonificación ambiental para el sector energético específicamente para las energías renovables como las desarrolladas en Estados Unidos por The Nature Conservancy donde establece áreas relevantes para el avance de la energía eólica y sola son dos factores esenciales para la preservación de la vida salvaje; por lo que, se puede usar esta información para identificar áreas donde los proyectos tienen menos probabilidades de generar impactos significativos relacionados a la conservación de la vida silvestre (The Nature Conservancy, 2022).

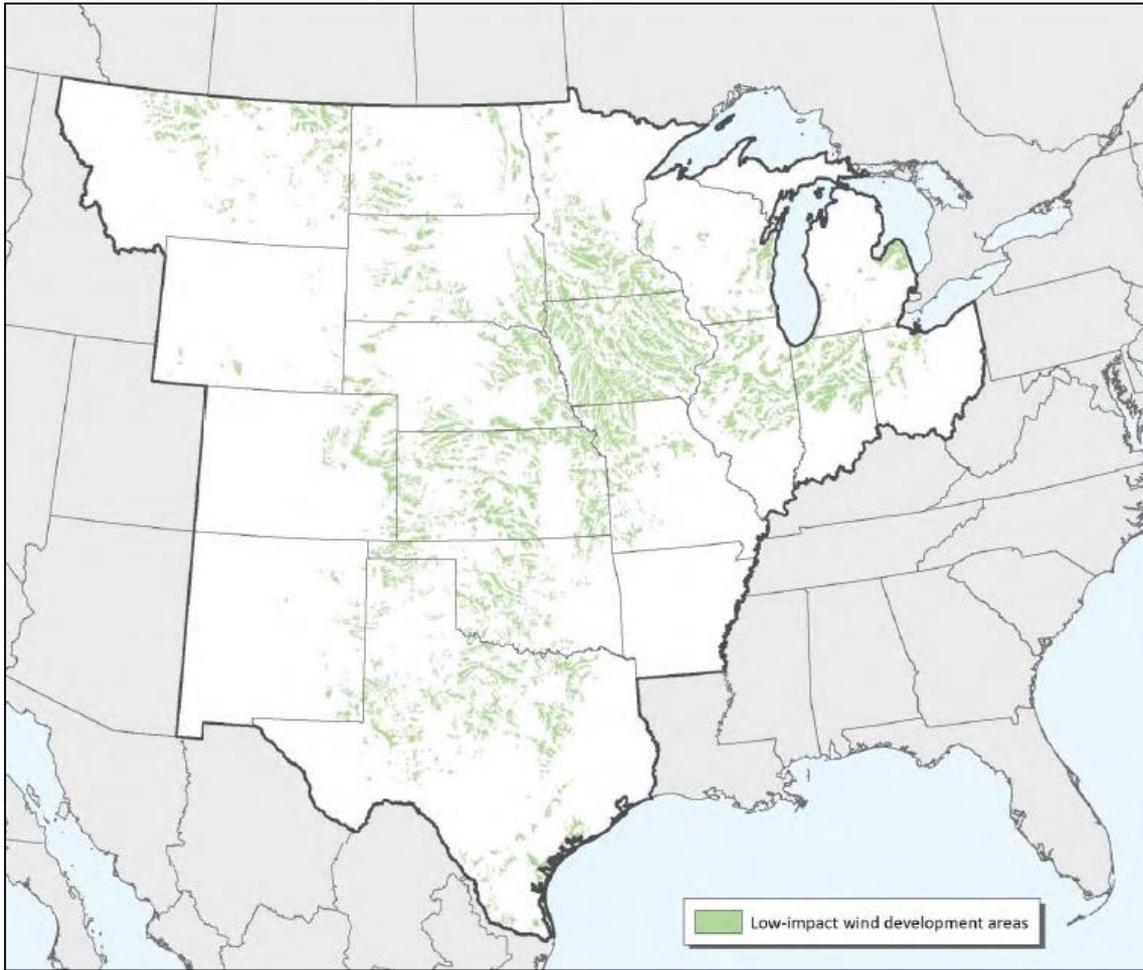


Figura 10. Áreas de bajo impacto para el desarrollo de proyectos eólicos

Nota. El gráfico zonifica áreas del centro de Estados Unidos, en donde el impacto generado por alguna actividad relacionada al desarrollo de proyectos eólicos generaría un menor impacto.

FUENTE: Tomado de Site Renewables Right: Accelerating a Clean and Green Renewable Energy Buildout in the Central United States, (p. 5), The Nature Conservancy, 2022.

Para el caso Estado Unidense se utilizó factores medioambientales de interés de forma excluyente; por lo que, la clasificación fue binaria, es decir se segmentó en dos tipos de áreas en una donde no es recomendable el desarrollo de proyectos eólicos y otra donde los impactos son bajos; por lo que, es recomendable en esta última área el desarrollo de este tipo de proyectos.

Otra experiencia internacional y la cual se está considerando para la presente investigación es la metodología empleada para la zonificación ambiental de España denominada “Zonificación Ambiental para la implantación de Energías Renovables: Eólica y Fotovoltaica” en ella se ha clasificado en 5 categorías las áreas segmentadas.

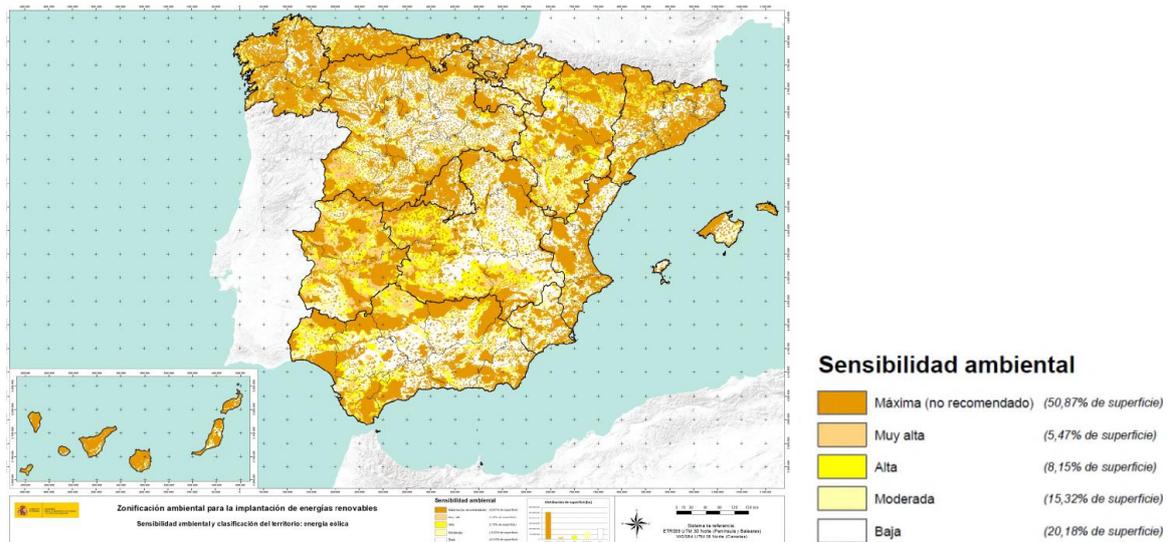


Figura 11. Zonificación de sensibilidad ambiental para energía eólica

Nota. El gráfico zonifica a España en áreas en función de su sensibilidad medioambiental para llevar a cabo proyectos eólicos.

FUENTE: Tomado de Zonificación Ambiental para la implantación de Energías Renovables: Eólica y Fotovoltaica, (p. 61), Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España, 2020.

A continuación se explicará a detalle cual será la metodología empleada para la determinar el índice de sensibilidad ambiental y con ello realizar la zonificación ambiental de la región Ica.

Se analizarán las variables ambientales de interés relacionadas a los posibles impactos de los proyectos eólicos, mediante sistemas de información geográfico a estas variables en formato vectorial se les dará valores binarios donde cada píxel de la imagen representará un valor de 1 para la presencia de la variable evaluada y 0 para la ausencia de esta; por otro lado, para las áreas de máxima sensibilidad ambiental, como cuerpos de agua, se les dará un valor de 0 estas áreas no son recomendadas para el desarrollo de parques eólicos, y con aquellas áreas de sensibilidad ambiental mínima se les dará el valor de 1.

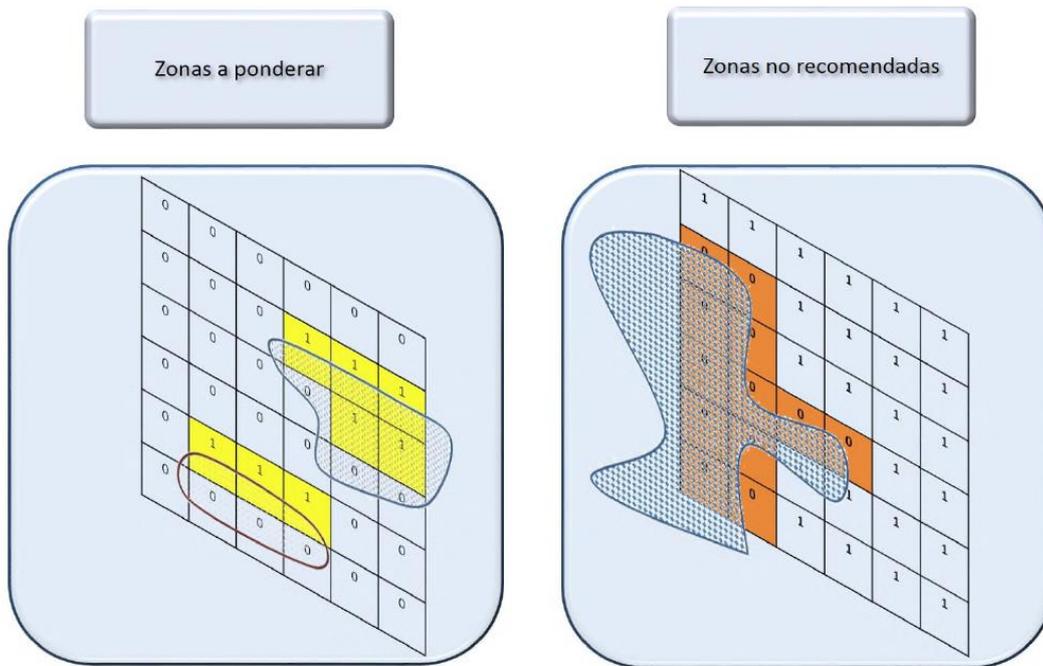


Figura 12. Valores de los píxeles de las variables ambientales evaluadas

Nota. El gráfico zonifica a España clasificándola en áreas de acuerdo a la sensibilidad medioambiental para la desarrollar la construcción de parques eólicos

FUENTE: Tomado de Zonificación Ambiental para la implantación de Energías Renovables: Eólica y Fotovoltaica, (p. 11), Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España, 2020.

Posteriormente para los elementos no excluyentes, se realizará el cálculo de los pesos ponderados en función de su importancia y jerarquía entre ellos, En este cálculo se utilizará la matriz de comparación por pares según el Método Analítico Jerárquico de Saaty de 1980. Las capas vectoriales serán multiplicados por su respectiva importancia relativa, luego de esto se superponen las capas de las variables ambientales de interés evaluadas para que mediante un cálculo nos dé una capa resultante la cual tendrá la importancia global de todos los elementos ambientales ponderados (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España, 2020).

Posteriormente se multiplicará el resultado de la capa calculada con cada una de las capas de las variables de exclusión que son aquellas zonas ocupadas o cuya sensibilidad ambiental es máxima.

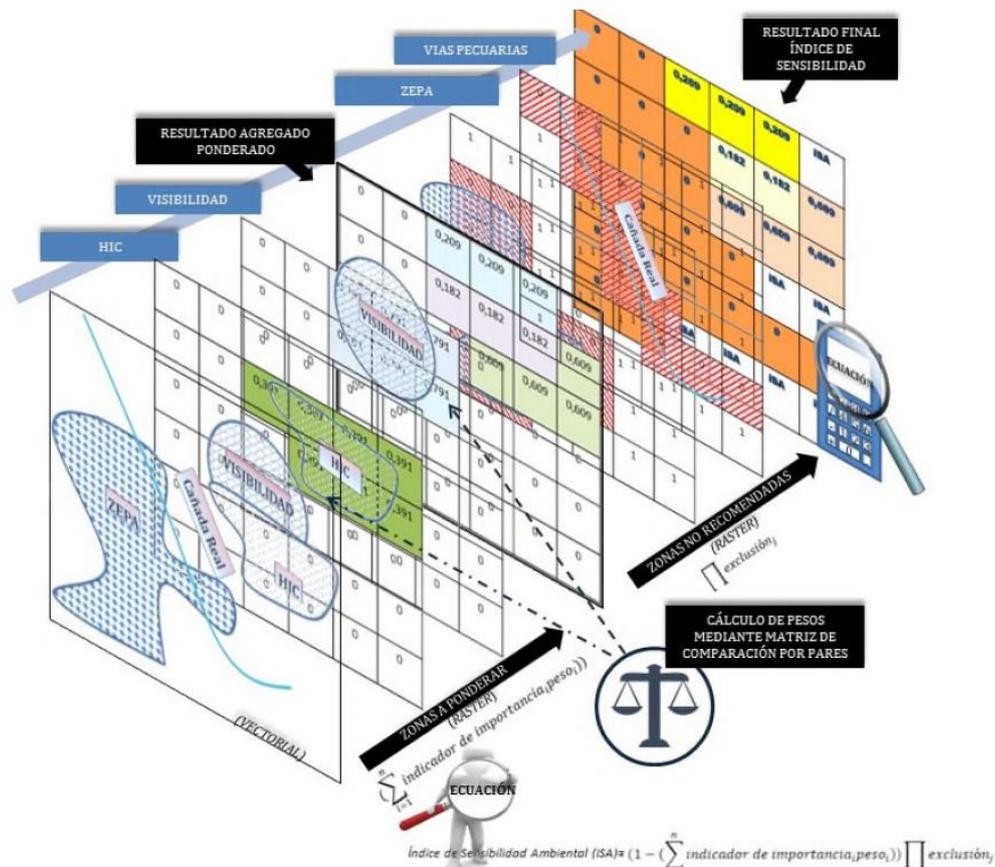


Figura 13. Cálculo del índice de sensibilidad ambiental

Nota. El gráfico zonifica a España clasificándola en áreas para la ejecución de parques eólicos de acuerdo a la sensibilidad ambiental.

FUENTE: Tomado de Zonificación Ambiental para la implantación de Energías Renovables: Eólica y Fotovoltaica, (p. 12), Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España, 2020.

El resultado final será una capa que contendrá el grado de sensibilidad ambiental para una zona de la región Ica en donde se construirá un parque eólico.

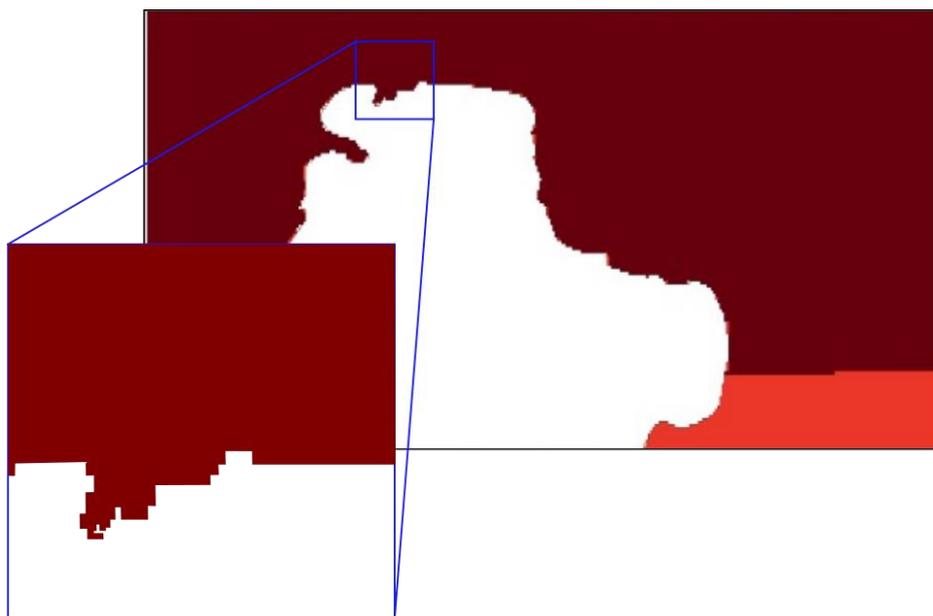


Figura 14. Raster de sensibilidad ambiental de la región Ica

Nota. Píxeles del ráster de sensibilidad ambiental de la región Ica.

2.8. Impactos Ambientales de los proyectos eólicos

2.8.1. Impactos ambientales generados por los proyectos eólicos

Cuando un proyecto o actividad produce una alteración favorable o desfavorable de cualquiera de los componentes del medio ambiente, se considera que tiene un impacto sobre el medio ambiente, otra definición de impacto ambiental es la diferencia entre los elementos del medio ambiente en un futuro alterado por un proyecto y otro sin el proyecto es otra forma de definir el impacto ambiental. (Conesa, 2010, p. 73).

En ese sentido los proyectos eólicos a pesar de ser una de las energías más limpias contra la lucha del cambio climático constituyen también una fuente de impactos ambientales los cuales se producen en las etapas de construcción, operación y abandono de los proyectos.

Hay que tener en cuenta que a nivel nacional la evaluación ambiental estratégica de proyectos es inexistente además debido al alto potencial eólico del país y al aumento de este tipo de iniciativas, es fundamental comprender los efectos medioambientales producidos, los cuales son conocidos por la comunidad internacional.

i. Ruido Ambiental

El Ruido es generado en la etapa de construcción por la maquinaria pesada utilizada para transportar los materiales y equipos utilizados para la generación y transmisión de energía, asimismo por las actividades constructivas de la cimentación.

Hay dos tipos de ruido que se producen durante el funcionamiento del aerogenerador: el ruido aerodinámico y el ruido mecánico. El ruido mecánico se genera al interior de la góndola donde hay muchos aparatos y equipos que producen ruido, como el generador eléctrico, la caja de cambios y los sistemas de frenado. Por otro lado, el flujo de aire que interactúa con las superficies de las palas produce ruido aerodinámico que, dependiendo de las condiciones meteorológicas y de la distribución de los aerogeneradores, puede oírse a grandes distancias. (Servicio de Evaluación Ambiental, 2020, p. 8).

ii. Impacto Paisajístico

La implementación de parques eólicos se ubican generalmente en áreas alejadas de los núcleos urbanos, en áreas naturales donde no existe intervención antropogénica donde debido a la inexistencia de edificaciones se aprovecha mejor la energía del viento es por ello que altera el paisaje en donde son implantados, actualmente existe un debate sobre la

evaluación de y la valoración de este impacto (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino, 2008, p.7).

iii. Ocupación y degradación del terreno

La cimentación de los aerogeneradores es realizada mediante obras civiles, las torres de alta tensión y subestaciones la central eólica requerirá de un movimiento de tierras en, además de la construcción de vías de acceso lo cual conlleva a la generación de desmontes, desbroce y aplanamientos de las áreas donde se ejecutarán los proyectos (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino, 2008, p.7).

iv. Impactos sobre la avifauna

Los aerogeneradores y la línea de transmisión durante el funcionamiento de la central eólica son las fuentes que originan los impactos medioambientales sobre la avifauna. Según la casuística internacional de los proyectos en operación se conoce los siguientes impactos.

a. Colisión

Situación donde las aves chocan contra las palas de los aerogeneradores o los cables eléctricos de las líneas de transmisión, siendo causalidad de mortalidad directa, los factores estructurales, biológicos y factores propios de los sitios la ocurrencia influyen la ocurrencia de estos eventos (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino, 2008, p.7).

a.1. Factores estructurales

Las colisiones con los cables de conducción eléctrica de las líneas de transmisión son condicionadas por los siguientes elementos:

- Cable de guardia

Los cables de guardia generan un mayor riesgo mientras menor sea el diámetro de este, por lo que, para cables con diámetros menores a 20mm al ser menos visibles, los dos tercios centrales del tramo de este tipo de líneas de transmisión suponen un riesgo mayor.

- Largo de vano

Mientras la longitud del vano es mayor la distancia entre las torres que soportan el tendido será mayor, lo que generará que las torres sean menos visibles y por lo tanto dejen de alertar del tendido eléctrico a las aves.

- Altura de tendido

La altura del tendido está relacionada directamente con la probabilidad de colisión por lo que mientras más alto sea altura mayor será la mortalidad de aves.

- Agrupación de líneas.

La línea de transmisión existente y la nueva deben estar lo más cerca posible la una de la otra, hasta donde las recomendaciones de seguridad lo permitan, debido a que esta ubicación reduce el riesgo de colisión pues las aves esquivarían un solo obstáculo mientras que si están separadas demasiada distancia se convertirían en dos barreras paralelas aumentando la probabilidad e colisión.

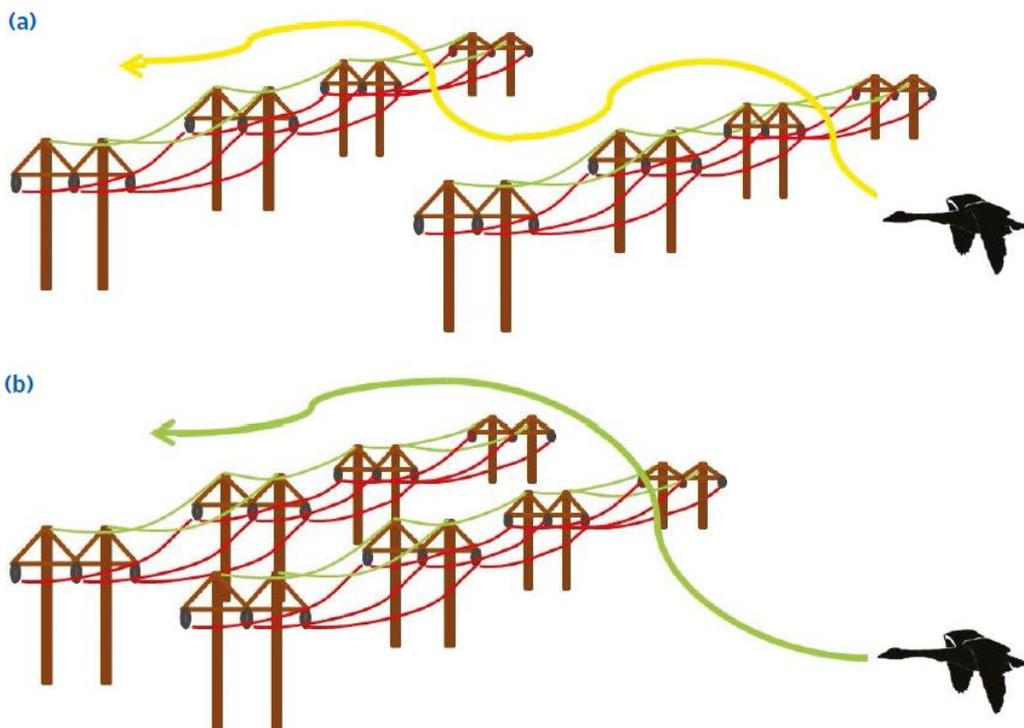


Figura 15. Reducción de riesgo de colisión al agrupar líneas de transmisión

Nota. El gráfico muestra el comportamiento del vuelo de las aves ante la ubicación paralela y distancia de dos líneas de transmisión en a) muestra un doble barrera mientras que en b) el ambas líneas funcionan como una sola.

FUENTE: Tomado de Guía para la Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos Eólicos y de Líneas de Transmisión Eléctrica en Aves Silvestres y Murciélagos., (p. 29), Servicio Agrícola y Ganadero del Ministerio de Agricultura de España, 2015.

La mortalidad de la avifauna generada por los parques eólicos ha sido descrita en varios estudios realizados alrededor del mundo, los cuales indican que la principal causa de muerte se debe a los aerogeneradores, con un promedio de mortalidad en el mundo de 0.2 a 40 muertes por turbina por año (Sovacool, 2009).

En ese sentido las condiciones que aumentan la probabilidad de colisión de las aves con estos componentes también están descritas en la Guía para la Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos Eólicos y de Líneas de Transmisión Eléctrica en Aves Silvestres y Murciélagos (2015) las cuales mencionamos a continuación:

- Distribución de los aerogeneradores
La distribución cuando tienen una estructura lineal genera una barrera lo que otorga una mayor probabilidad de generar colisiones.
- Ubicación de cada aerogenerador
Las corrientes de viento predominantes condicionarán la mortalidad de los aerogeneradores de la central eólica.
- Tamaño de las estructuras
Las probabilidades de colisión aumentan con el incremento de altura de los aerogeneradores; por lo tanto, al interceptar la altitud de vuelo de las aves migratorias aumenta su mortalidad.

a.2. Factores biológicos

- Maniobrabilidad de vuelo
Hay aves con menor capacidad maniobrabilidad durante el vuelo debido a su alta carga alar, este se trata de un índice determinado por el peso del ave en relación con la superficie de sus alas, teniendo en cuenta una relación de aspecto baja para las aves con alas largas y delgadas; estas condiciones pueden incrementar la mortalidad por colisión debido a que tienen menor capacidad de esquivar estructuras fijas y móviles (Cryan P. y Barclay R., 2009).
- Voladores nocturnos
Para especies de vuelo nocturno la colisión con aerogeneradores es más probable pues la visibilidad disminuye (Environment Canada - Canadian Wildlife Service, 2007)

a.3. Factores propios del sitio

- Sitios con alta concentración de aves
Cuando existen áreas de disponibilidad de alimento, reproducción, descanso o migración genera la presencia de bandadas de gran número de individuos, condición que aumenta la probabilidad de colisiones con las estructuras móviles (aerogeneradores) y estáticas

(líneas de transmisión). Los periodos de migración pueden durar varias semanas durante dos temporadas al año, primavera y otoño, por lo que, en esas fechas el riesgo es mayor.

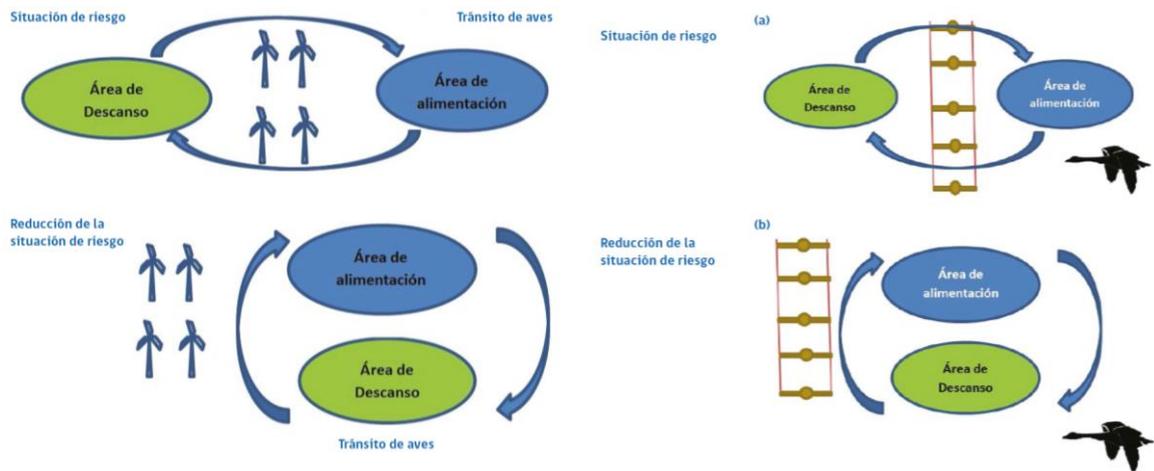


Figura 16. Reducción del riesgo a través de la reubicación de componentes móviles y estáticos de un parque eólico

Nota. El gráfico muestra como modificando la ubicación de los componentes móviles (aerogeneradores) y estáticos (líneas de transmisión) se reduce el riesgo a la colisión. a) Muestra la situación de mayor riesgo en donde los componentes cruzan el tránsito de vuelo de las aves mientras que en b) muestra que al reubicar los componentes fuera del línea de vuelo de las aves las colisiones se reducirían.

FUENTE: Tomado de Guía para la Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos Eólicos y de Líneas de Transmisión Eléctrica en Aves Silvestres y Murciélagos., (p. 32 y p. 34), Servicio Agrícola y Ganadero del Ministerio de Agricultura de España, 2015.

- Elementos lineales

Dado que las especies voladoras se orientan y realizan sus vuelos locales y migratorios a lo largo de elementos lineales del paisaje, como la costa, los ríos, los arroyos, las montañas y los bordes de los bosques, entre otros, la probabilidad de colisión aumenta cuando una estructura se sitúa perpendicularmente a uno de estos elementos.

- Condiciones meteorológicas adversas

Las posibilidades de colisión aumentan cuando se dan circunstancias meteorológicas que dificultan la visión de las aves.

- Topografía

Las aves no tienen un vuelo errante, sino que planean por túneles de viento, lo que les ahorra energía y les permite planear más rápido.; por lo tanto, un factor importante es la topografía pues esta genera túneles y corrientes de viento (Ferrer M., 2012).

b. Electrocuación

b.1. Factores estructurales

El factor estructural es predominante en aquellas líneas de voltajes menores a los 60 kV pues las distancias entre los tendido eléctricos resulta ser menor y aumenta la probabilidad, a diferencia de las líneas de media y alta tensión en donde es riesgo disminuye notablemente (Prinsen, H. *et al.*, 2011, p. 8)

- Distancia entre conductores

La probabilidad de que un ave se electrocute depende de la distancia entre los conductores eléctricos, pues un ave requiere del contacto entre dos fases (Avian Power Line Interaction Committee, 2006, p. 35).

b.2. Factores biológicos

- Envergadura y altura

Las aves de mediana a grand envergadura utilizan los soportes de las líneas de distribución como apoyo o descanso tienen más probabilidades de electrocutarse. pues el ave hace contacto entre las dos fases conductoras y sufren electrocuación (Estación Biológica de Doñana, 1995, p. 9).

- Edad

Las aves juveniles son el grupo de edad con mayor peligro de electrocuación debido a su menor habilidad en el vuelo y por consiguiente a su menor capacidad para posarse en las perchas (Bevanger K., 1998).

b.3. Factores propios del sitio

En lugares donde la oferta de perchas naturales para el descanso de las aves es mínima, tales como zonas áridas, marismas, matorrales y cultivos extensos las torres eléctricas y el tendido eléctricos de las líneas de transmisión representan un área de descanso o anidación (Avian Power Line Interaction Committee, 2006, p. 48).

c. Destrucción de hábitats y desplazamiento

Durante la etapa de construcción de las centrales eólicas hay tránsito de personas y vehículos asimismo durante la etapa de operación los aerogeneradores provocan ruido y vibraciones además dichas áreas sufrirán alteración o degradación del hábitat; por lo que, las aves no regresarán a sus hábitats desplazándose a otros lados (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino, 2008, p.7).

d. Efecto barrera

Es conocido el efecto barrera de los parques eólicos, este es la barrera al movimiento de vuelo o migratorio de las aves generado por los aerogeneradores, lo que causa que las aves eviten los parques eólicos incrementando su distancia de vuelo generando un costo mayor de vuelo (Masden E., 2009).

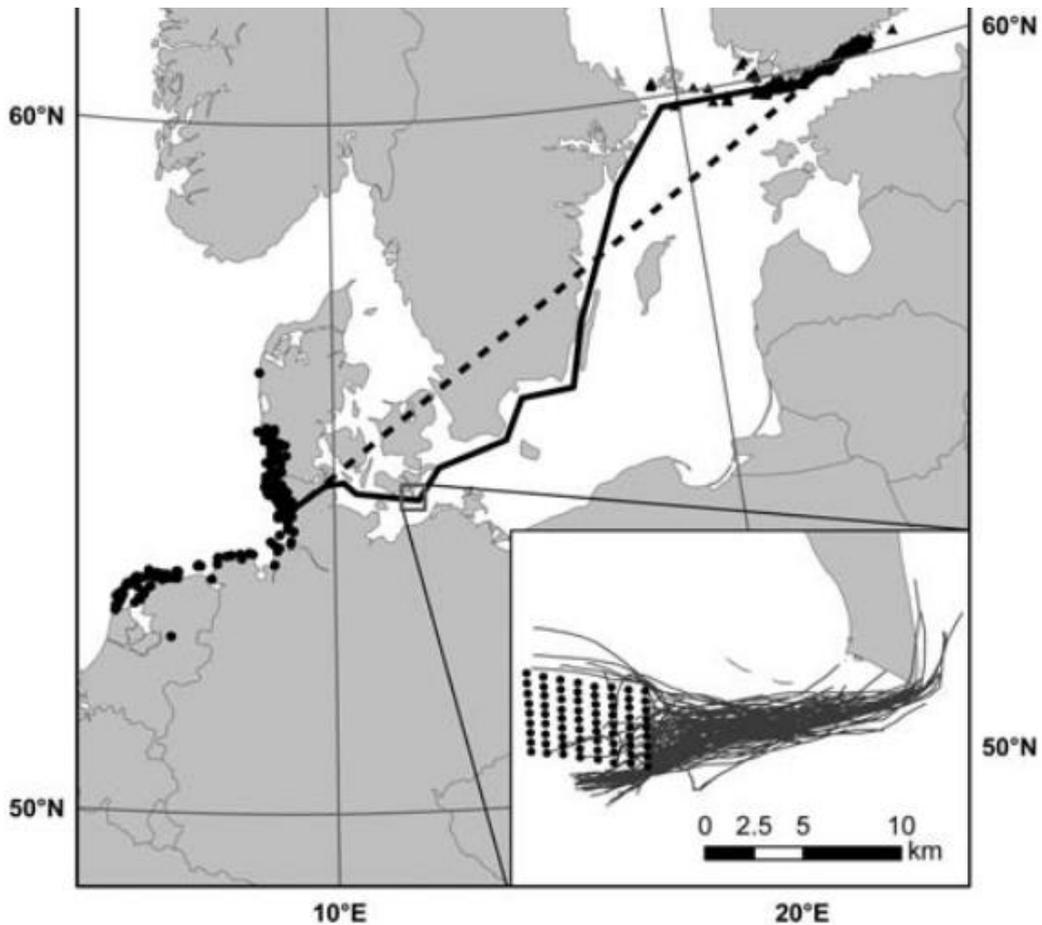


Figura 17. Efecto barrera en las rutas migratorias

Nota. El gráfico muestra la ruta migratoria de los eiders y como la construcción de un parque eólico ha generado el efecto barrera que hace que las aves eviten el parque eólico.

FUENTE: Tomado de Barriers to movement: impacts of wind farms on migrating birds, (p. 1), por Masden E., 2009.

2.8.2. Impactos ambientales sinérgico y acumulativos

En la década de 1970 las agencias que evaluaban los certificaciones ambientales se percatan que existían proyectos con proximidad espacial o vinculados temporalmente, que generaban impactos acumulativos los cuales eran mencionados en las directrices del Council on Environment Quality (CEQ) (International Association for Impact Assessment, 2016).

Se define a los impactos acumulativos como a aquellos impactos que hacen que los sistemas medioambientales se alteren gradualmente con el paso del tiempo o de aditivamente en el

mismo espacio. Estos cambios pueden darse por acciones únicas o múltiples que pueden ser similares o diferentes (Spaling H., 1994). Asimismo la legislación nacional define al impacto acumulativo como aquel impacto sobre el ambiente generado por proyectos que se han construido o están previstos construirse en una área de influencia compartida; estos proyectos pueden funcionar de forma concertada. Los impactos pueden ser de menor significancia cuando se consideran aisladamente pero pueden tener efectos sustanciales cuando se toman en conjunto (D.S. N° 019-2009-MINAM, 2009).

Como consecuencia de esta interacción también se originan otro tipo de impactos a los cuales denominamos impactos sinérgicos, los cuales si lo definimos como una función de daño $D(x,y,z)$ dependiente de los impactos x,y,z donde el daño adicional causado por cualquier incremento simultáneo $\Delta x, \Delta y, \Delta z > 0$ es mayor que la suma del daño adicional causado por el incremento de $\Delta x, \Delta y$ o Δz de forma independiente (Stheling F. y Kindorf J., 1994).

$$\Delta D_{xyz} > \Delta D_x + \Delta D_y + \Delta D_z$$

De igual manera la normativa nacional en el Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental define al impacto sinérgico como el efecto resultante o alteración del medio ambiente que surge de las múltiples acciones y cuya última incidencia es mayor que el total de los impactos parciales generado por las modificaciones provocadas por cada una de las acciones que lo produjeron.

Los impactos deben cumplir tres requisitos para ser clasificados como acumulativos o sinérgicos, la primera de coincidencia espacial, coincidencia temporal y por último causalidad (Ocampo D., 2014).

Si bien es cierto, estas definiciones se manejan hace varios años en el mundo académico y científico, varias metodologías utilizadas para evaluar el impacto ambiental presentan importantes inconvenientes para identificar, evaluar y valorar los efectos sinérgicos y acumulativos debido a la debido a las intrincadas relaciones entre los impactos ambientales, las resiliencia y sensibilidad de los procesos sistémicos del medio ambiente.

Los titulares de proyecto eólicos no desarrollan una evaluación los impactos sinérgico o acumulativos estos más allá de la clásica evaluación de impactos a través de matrices en donde el valor de estos podría ser subvalorado pues es evaluado conjuntamente con otros atributos, pues no es exigida durante el proceso de certificación ambiental. También se ha visto que es necesario incluir no solo matrices cualitativas sino también cuantitativas o

semicuantitativas para darle un carácter más integrado al método además de incluir a los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para valorar estos impactos (Matamala, 2017). Es por esta razón que en la actualidad en Europa la evaluación de impactos ambientales es complementada con un estudio de impactos acumulativos y sinérgicos que complemente la evaluación ambiental.

En ese sentido, guías a nivel mundial han clasificado los impactos ambientales sobre la aves considerando su característica acumulativa o sinérgica tal como se puede apreciar en la Tabla 9. Impactos Ambientales de las centrales eólicas sobre la avifauna.

Tabla 9. Impactos Ambientales de las centrales eólicas sobre la avifauna

Nº	Impacto	Carácter
1	Destrucción de hábitat	Sinérgica
2	Efecto barrera	Sinérgica acumulativa
3	Colisión	Simple acumulativa

FUENTE: Tomado de Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos, (p. 29), Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2015.

La complejidad del análisis está en que no existe metodologías para la evaluación de los impactos sinérgicos, además de que no hay estudios a la fecha que separan los impactos ambientales efecto barrera, desplazamiento y colisión, así como de no precisar porque se les considera impactos ambientales sinérgicos o acumulativos.

Como parte del análisis realizado, se trata de explicar porque se consideran impactos ambientales sinérgicos o acumulativos, en base a la información generada en diversos estudios que analizan el impacto ambiental de las centraes eólicas sobre la avifauna.

Colisión

De acuerdo a la revisión bibliográfica podemos deducir que la Colisión es un impacto simple acumulativo, se llega esta conclusión de acuerdo a las distintas ecuaciones propuestas por investigadores sobre cual es el riesgo de la colisión respecto al número de aerogeneradores.

Por ejemplo, New L. en “A Collision Risk Model to Predict Avian Fatalities at Wind Facilities: An Example Using Golden Eagles, *Aquila chrysaetos*”, propone lo siguiente:

$$F = \lambda C \varepsilon$$

$$\varepsilon = \tau n h \pi r^2$$

Donde

F : son las muertes ocasionadas por la colisión con los aerogeneradores

λ : Exposición aviar antes de la construcción

C : Probabilidad de colisión de la especie

\mathcal{E} : huella peligrosa del proyecto

n : Número de aerogeneradores

h : altura del espacio peligroso de la turbina

τ : horas relevantes de la operación de la central eólica

r : radio de del rotor del aerogenerador

New L. propone que las fatalidades dependerán del número de aerogeneradores; por lo que, al incrementarse el número de estos la fatalidad aumentará en de forma aritmética.

Por lo tanto, se puede concluir que el impacto ambiental de colisión es un impacto acumulativo.

Efecto barrera

Como consecuencia del mayor gasto energético de las aves al intentar escapar de los aerogeneradores de las centrales eólicas, acción que las debilita, esta influencia podría tener efectos devastadores en la capacidad de reproducción y supervivencia de la especie (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, p. 8, 2015).

En uno de los grandes estudios donde se reconoció el efecto barrera fue durante el realizado por Vilela R. (2021) durante las primaveras del 2001 al 2018 en el mar del norte alemán en 20 parques eólicos marinos , a través de encuestas visuales y digitales se observó que el número no se redujo pero la evasión debido al desarrollo de parques eólicos condujo a que las distribución espacial de la aves sea dirigida hacia un área más estrecha y centrada en la zona de alta concentración en el Bight Special de Alemania Oriental.

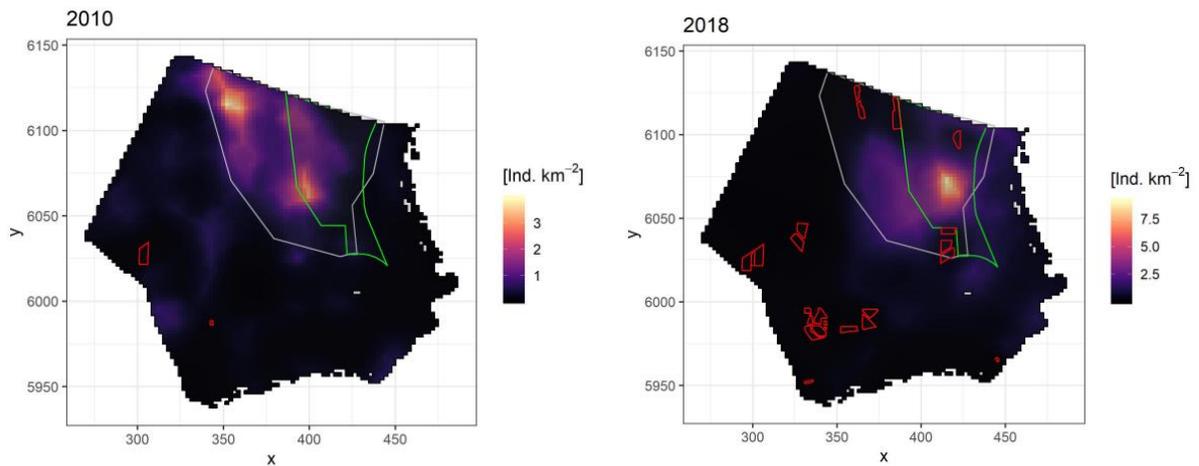


Figura 18. Distribución espacial de las aves causado por el efecto barrera

Nota: La imagen muestra las densidades de las poblaciones de las aves durante la primavera del 2010 y 2018 antes y después de la construcción de los parques eólicos, se puede observar las concentraciones de la distribución de la avifauna se centran en una sola área.

FUENTE: Tomado de Use of an INLA Latent Gaussian Modeling Approach to Assess Bird Population Changes Due to the Development of Offshore Wind Farms , (p. 8), por Vilela R., 2021.

El análisis realizado por Danish Energy Authority (2006) del análisis del programa de monitoreo ambiental intensivo de los dos centrales Eólicas marinos más grandes del mundo, Parque eólico de Horns Rev y Nysted, durante el periodo del año 1999 al 2006 en donde se utilizaron sensores infrarrojos revela que el 80% de las aves evitó pasar por el parque eólico.

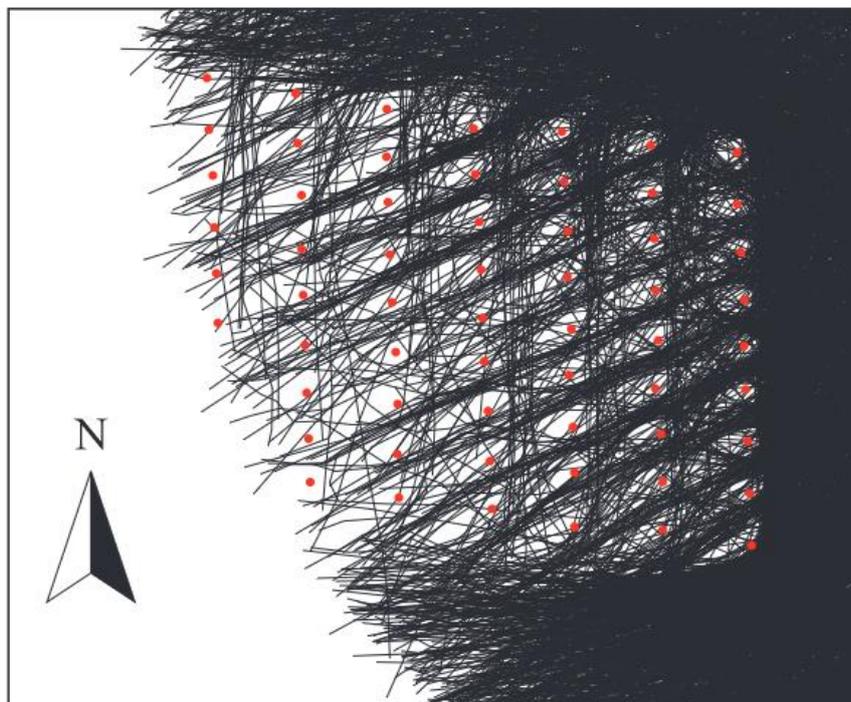


Figura 19. Vuelo de evitamiento de las aves a través del parque eólico

Nota: El gráfico muestra las trayectorias seguidas por las aves migratorias durante la operación inicial del parque eólico Nysted, en donde las líneas negras son las trayectorias y los puntos rojos son los aerogeneradores.

FUENTE: Tomado de Offshore Wind Farms and the Environment Danish Experiences from Horns Rev and Nysted, (p. 34), Danish Energy Authority, 2006.

El efecto barrera que las aves modifiquen su ruta para evitar los aerogeneradores, ha sido estudiado a través del índice de rectitud modificado de la trayectoria de vuelo, el cual es calculado a partir de los cambios en la trayectoria de vuelo de las aves respecto de la trayectoria ideal que realizaban antes de la construcción de los aerogeneradores.

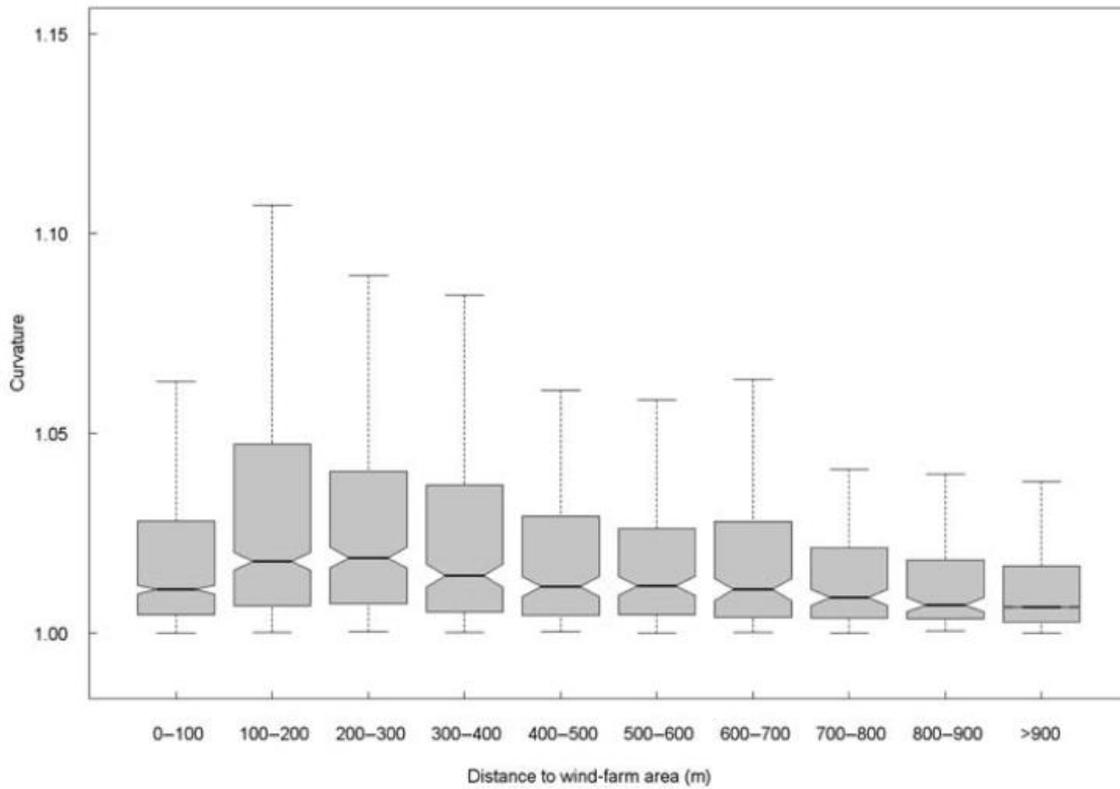


Figura 20. Percentiles del cambio en la curvatura de la trayectoria de las aves

Nota: El gráfico de cajas representa la modificación en la trayectoria interpretado como curvatura en la trayectoria de vuelo, se puede observar que de 100 a 200 metros de distancia hacia los aerogeneradores se genera el mayor cambio en la curvatura así como una mayor variabilidad en la trayectoria.

FUENTE: Tomado de Barriers to movement: impacts of wind farms on migrating birds, (p. 748), por Masden E., 2009.

Tal como propone Masden (2009) el desplazamiento será calculado por la diferencia entre la curvatura en la etapa de la post construcción y la pre construcción del parque eólico.

$$Distancia = (C_{post} - C_{pre}) * longitud\ media\ de\ la\ trayectoria$$

Además el diagrama de cajas de la Figura 21. muestra un cambio en la distancia de la curvatura para todas los tramos de medición, asimismo para aquellas mediciones que están cerca (<500 m hasta las turbinas) son mayores que las que son lejanas (> 500 m de distancia hacia las turbinas) antes y después de la construcción del Nysted.

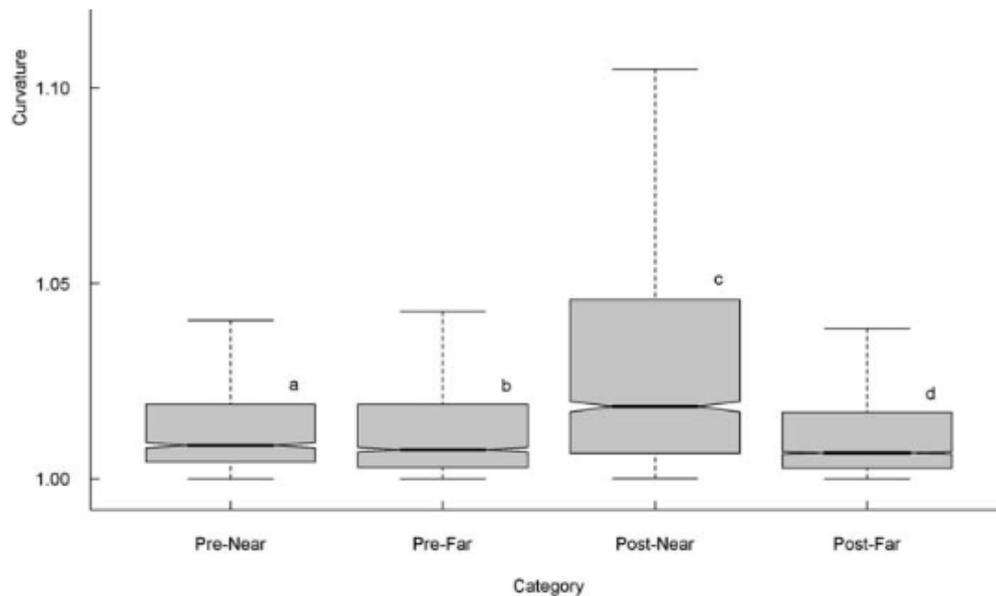


Figura 21. Comparación de las trayectorias antes y después de la operación de Centrales eólicas
Nota: El gráfico demuestra la variabilidad de las curvaturas de las trayectorias de vuelo. Donde Kruskal Wallis: $X^2=664.8, d.f.0 3, \alpha < 0.05$. Las letras denotan diferencias significativas; prueba de comparaciones múltiples, $\alpha = 0.05$.

FUENTE: Tomado de Barriers to movement: impacts of wind farms on migrating birds, (p. 749), por Masden E., 2009.

Asimismo, el inicio de este cambio en la curvatura de la trayectoria dependerá si el vuelo es diurno o nocturno y del tipo de especie, en la mayoría de especies el mayor cambio se daba dentro de los 500 m antes del parque eólico pero para especies como los eiders este cambio en la orientación de su vuelo se dió de 10 a 15 km de distancia del parque eólico (Danish Energy Authority, 2006).

Por lo tanto, este impacto ambiental va a estar sujeto fuertemente a la especie de ave y a las condiciones climáticas pudiendo generarse grandes diferencias en la curvatura promedio de vuelo.

Por otro lado, algunos parques eólicos en Suecia han implementado sistemas de cámaras para recopilar grandes cantidades de datos sobre el comportamiento de vuelo de la aves al interactuar con los aerogeneradores, con la finalidad de identificar el vuelo propenso al riesgo y al comportamiento de evasión.

Se sabe que el riesgo de colisión depende de múltiples factores como lo son la altitud de vuelo, el comportamiento, la morfología, motivo del vuelo de la migración, o participando en actividades locales como buscar comida, ya que se espera que las personas que buscan comida estén menos atentas con respecto a la dirección de su vuelo y más concentradas en buscar alimentos en el suelo.

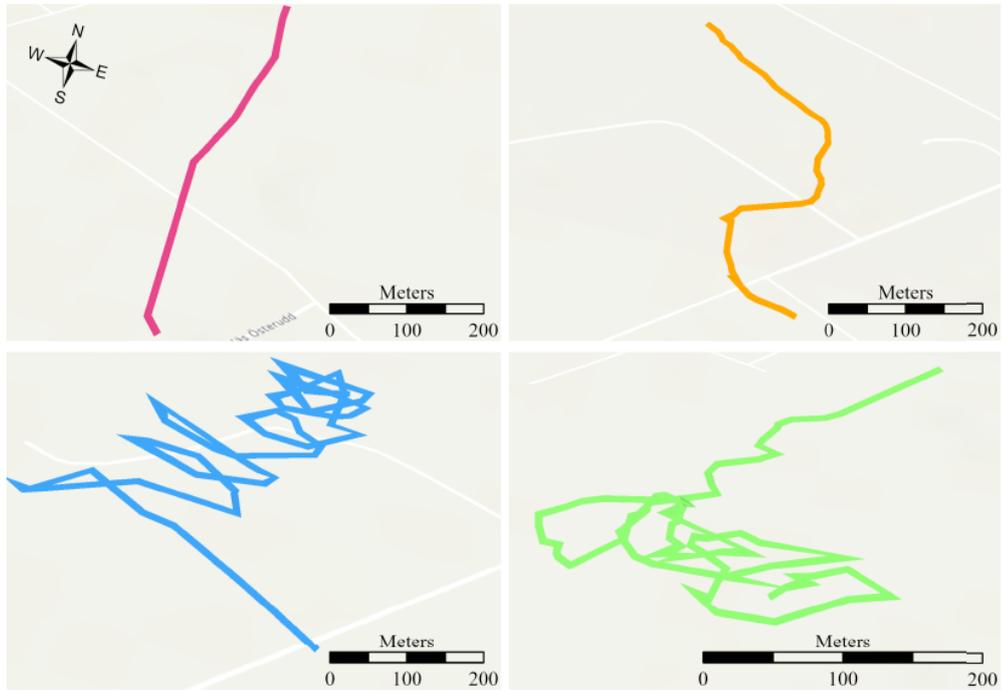


Figura 22. Rutas de evasión del vuelo de la avifauna en parque eólicos

Nota: Son los tipos de rutas de vuelo que siguen las aves de acuerdo a los resultados obtenidos por las cámaras ubicadas en el parque eólico de Näsudden Suecia.

FUENTE: Tomado de *Quantifying Raptors' Flight Behavior to Assess Collision Risk and Avoidance Behavior to Wind Turbines*, (p. 6), por Linder A., 2022.

Las gráficas de análisis de Linder A. (2022) de los trayectos realizados por las aves durante 10 meses del año 2020 indican que mientras más tortuoso es el trayecto del ave mira menos hacia abajo y por lo tanto, su capacidad de buscar alimento, áreas de descanso o anidación serán menores, implicando que tenga menos probabilidades de sobrevivir y de un futuro reproductivo.

Por otro lado, se puede deducir que mientras más tortuoso es el trayecto la longitud de tramo recorrido será mayor; por lo que, el gasto calórico también será mayor, generando inconvenientes en la reproducción por agotamiento.

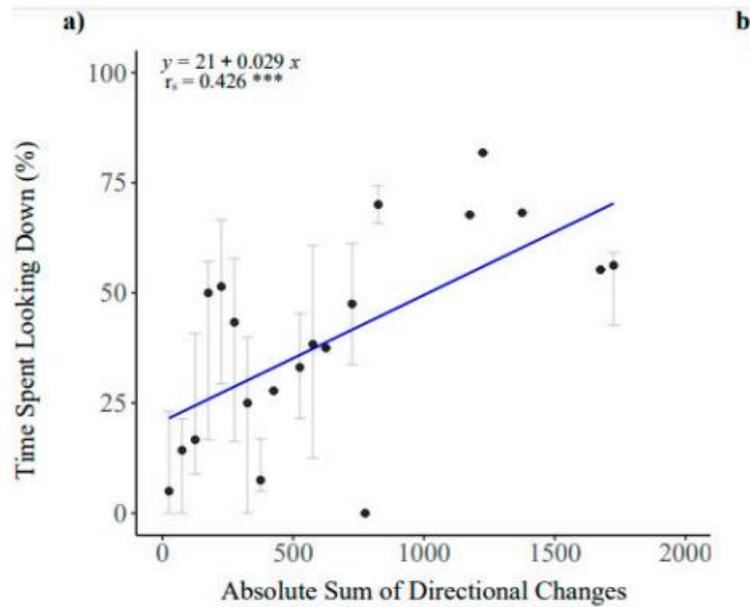


Figura 23. Tiempo de visión hacia abajo de las aves respecto a la tortuosidad
Nota: El gráfico representa la suma absoluta de cambios direccionales, respecto al tiempo dedicado a mirar hacia abajo.
FUENTE: Tomado de *Quantifying Raptors' Flight Behavior to Assess Collision Risk and Avoidance Behavior to Wind Turbines*, (p. 11), por Linder A., 2022.

Por lo tanto, podemos concluir que el impacto de desplazamiento podría ser acumulativo o sinérgico dependiendo de las características climáticas y del tipo de trayecto que realice cada ave.

2.9. Metodologías de evaluación de impactos sinérgicos

Existen diversas propuestas metodológicas para evaluar los impactos ambientales sinérgicos, algunas enfocadas en todo el sistema otras consideran un factor ambiental en específico y evalúan las variables intrínsecas y extrínsecas del sistema vinculadas al factor ambiental evaluado.

Sin importar la metodología empleada, para que se realice una evaluación correcta de los impactos ambientales sinérgicos debe definirse los componentes que generan la sinergia, así como explicar la conexión entre los elementos existentes (Ocampo D., 2014).

Asimismo Villamil L. (2021) indica que debe seguirse ciertos lineamientos para considerar correcta que la aplicación de una metodología para la identificación de impactos ambientales.

En ese sentido es necesario conocer los sistemas complejos adaptativos como marco conceptual considerando las características estructurales del sistema, los patrones de conectividad además hay que considerar que las modificaciones en alguna variable puede

originar impactos imprevistos en otra variable que se encuentran en el mismo árrera de influencia y que no están conectadas directamente (Holling, C., 1978).

Con el fin de conocer el marco conceptual del sistema y para conocer sus patrones de conectividad se puede hacer uso de las redes bayesianas pues los componentes, aspectos e impactos ambientales tienen relaciones e interacciones múltiples y no lineales. (Dixon & Montz, 1995). Este método puede permitir identificar las conexiones e interacciones entre los componentes del proyecto y los impactos otorgándonos una perspectiva más amplia de la realidad y tiene la capacidad de describir y analizar las conexiones que pueden originar los impactos acumulativos y sinérgicos.

Además se debe seleccionar una escala espaciotemporal adecuada la cual está definida por primero el alcance de la evaluación y segundo el grado de detalle del análisis que se pretende realizar (João E., 2007).

Los enfoques utilizados para evaluar los efectos acumulativos difieren en la importancia que otorgan a cada componente (Fuente – Ruta/vía – Receptor) (Spaling & Smit, 1993). Clarke Murray *et al.* (2014, 2020) distinguen entre cuatro tipos de metodología de evaluación, cada uno con un punto de partida único a) basado en factores estresantes; b) basados en actividades; c) basado en componentes (receptores) ambientales; y d) basados en el contexto.

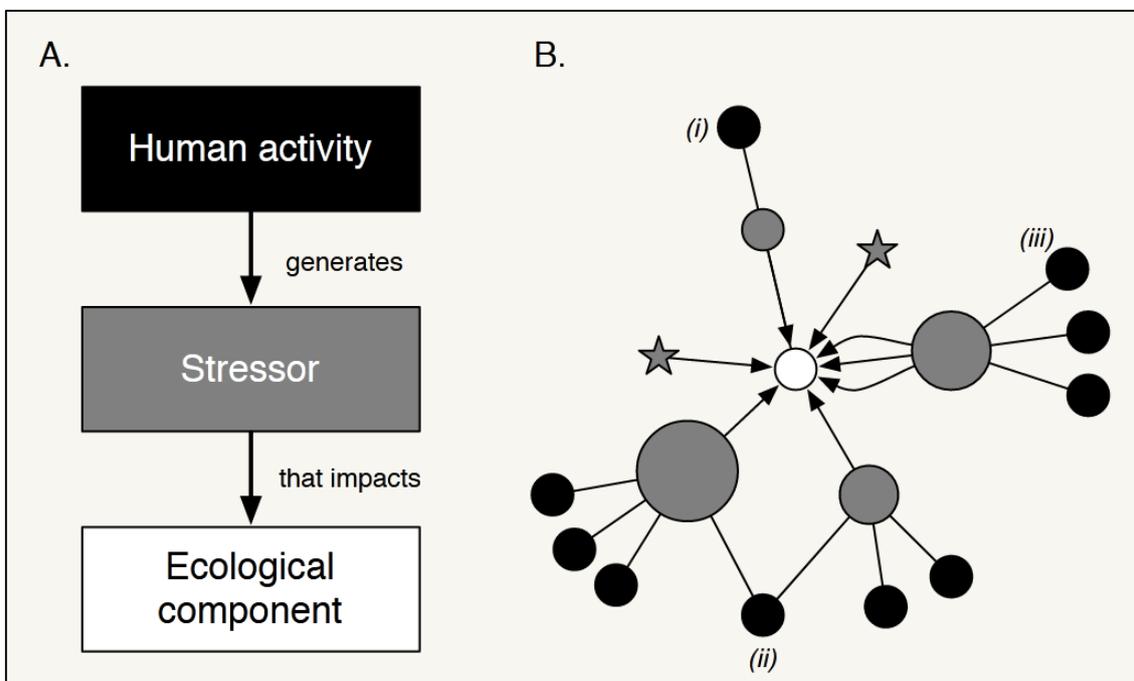


Figura 24. Interacciones entre las actividades humana y los impactos

Nota: Se puede apreciar como actividades humanas (Proyectos eólicos) pueden generar distintos factores estresantes e impactos sobre un componente ambiental (avifauna)

FUENTE: Tomado de Cumulative effects in marine ecosystems: scientific perspectives on its challenges and solutions. (p. 10). Murray C. & Martone R. (2014).

Asimismo Villamil L. (2021) explica que dependerá de que variable del sistema se pretende evaluar para determinar el enfoque de nuestro análisis, si lo que deseamos analizar es al receptor podemos considerar la metodología que considera como eje los componentes ambientales.

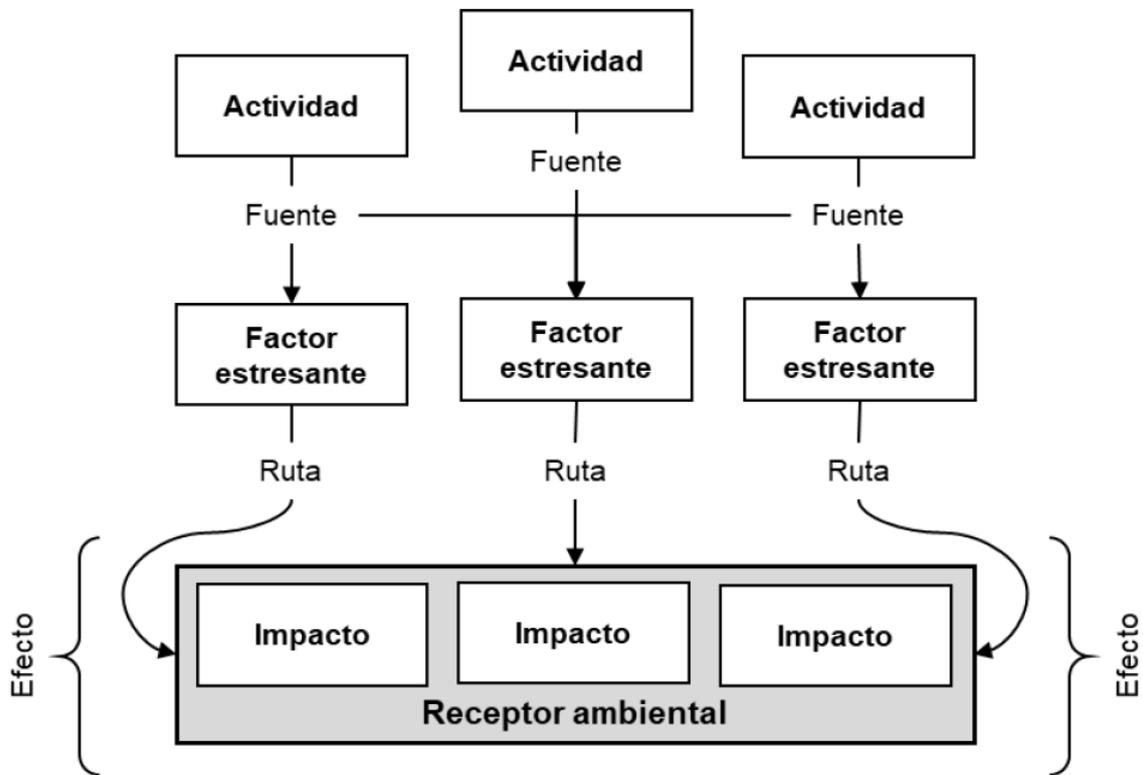


Figura 25. Metodología basada en componentes ambientales

Nota: El gráfico muestra las interacciones entre las actividades, las fuentes, los factores estresantes las rutas y los impactos sobre un único receptor ambiental (aves).

FUENTE: Tomado de Lineamientos metodológicos para la identificación de impactos ambientales acumulativos. (p. 35), por Villamil L., 2021.

Por lo tanto, la metodología que utilizaremos para evaluar al único receptor, avifauna, será en función de los factores medioambientales, ya que se centra en la evaluación de los efectos sobre este receptor en particular y en la evaluación de las diferentes factores de estrés provocadas por varias actividades humanas, los parques eólicos y las infraestructuras relacionadas en nuestro caso, y sus efectos.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

Esta investigación se desarrolla pensando en la aplicación de una zonificación medioambiental centrada en los impactos sobre la avifauna, posteriormente se evaluará la afectación de las zonas de interés por infraestructura y finalmente se evaluará los efectos sinérgicos de los impactos sobre la avifauna. En ese sentido se presenta el flujograma de trabajo:

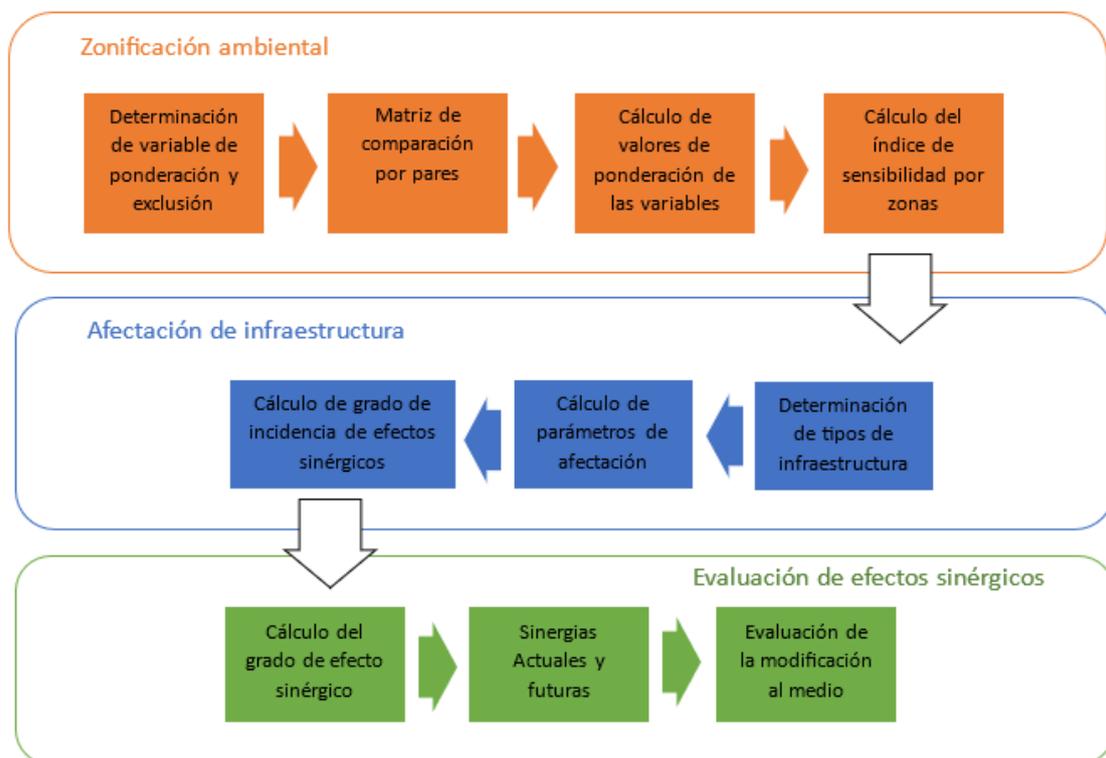


Figura 26. Flujograma de trabajo

3.1. Zonificación ambiental

3.1.1. Metodología

Para elaborar la zonificación de la sensibilidad ambiental se realizará una evaluación multicriterio sobre la delimitación política del territorio de la región Ica aplicando Sistemas de Información Geográfica, para ello se utilizará cartografía digital de las distintas variables ambientales de interés complementándolo con un análisis legislativo, posteriormente se

calculará la ponderación de los valores de los indicadores para obtener como resultado final una zonificación ambiental orientada a la actividad de la generación eólica.

3.1.2. Variables

Las variables utilizadas deben de representar cuantitativamente las características de los factores ambientales de interés. También es necesario considerar que para establecer las variables debe de existir disponibilidad y accesibilidad de la información cartográfica de los factores ambientales, en ese sentido no existe información cartográfica del cambio climático, aguas subterráneas, Zonificación Económica Ecológica y parte del patrimonio cultural; además las variables deben de ser de interés es decir que pueden verse afectadas por la actividad de generación eólica; por lo que, no se considerará variables como geología, edafología, sismicidad entre otras.

Por otro lado, se tiene que establecer el alcance de la evaluación, por lo que se precisa que la zonificación se limita a evaluar proyectos ubicados en la zona terrestre, es decir no se considerarán los proyectos off-shore; por lo que, cualquier cartografía del medio marino no será considerada. Los motivos de no considerar el medio marino se debe a la escasa información cartográfica de medio marino peruano además de no existir proyectos en operación, construcción o formulación de centrales de generación eólica ubicados en el mar. Se menciona que la zonificación se realizará solo sobre la región Ica.

Para la zonificación ambiental se ha considerado una serie de variables que han sido clasificadas en dos grupos, variables de exclusión y variables de ponderación, podemos ver la clasificación en la Tabla 10. Variables de interés

Tabla 10: Variables de interés

Variable de interés	Tipo de variable	
	Exclusión	Ponderación
Casco urbano	X	
Cuerpos de agua loticos y lenticos	X	
Áreas de actividad minera	X	
Área Naturales Protegidas y Zonas de amortiguamiento		X
Ecosistemas Frágiles		X
Áreas de Importancia para Aves (IBA)		X
Áreas Endémicas para Aves (EBA)		X
Capacidad de uso mayor		X
Visibilidad		X
Potencial eólico	X	

A continuación detallaremos cuales son las variables utilizadas para la zonificación

3.1.2.1. Casco urbano:

Se ha considerado esta métrica como variable de exclusión porque es importante excluir aquellas áreas que no pueden ser consideradas para la ejecución de proyectos eólicos debido a los riesgos a la salud humana. Es necesario mencionar que no existe normativa nacional que precise cual es la distancia mínima donde se deben ubicar los parques eólicos respecto a los cascos urbanos; sin embargo, existe normativa internacional donde consideran factores de seguridad, intermitencia de sombra y ruido de los aerogeneradores, pero los valores establecidos por cada país difieren significativamente entre ellos. Cuál es la distancia mínima óptima en la cual se pueden construir parques eólicos es el resultado de un análisis específico una realidad en particular donde se debe de considerar las condiciones propias del sitio como topografía, viento, ubicación de las viviendas respecto al parque eólico y las características de los aerogeneradores que se utilizarán; el alcance del presente estudio no incluye este análisis; sin embargo, es necesario establecer una distancia para la posterior evaluación de zonificación ambiental y sinergia de impactos; por lo que, se realizó una revisión bibliográfica de normativa internacional y producto de esta recopilación se considerará la distancia mínima de 500 metros por ser la distancia presente en la mayoría de normativas de los países que han reglamentado esta condición.

Tabla 11. Distancia mínima a la que se deben ubicar los parques eólicos respecto de los cascos urbanos

País	Distancia de separación utilizada / recomendada	Impactos
Alemania	300, 500, 550, 850, 1000 o 1500 metros de áreas residenciales	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto visual (Efecto Sombra) • Incremento de los niveles de presión sonora
Dinamarca	Las turbinas eólicas de más de 25 metros (82 pies) de altura deben colocarse al menos cuatro veces su altura desde todas las residencias, sin posibilidad de renunciar a este límite.	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto visual (Efecto Sombra) • Incremento de los niveles de presión sonora
España	500 metros de residencias y pueblos	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de los niveles de presión sonora • Seguridad
Francia	500m de zonas residenciales.	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de los niveles de presión sonora
Canadá	300, 500, 550, 800 o 2000 metros de áreas residenciales	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de los niveles de presión sonora
Portugal	200 metros de viviendas	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de los niveles de presión sonora
Estados Unidos	1,5 veces la altura de la turbina	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de los niveles de presión sonora
Chile	200 metros de rutas viales nacionales	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de los niveles de presión sonora • Seguridad

Por lo tanto, para la variable de exclusión de casco urbano se está considerando un buffer de 500m.

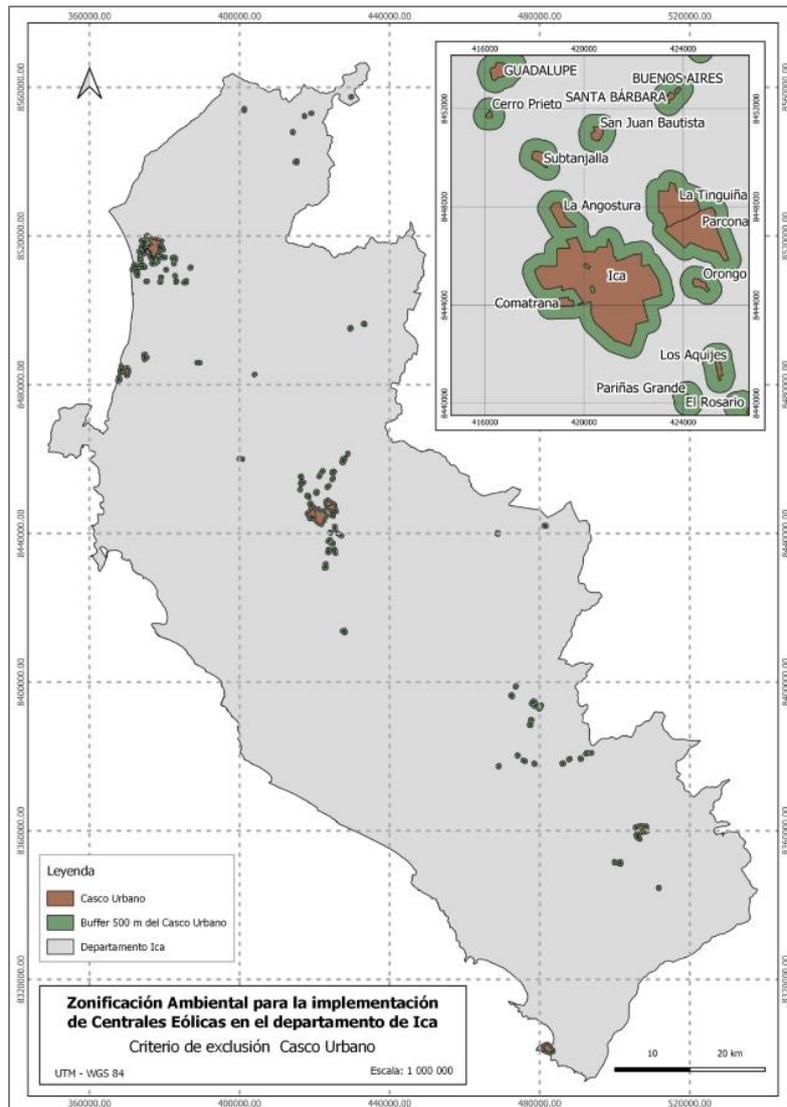


Figura 27. Mapa de exclusión del Casco Urbano
Nota: Con base los datos del portal Geovivienda plataforma del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

3.1.2.2. Cuerpos de agua loticos y lenticos:

Otra variable de exclusión que ha sido considerada son los cuerpos de agua lénticos y lóticos como ríos, lagos y lagunas; pues dentro estos no es viable ambientalmente instalar componentes como los aerogeneradores adicionalmente se va a considerar un buffer estándar de 10 m. sobre los cuerpos de agua en donde no se podrá instalar ninguna infraestructura del parque eólico cual está establecido como faja marginal en la R.J. N° 332-2016-ANA la cual aprueba la delimitación de fajas marginales.

Para los ríos se colocará como buffer debido a que la información espacial para ríos y quebradas es lineal y no corresponde a un área.

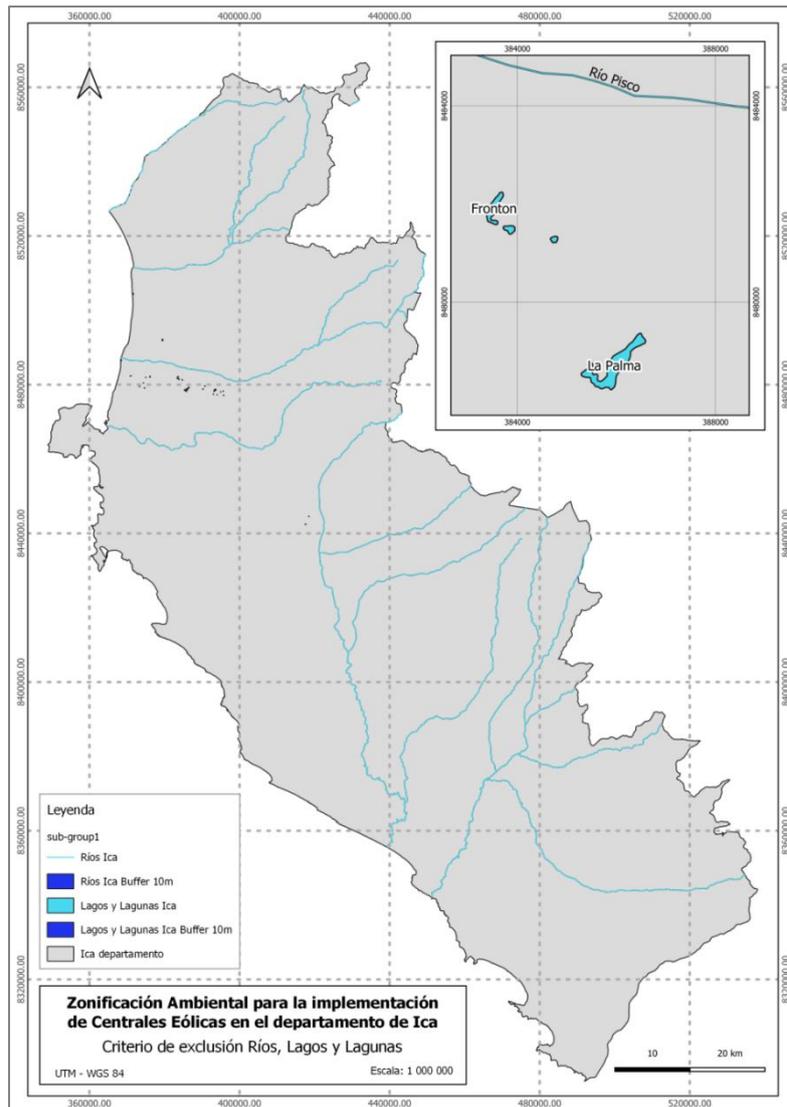


Figura 28. Mapa de exclusión de ríos, lagos y lagunas
Nota: Con base al catálogo de metadatos de la Autoridad Nacional del Agua.

3.1.2.3. Áreas Naturales Protegidas y zonas de amortiguamiento:

Debido a su importancia para la conservación de la biodiversidad y a su papel en el desarrollo sostenible de la nación, estas zonas han sido oficialmente reconocidas, establecidas y protegidas por el Estado las cuales están definidas en la Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas. Las Áreas Naturales Protegidas serán consideradas como variables y las zonas de amortiguamiento como variable de ponderación.

En ese sentido son cuatro las Áreas Naturales Protegidas dentro del departamento Ica las que se detallan en la Tabla 12.

Tabla 12. Áreas Naturales Protegidas de la región Ica

Categoría del Área Natural Protegida	Nombre
Reserva Nacional	Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras - Punta San Juan
Reserva Nacional	Sistema de Islas, Islotes y Puntas Guaneras - Punta Lomitas
Reserva Nacional	de Paracas
Reserva Nacional	San Fernando

Las principales especies que albergan este tipo de Áreas Naturales Protegidas son los lobos marinos y pingüinos de Humboldt, también se puede encontrar otras especies como las gaviotas, zarcillos, garzas y ostreros negros.

Por otro lado, también hay especies de mamíferos marinos como nutrias marinas, delfines, orcas entre otras. Además también se encuentra el Área de Conservación Regional de la Laguna de la Huacachina.

Es necesario precisar que considerado el tipo de uso la clasificación de Áreas Naturales Protegidas se divide en aquellas de uso indirecto tales como los Parque Nacionales, Santuarios Nacionales y Santuarios Históricos dentro de las cuales la extracción de recursos naturales está prohibida, al igual que las alteraciones y cambios en el ecosistema circundante. Por otro lado, están las de Uso Directo en donde se puede realizar extracción o aprovechamiento de recursos, tales como Cotos de Caza, Reservas Paisajísticas, Bosques de protección, Refugios Silvestres, Reservas Nacionales y Reservas Comunales.

La región Ica solo tiene Reservas Nacionales; por lo que, existe la posibilidad de que se desarrollen proyectos dentro o en intersección con estas, por tal razón esta variable será de ponderación y no de exclusión.

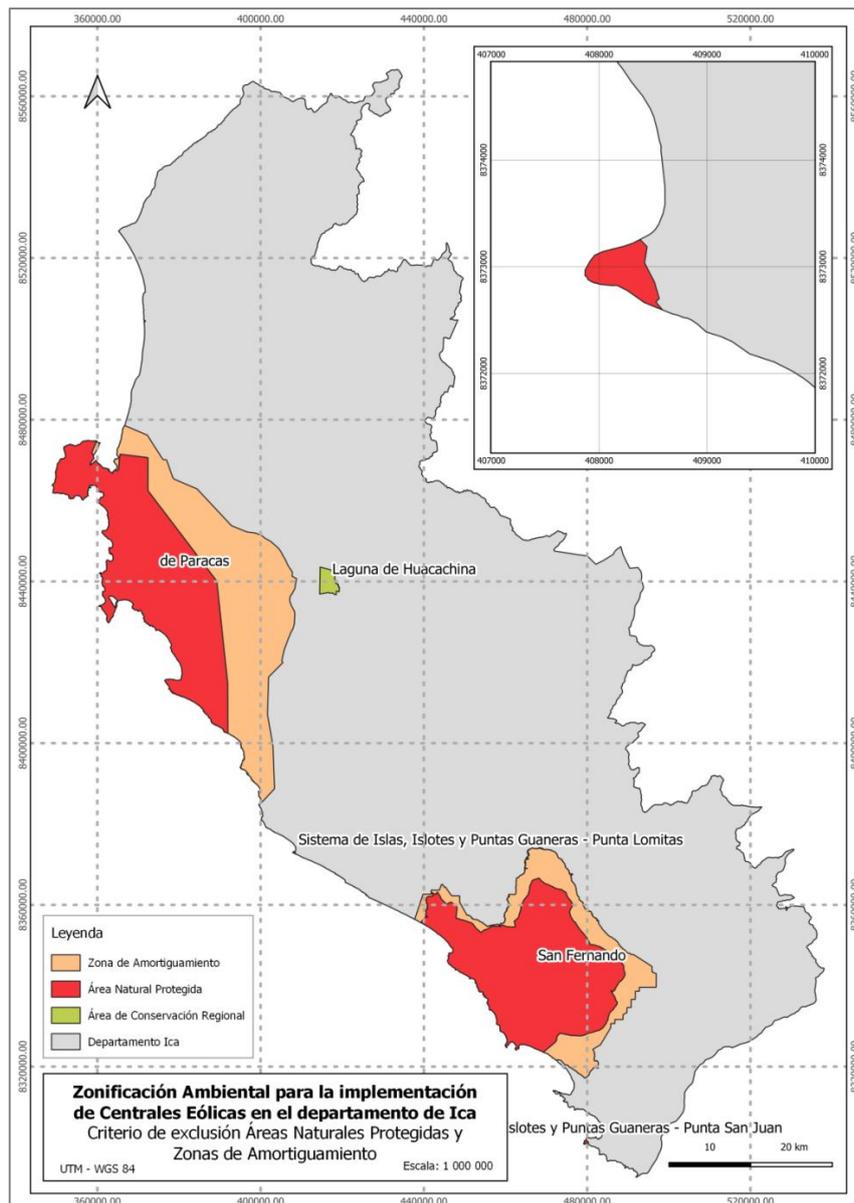


Figura 29. Mapa de exclusión y ponderación ANP y zonas de amortiguamiento
Nota: Con base al Geoportal del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado.

3.1.2.4. Ecosistema Frágil:

Por su riqueza y los servicios que ofrecen al medio ambiente, los ecosistemas frágiles son lugares de gran importancia para la conservación. Estos son inestables frente a las actividades antropogénicas debido a su limitada resiliencia, o incapacidad para recuperar sus circunstancias anteriores. establecidos en la Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre.

La región Ica posee dos Ecosistemas frágiles las Lomas Costeras de Amará y Marcona ambas reconocidas por el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre a través de la R.D.E. N°153-2018-MINAGRI-SERFOR-DE.



Figura 30. Mapa de ponderación de Ecosistemas Frágiles
Nota: Con base al Geoportal de la Infraestructura de Datos Espaciales del Perú.

La casuística indica que existen componentes de proyectos implantados en ecosistemas frágiles, y dicha evaluación es específica y especializada dependiendo el tipo de proyecto, componente, infraestructura y el ecosistema frágil ocupado, en donde se evaluarán interacciones de las especies y corredores ecológicos; por lo tanto, dependiendo del resultado de la evaluación del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre existe la posibilidad de implementar algunos componentes de proyectos en este tipo de áreas, por esa razón esta variable será considerada de ponderación.

3.1.2.5. Áreas de Importancia para Aves (IBA)

Las IBA son lugares prioritarios para la conservación de una o varias especies de aves porque contienen una parte considerable de la población de esas zonas.. Estas áreas no tienen una delimitación oficial por parte del estado peruano; sin embargo, existen organizaciones

especializadas en ornitología como Bird Life International, que tienen áreas georreferenciadas y delimitadas sobre las especies de aves.

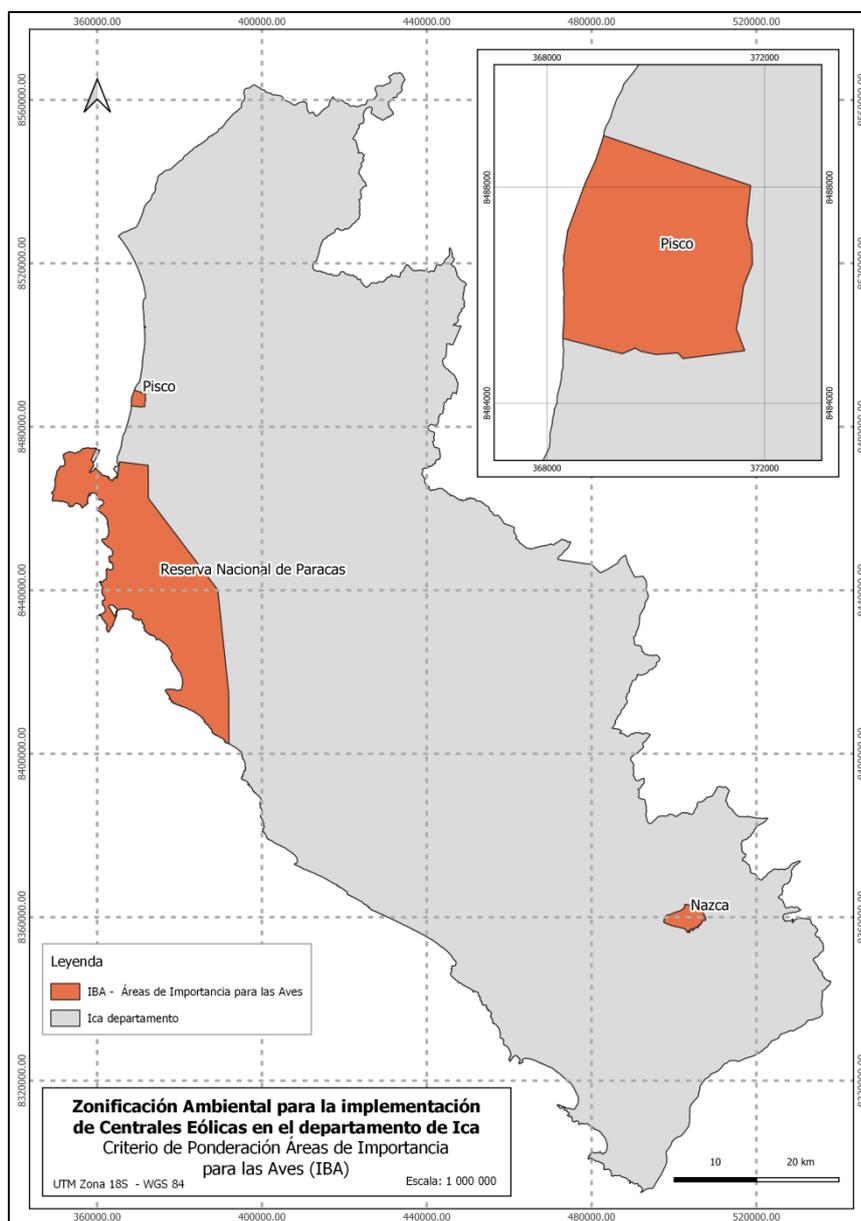


Figura 31. Mapa de ponderación de Áreas de Importancia para Aves (IBA)
Nota: Con base al portal de datos de Bird Life International.

No existen restricciones legales ni técnicas para la ejecución de proyectos en estas áreas por lo que se considerará una variable de ponderación.

3.1.2.6. Áreas Endémicas para Aves (EBA)

De acuerdo con Bird Life International las Áreas Endémicas para Aves (EBA), son áreas de distribución restringida de especies de aves, que ocupan áreas menores de 50000 km²; por lo que, resultan ser vulnerables debido al pequeño rango de área y por consiguiente una pequeña población. Por consiguiente, un cambio en el tamaño de la población tendría un

gran impacto en la capacidad de supervivencia de la especie. como lo indica la Guía de inventario de la fauna silvestre (MINAM, 2015)

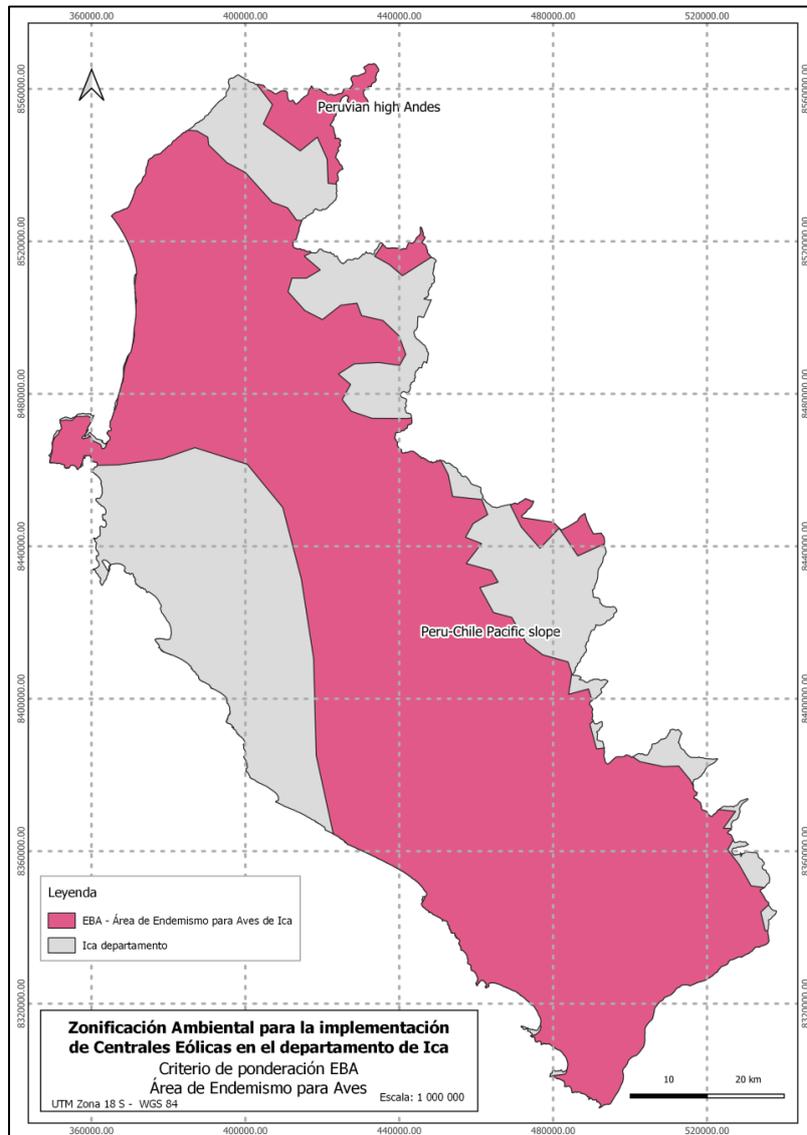


Figura 32. Mapa de ponderación de Áreas de Endemismo para Aves (EBA)
Nota: Con base al portal de datos de Bird Life International.

Las Áreas de Endemismo para Aves clasificadas por The Bird International que se encuentran dentro de la región Ica son las denominadas Peruvian High Andes y Peruvian Chile Pacific Slope. Es necesario mencionar que las áreas de endemismo mostradas en la Figura 32 Mapa de ponderación de Áreas de Endemismo para Aves (EBA) han sido acotadas para la región a la Ica, pues su extensión es mayor pero el análisis realizado tiene de alcance para esta región.

No existen restricciones legales ni técnicas para la ejecución de proyectos en estas áreas por lo que se considerará una variable de ponderación.

De la revisión de la Línea Base Biológica presentada en los Instrumentos de Gestión Ambiental de Proyecto Eólicos de la región Ica se ha recopilado las especies de avifauna que se identificaron en las salidas de campo los mismo que se detallan en el Anexo 1 Listado de especies de aves por estudio. En ese sentido se detalla en la Tabla 13 las especies presentes en las áreas de influencia de los proyectos.

Tabla 13. Especies de aves presentes en las áreas de influencia de las centrales eólicas en Ica

Nombre Común	Familia	Especie	IUCN	CITES	Convention on Migratory Species (CMS)
Caracara	Falconidae	Phalcoboenus Megalopturus sp.	LC	II	II
Chorlo de campo	Charadriidae	Oreopholus ruficolis	LC	-	II
Agachona chica	Thinocoridae	Thinocorus rumicivorus	LC	-	II
Tortolita peruana	Columbidae	Collumbina cruziana	LC	-	-
Lechuza de los arenales	Strigidae	Athene Culinaria	LC	II	-
Minero Común	Fumariidae	Geosita cunilaria	LC	-	-
Dormilona de cola corta	Tyrannidae	Muscigralla brevicauda	LC	-	-
Fringilo de cola bandeada	Emberizidae	Phrygilus alaudinus	LC	-	-
Tórtola Melódica	Columbidae	Tórtola melódica	-	-	-
Ostrero Americano	Haematopodidae	Haematopus palliatus	-	-	-
Ostrero Negruzco	Haematopodidae	Haematopus ater	-	-	-
Playero arenero	Scolopacidae	Calidris alba	-	-	II
Playero coleador	Scolopacidae	Actitis macularius	-	-	II
Gaviota peruana	Scolopacidae	Actitis macularius	-	-	II
Gaviotin real	Laridae	Thalasseus maximus	-	-	II
Cormoran americano	Phalacrocoracidae	Phalacrocorax brasilianus	-	-	-
Pelicano peruano	Pelecanidae	Pelecanus thagus	NT	-	-
Garilita blanca	Ardidae	Egretta thula	-	-	-
Gallinazo de cabeza roja	Cathartidae	Cathartes aura	LC	-	-
Minero peruano	Fumariidae	Geositta peruviana	LC	-	-
Churrete marisquero	Fumariidae	Cinclodes taczanowskit	-	-	-
Golondrina azul y blanca	Hirundinidae	Pygochelidon cyanoleuca	-	-	-
Chotacabra menor	Caprimulgidae	Chordeiles acutipennis	LC	-	-
Pampero común	Fumariidae	Geositta cunicularia	-	-	-
Caracara Cordillerano	Falconidae	Phalcoboenus megalopterus	-	-	-
Alcaraván huerequeque	Burhinidae	Burhinus superciliaris	LC	-	-

Nota: Basado en los Estudios de Impacto Ambiental aprobados mediante RD N° 183-2011-MEM-AAE, RD N° 251-2013-MEM-AAE, RD N° 048-2015-MEM-AAE, RD N° 0178-2020/MEM-DGAAE, RD N° 0101-2020/MEM-DGAAE, RD N° 0110-2020/MEM-DGAAE, RD N° 181-2017-MEM-AAE, RD N° 0023-2022/MEM-DGAAE, RD N° 245-2014-MEM-AAE y RD N° 0181-2022/MEM-DGAAE.

Podemos ver que hay especies de aves que de acuerdo a Convention on Migratory Species (CMS) están en el apéndice II de la lista de esta Convención, en este apéndice se encuentran especies migratorias para las cuales es desfavorable su estado de conservación y para las que

deben alcanzarse acuerdos internacionales con el fin de protegerlas, cuidarlas y utilizarlas; así como aquellas que si se diese la cooperación por un acuerdo internacional se beneficiaría significativamente su estado de conservación.

3.1.2.7. Áreas de actividad minera

En la región de Ica existen áreas destinadas a la explotación y beneficio de los minerales, las actividades mineras se encuentran distribuidas a lo largo de la región. Se considera a esta variable como una actividad de exclusión porque las áreas ocupadas no podrán ser ocupadas por otra actividad.

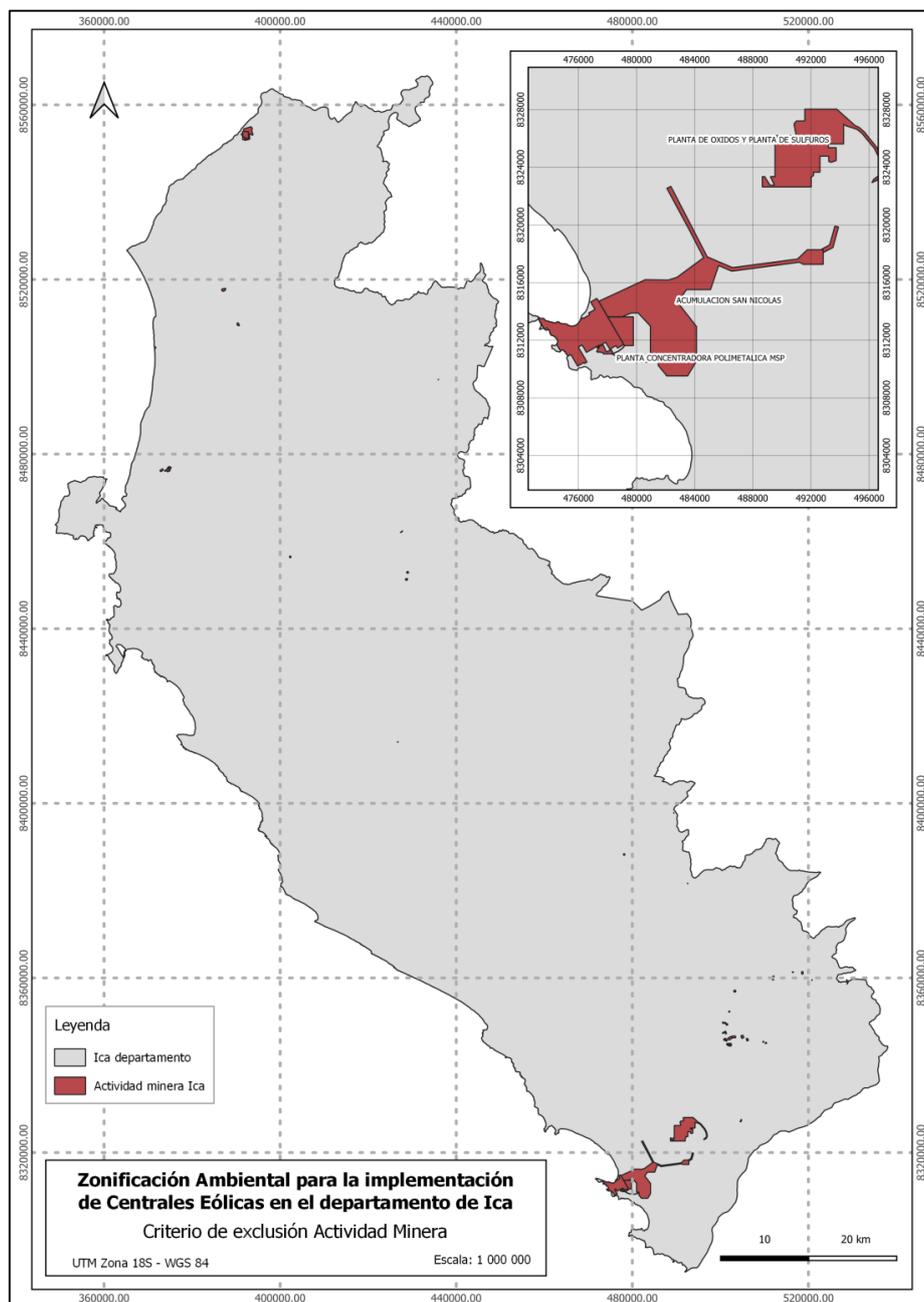


Figura 33. Mapa de Actividades Mineras

Nota: Con base a los datos del portal Geocatmin del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.

3.1.2.8. Capacidad de uso mayor de suelo

Es la aptitud natural de un área para producir en manera continua, aplicando tratamientos continuos y usos específicos. el lenguaje científico de los levantamientos de suelos tiene un lenguaje interpretativo que permite traducirlo a un lenguaje práctico. Con la finalidad de establecer los distintos grupos, clases y subclases se considera características edáficas tales como pendiente, textura, erosión, fertilidad natural entre otros, asimismo se considera características climáticas y meteorológicas.

Es necesario precisar que la región Ica no cuenta con una Zonificación Ecológica y Económica aprobada además tampoco existe una clasificación de Capacidad de Uso Mayor de Suelo elaborado por el MINAM; por lo que, se está considerando clasificación desarrollada por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN).

En la Tabla 14, se encuentran todos los tipos de capacidad de uso mayor determinados en la región Ica.

Tabla 14. Capacidad de Uso Mayor de Suelos en la región Ica

Símbolo	Característica
X - C1s (r)	Asociación de Protección Cultivo Permanente. Limitación suelo-necesidad de riego. Calidad agrológica alta
X - P2e - A2sc	Asociación de protección de pastos, cultivo en limpio. Limitación suelo-clima. Calidad agrológica media
X - P2e	Asociación de protección de pastos. Limitada erosión. Calidad agrológica media
X - P3c (T)	Asociación de protección forestal. Limitación clima-pastos temporales. Calidad agrológica baja
C1s (r)	Tierra apta para cultivo permanente, limitación suelo-necesidad de riego. Calidad agrológica alta
P31	Tierra apta para pastos, limitación salinidad. Calidad agrológica baja
F3c - P2e - X	Tierra apta para producción forestal, limitación clima. Calidad agrológica baja - Tierras de Protección
X	Tierra de Protección
A1 (r)	Tierras aptas para cultivo en limpio (intensivo-arable), Limitación necesidad de riego. Calidad agrológica alta
A2s (r) - C15 (r)	Tierras aptas para cultivo en limpio (intensivo-arable), Limitación suelo-necesidad de riego. Calidad agrológica alta
A2s (r) - X	Tierras aptas para cultivo en limpio (intensivo-arable), Limitación suelo-necesidad de riego. Calidad agrológica media - Tierra de protección

Nota: Con base a los datos de la ONERN 1985.

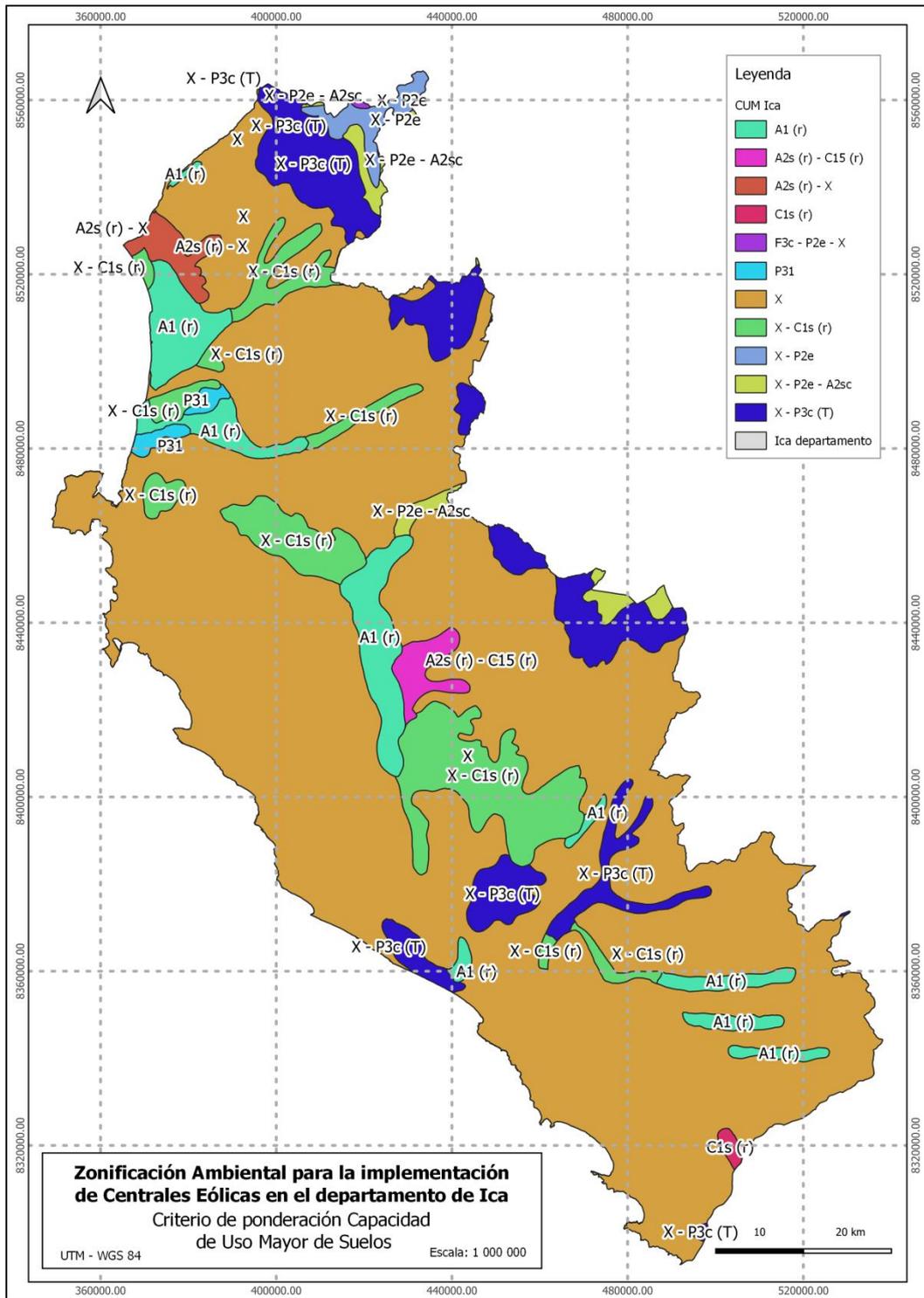


Figura 34. Mapa de Capacidad de Uso Mayor de Suelos en la región Ica
 Nota: Con base a los datos de la ONERN, 1985.

Con la finalidad de simplificar la zonificación para que resulte práctica para su clasificación, se ha agrupado las clases de CUM de la siguiente manera

Tabla 15. Clasificación simplificada de CUM

Grupos	Símbolo	Característica
Grupo 1	A1 (r)	Tierras aptas para cultivo en limpio (intensivo-arable), Limitación necesidad de riego. Calidad agrológica alta
	A2s (r) - C15 (r)	Tierras aptas para cultivo en limpio (intensivo-arable), Limitación suelo-necesidad de riego. Calidad agrológica alta
	A2s (r) - X	Tierras aptas para cultivo en limpio (intensivo-arable), Limitación suelo-necesidad de riego. Calidad agrológica media - Tierra de protección
	C1s (r)	Tierra apta para cultivo permanente, limitación suelo-necesidad de riego. Calidad agrológica alta
	X - C1s (r)	Asociación de Protección Cultivo Permanente. Limitación suelo-necesidad de riego. Calidad agrológica alta
Grupo 2	X - P2e - A2sc	Asociación de protección de pastos, cultivo en limpio. Limitación suelo-clima. Calidad agrológica media
	X - P2e	Asociación de protección de pastos. Limitada erosión. Calidad agrológica media
	X - P3c (T)	Asociación de protección forestal. Limitación clima-pastos temporales. Calidad agrológica baja
Grupo 3	P31	Tierra apta para pastos, limitación salinidad. Calidad agrológica baja
	F3c - P2e - X	Tierra apta para producción forestal, limitación clima. Calidad agrológica baja - Tierras de Protección
Grupo 4	X	Tierra de Protección

Nota: Basado en las características definidas en el Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor.

De acuerdo a las características definidas en el Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, se ha agrupado todos los CUM de Ica en cuatro (4) grupos, agrupando aquellos que tienen características similares, por ejemplo la capacidad agrológica, las cuales los hacen más propicios para realizar otro tipo de actividades como cultivos en limpio, permanentes o pastos.

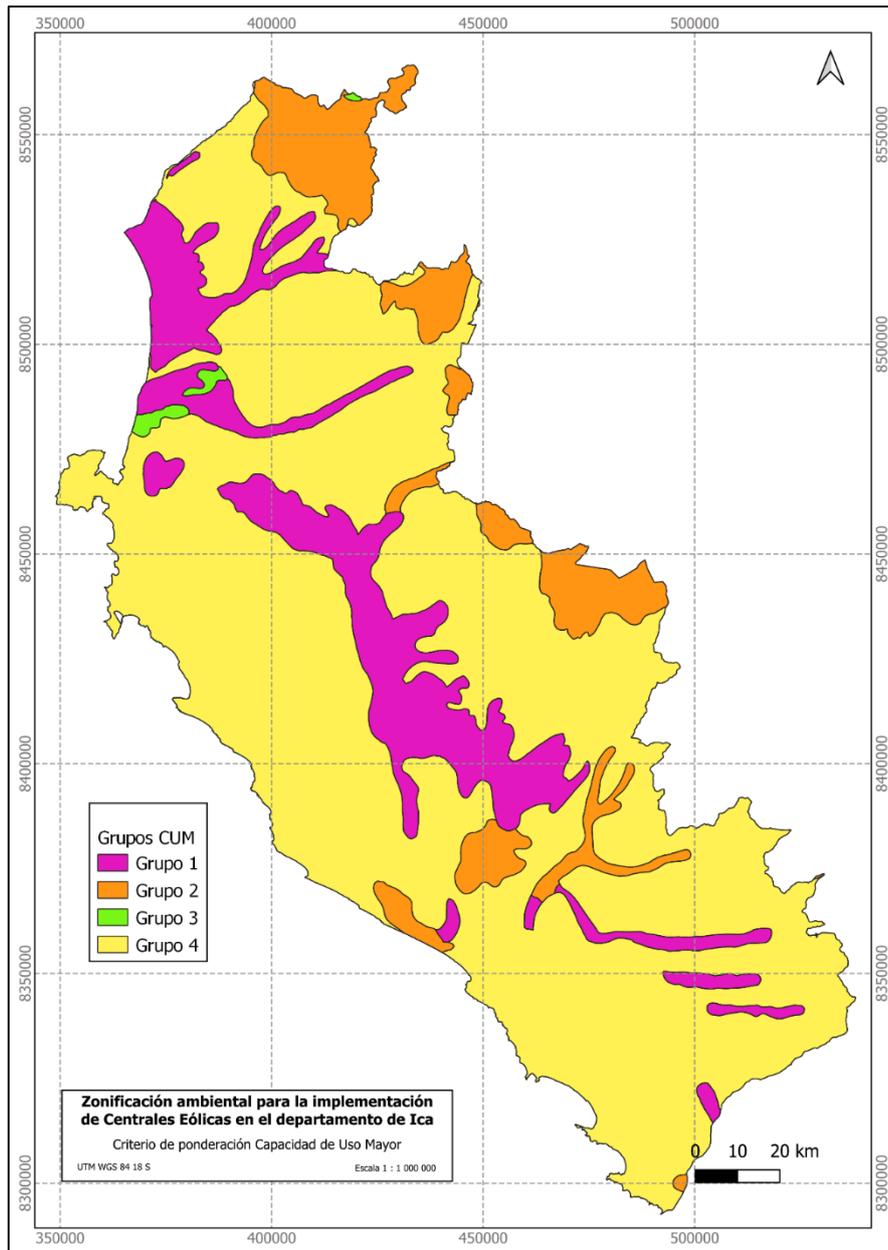


Figura 35. Agupación de la Capacidad de Uso Mayor de Suelos en la región Ica

Al existir la posibilidad de implantar un proyecto eólico en un área con cualquier tipo de CUM justificándolo técnicamente, se lo está considerando como una variable ponderada.

3.1.2.9. Visibilidad

La visibilidad como indicador de paisaje representa una variable de ponderación, desde perspectiva antropocéntrica, que considera la perspectiva y ubicación del receptor de información visual. Considerando que se tomará la posibilidad de que el receptor pueda visualizar los aerogeneradores se utilizará como distancia a la que se puede ver el horizonte un valor de 5km como máximo, asimismo una altura de los aerogeneradores de 80 m y la

ubicación de los posibles receptores en todos los centros poblados de la región Ica, esta información ha sido tomada del Shapefile de centros poblados del INEI, y se está considerando vectores puntuales porque es la información oficial con la que se cuenta.

Adicionalmente se ha utilizado archivos RASTER-DEM del MINAM para determinar la topografía del terreno que también va a influir en las cuencas visuales calculadas. Las áreas que se calculen tendrán un valor de ponderación pues generarían impactos visuales sobre la población receptora.

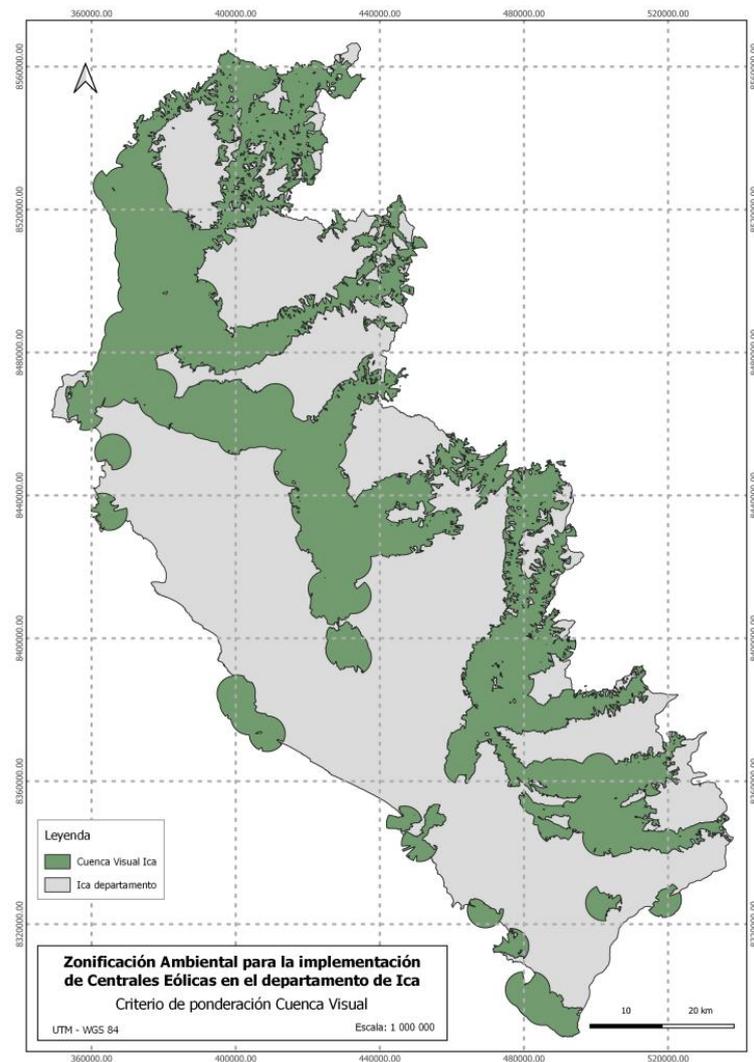


Figura 36. Mapa de Cuenca visual en la región Ica
Nota: Con base a los datos de la INEI.

En ese sentido, las áreas de visibilidad calculadas y que se muestran en la Figura 36 en un color verde indican que ese es el límite hasta donde podrán ser visualizados los aerogeneradores; no obstante estos podrían ubicarse dentro de la zona de visibilidad; por lo tanto, esta variable será considerada de ponderación.

3.1.2.10. Velocidad del viento

Una variable de exclusión importante es la referida a la velocidad del viento (m/s), pues esta característica definirá que áreas son óptimas para la implantación de proyectos eólicos, por lo tanto, definirá que área tiene potencia eólica aprovechable. Se obtiene a partir del sistema de análisis numérico Weather Research and Forecasting (WRF) para distintas alturas; sin embargo, para el análisis se considerará la altura de 100 m. pues es la altura más cercana al buje del aerogenerador.

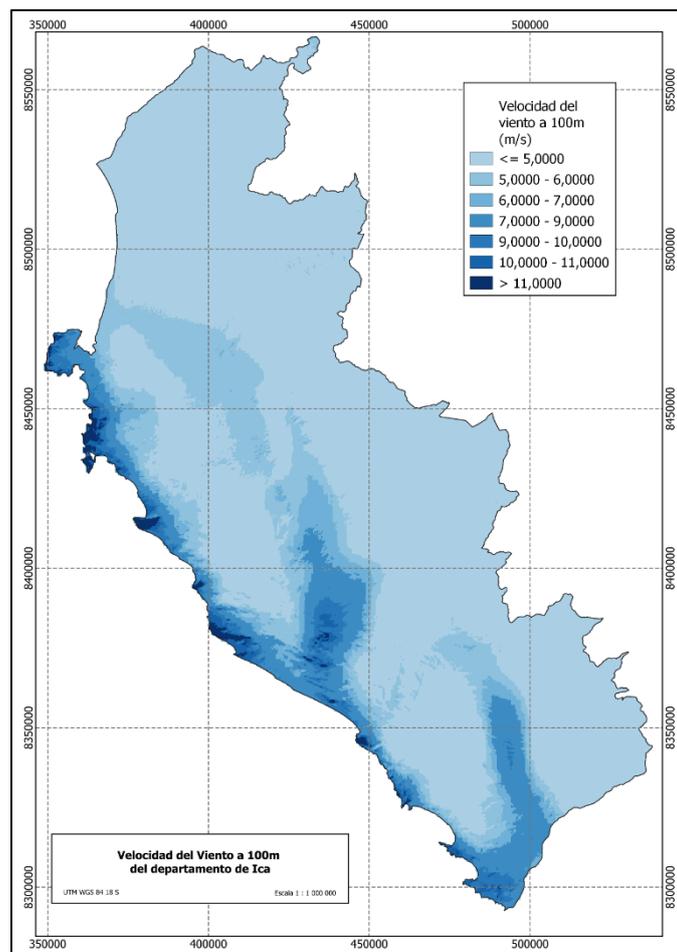


Figura 37. Velocidad del viento a 100m en la región Ica
Nota: Con base a los datos del Gloal Wind Atlas.

Si bien es cierto existen aerogeneradores que funcionan con una velocidad de viento desde los 3.5 m/s, la velocidad óptima mínima para la ejecución de los proyectos a gran escala tiene que ser superior a 7 m/s, es por este motivo que se dividirá la región Ica en dos áreas, una con valores de velocidad de viento menores a 7 m/s y la otra con valores mayores 7m/s.

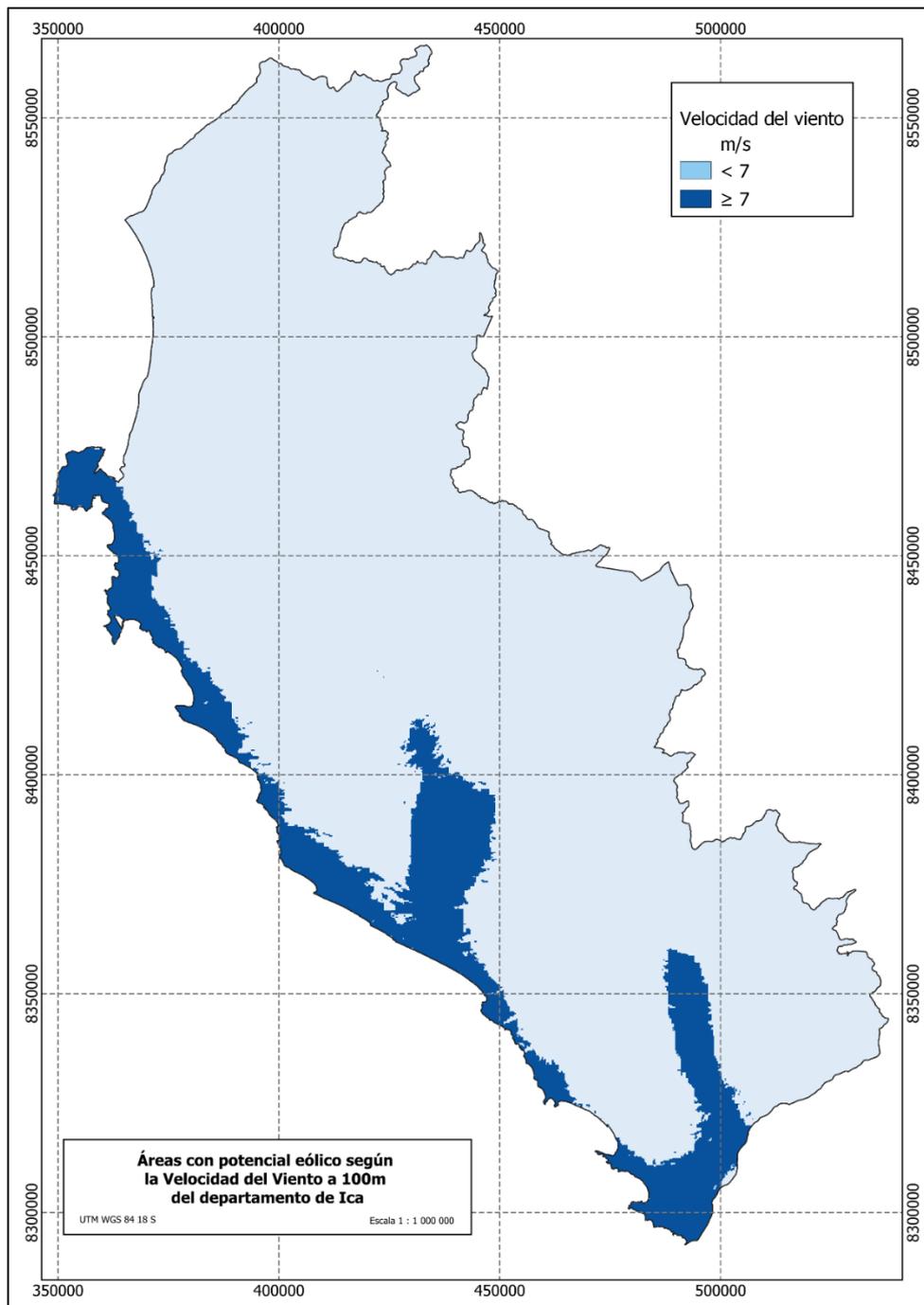


Figura 38. Clasificación según la velocidad del viento

3.1.2.11. Densidad de potencia del viento

Una variable de exclusión importante es la referida a la densidad de potencia del viento la cual está definida como la potencia eólica aprovechable por unidad de área (m²) y se calcula según la expresión:

$$\rho = \frac{B}{R_0 * T}$$

Donde

B : es la presión atmosférica [Pa];

T : es la temperatura absoluta [K];

R_0 : es la constante de los gases en el aire seco [287.05 J/kg·K];

Tabla 16. Densidad de potencia de viento

Clase de potencia de viento	Clasificación del potencial del recurso	Densidad de potencia (W/m ²)
1	Pobre	0-200
2	Escaso	200-300
3	Moderado	300-400
4	Bueno	400-500
5	Excelente 1	500-600
6	Excelente 2	600-800
7	Excelente 3	>800

FUENTE: Información tomada del Atlas Eólico del Perú, Ministerio de Energía y Minas, 2016.(p. 68)

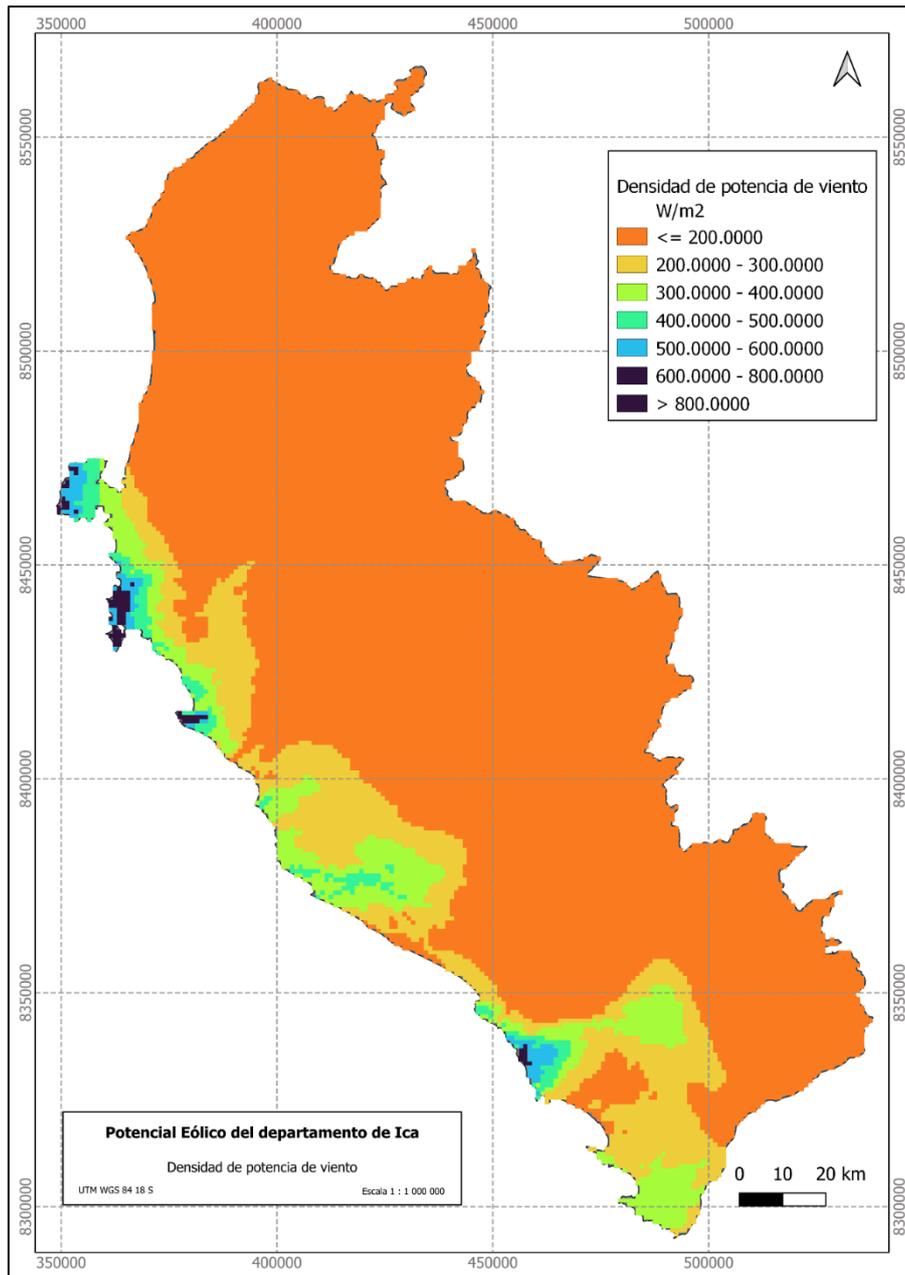


Figura 39. Mapa de Densidad de potencia de viento
Nota: Con base a los datos del Atlas Eólico del Perú.

Sin embargo, se conoce que la densidad de potencia debe ser como mínimo de 200 W/m² para que sea rentable la implementación de una central eólica.

Por lo tanto, para una mejor clasificación de las zonas donde sería rentable ejecutar los proyectos eólicos se tiene a dividido en zonas, zonas rentables para la ejecución de proyectos en donde la densidad de potencia es mayor a 200 W/m² y zonas no rentables tal como indica la figura 40.

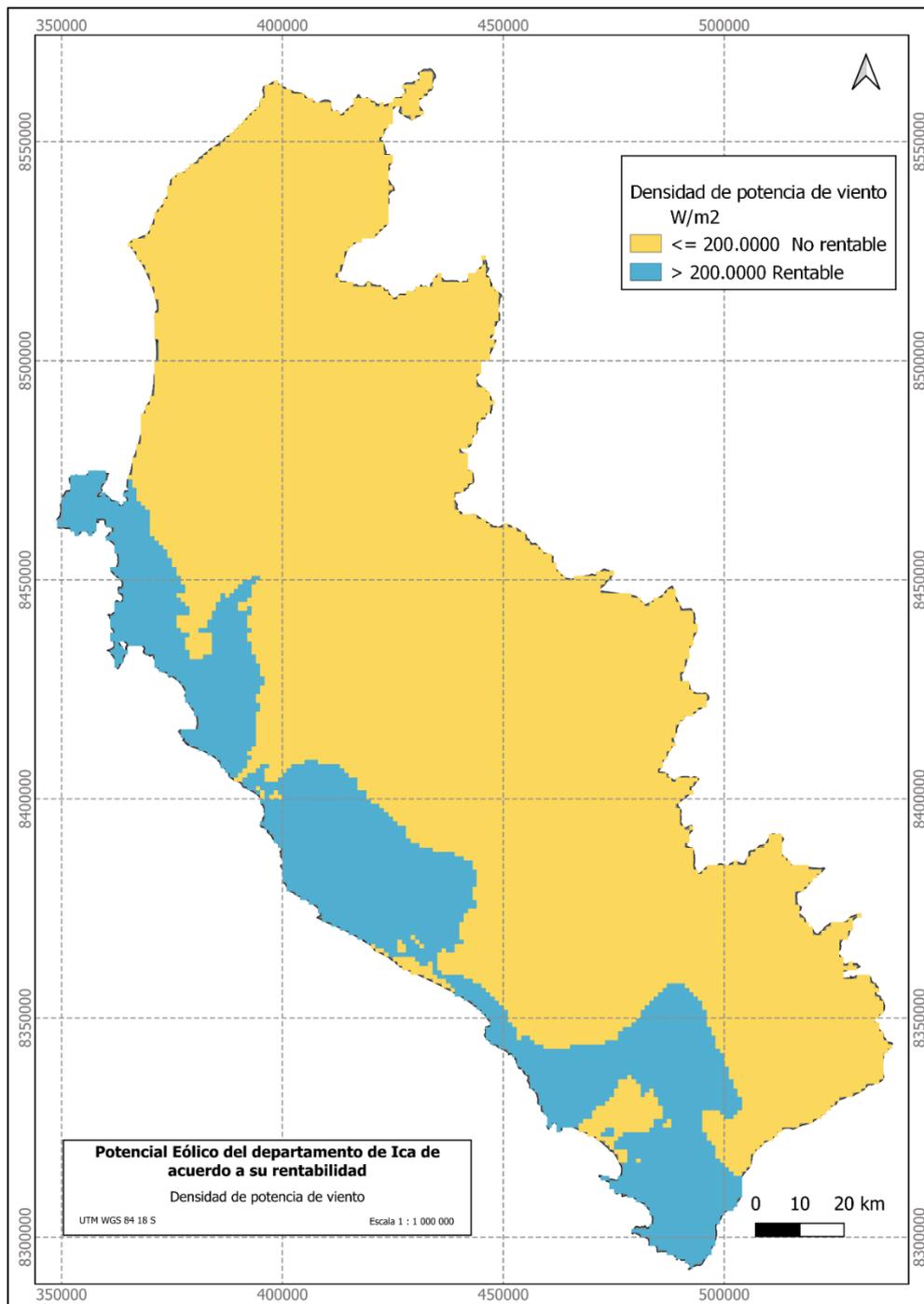


Figura 40. Clasificación según la densidad de potencia de viento

Por lo tanto, el área con mayor potencial para proponer proyectos eólicos será la que resulta de trasladar el área cuyo viento tiene una densidad de potencia mayor a 200 W/m² y el área con una velocidad de viento mayor a 7 m/s.

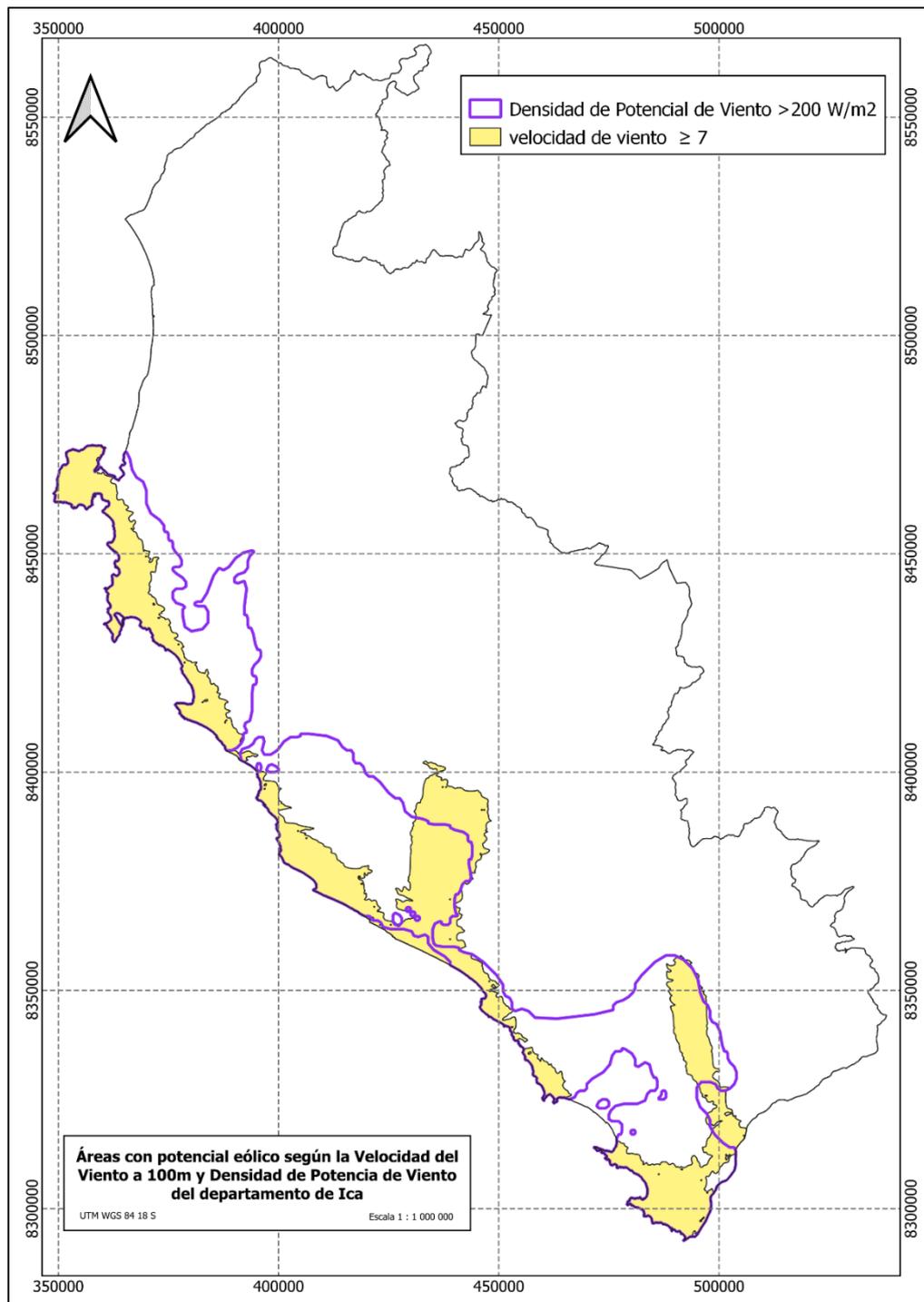


Figura 41. Velocidad y densidad de potencia del viento

Por lo tanto, de la intersección de las áreas cuya velocidad de viento y densidad de potencia son óptimas se obtuvo las áreas con potencial eólico donde se desarrollarán los proyectos, tal como se indica en la Figura 42.

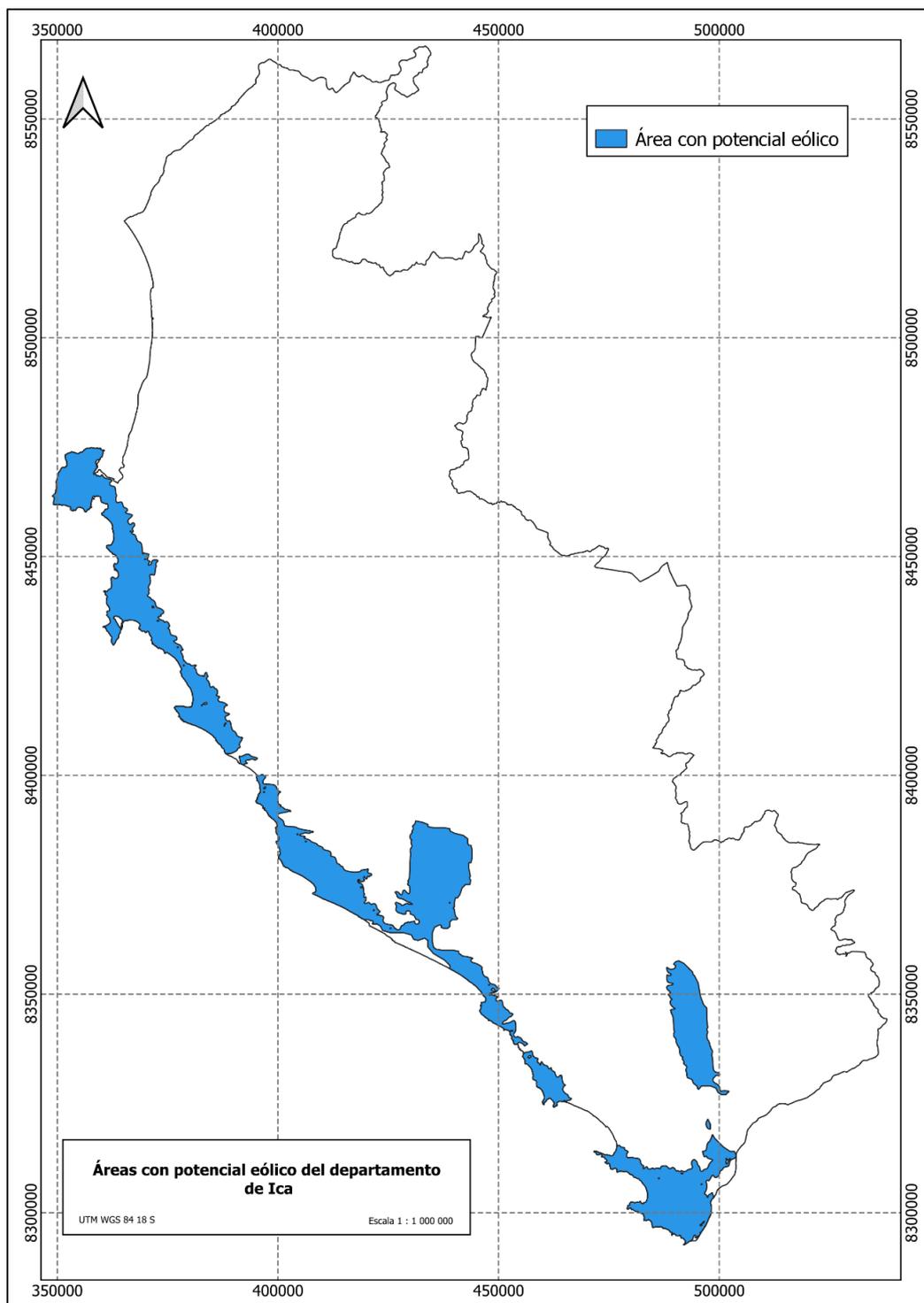


Figura 42. Áreas con potencial eólico

3.1.2.12. Ruido ambiental

El Ruido Ambiental es una variable que no ha sido considerada dentro del análisis para la zonificación ambiental, el motivo es porque el Estándar de Calidad Ambiental (en adelante ECA) de Ruido de nuestra legislación indica lo siguiente:

“Artículo 4.- De los Estándares Primarios de Calidad Ambiental para Ruido

Los Estándares Primarios de Calidad Ambiental (ECA) para Ruido establecen los niveles máximos de ruido en el ambiente que no deben excederse para proteger la salud humana.

(...)”

Asimismo la NTP-ISO 1996-1 Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Índices básicos y procedimiento de evaluación, norma técnica sobre la que se basó los ECA para Ruido establece lo siguiente:

“Los límites para ruido son fijados por las autoridades responsables sobre la base del conocimiento de los efectos del ruido en la salud y bienestar humanos (...)”

Por lo tanto, este estándar de calidad ha sido generado considerando los límites y daños al oído humano, más no al oído de otro tipo de especies, incluyendo la ornitofauna; por lo que, al considerar esta variable no se delimitaría correctamente las zonas en las cuales las aves pudieran sufrir algún tipo de daño acústico. Asimismo no existe un consenso científico sobre cuáles son los límites del ruido ambiental y cuales son sus consecuencias sobre la ornitofauna.

Por otro lado, en la etapa operativa los aerogeneradores generan un ruido pero no suele ser un impacto significativo; por lo que, considerando estos argumentos a fin de que la zonificación no subvalore o sobrevalore dicha variable y en consecuencia pueda alterar de manera significativa la zonificación se ha considerado; por el momento, descartar al ruido ambiental como variable dentro de este estudio.

3.1.3. Cálculo del índice de sensibilidad

La finalidad es obtener un mapa que zonifique la sensibilidad ambiental que compile y valore en un solo índice todas las variables anteriormente mencionadas.

Para poder calcular este índice se utilizará álgebra de mapas, utilizando las capas cartográficas de las variables mencionadas en formato raster, esta técnica ya ha sido utilizada en la zonificación ambiental de Estados Unidos y España. La metodología empleada será de combinación lineal ponderada sin estandarización, que consiste en sumar las variables previamente multiplicadas por su valor de ponderación, de esta manera se obtendrá el índice de sensibilidad ambiental.

Para las zonas excluidas se les dará un valor de cero, zonas de máxima sensibilidad ambiental y por lo tanto excluida para la ubicación de centrales de generación eólica. Las demás áreas

tendrán una escala numérica inversa respecto a su grado de sensibilidad es decir, los valores bajos representan sensibilidad altas y los valores altos sensibilidades bajas.

El indicador será calculado de la siguiente manera:

$$\text{Indice de Sensibilidad Ambiental}_i(\text{ISA}) = \left(1 - \left(\sum_{i=1}^n \text{indicador de importancia}_i \text{ peso}_i \right) \right) \prod \text{exclusión}_i$$

Respecto al cálculo de los pesos de ponderación existen numerosos metodologías; sin embargo, se ha considerado la utilizada en la zonificación ambiental de España, debido a la similitud de variables utilizadas y la finalidad de zonificación. Por lo tanto, el método utilizado será la matriz de comparación por pares propuesto por Saaty en 1988.

La forma de calcularán será creando una matriz que contenga filas y columnas con las variables a ponderar, se considerarán las variables que no son excluyentes.

El análisis empieza con la matriz de pares de indicadores como se muestra en la Figura 43. Matriz de pares de indicadores, para nuestro análisis se han considerado los variables de Áreas Naturales Protegidas, Ecosistemas Frágiles, Áreas de Importancia para las Aves, Áreas Endémicas para aves, Capacidad de Uso Mayor y Visibilidad.

Variables	Área Naturales Protegidas y Zonas de amortiguamiento	Ecosistemas Frágiles	Áreas de Importancia para Aves (IBA)	Áreas Endémicas para Aves (EBA)	Capacidad de uso mayor	Visibilidad
Área Naturales Protegidas y Zonas de amortiguamiento						
Ecosistemas Frágiles						
Áreas de Importancia para Aves (IBA)						
Áreas Endémicas para Aves (EBA)						
Capacidad de uso mayor						
Visibilidad						

Figura 43. Matriz de pares de indicadores

Los valores que se llenarán en la matriz estarán dentro del rango de 1 al 9, el valor de 1 indica que las dos variables tienen el mismo nivel de importancia mientras que el valor de 9 indica que una variable tiene importancia extrema respecto del otro.

Tabla 17: Grados de importancia de la matriz de Saaty

Valor	Grado de importancia
1	Importancia igual
3	Importancia moderada
5	Importancia fuerte
7	Importancia muy fuerte
9	Importancia extrema

Nota: Los valores 2, 4, 6 y 8 son valores intermedios.

La valoración que se a dado a las variables es producto de la casuística en la evaluación de Instrumentos de Gestión Ambiental de proyectos eólicos, en base a la casuística evaluada se propuso los siguientes valores:

Tabla 18: Matriz de comparación por pares para energía eólica

Variables	Área Naturales Protegidas y Zonas de amortiguamiento	Ecosistemas Frágiles	Áreas de Importancia para Aves (IBA)	Áreas Endémicas para Aves (EBA)	Capacidad de uso mayor	Visibilidad
Área Naturales Protegidas y Zonas de amortiguamiento	1	1	1/2	3	6	8
Ecosistemas Frágiles	1	1	1/3	2	6	8
Áreas de Importancia para Aves (IBA)	2	3	1	3	7	9
Áreas Endémicas para Aves (EBA)	1/3	1/2	1/3	1	5	6
Capacidad de uso mayor	1/6	1/6	1/7	1/5	1	2
Visibilidad	1/8	1/8	1/9	1/6	1/2	1
Sumatorio de normalización	4,63	5,79	2,42	9,37	25,50	34,00

Luego de establecer los valores par a par de las variables, se procede a normalizar todos los valores de la matriz de forma que los valores de cada columna den una sumatoria igual a 1, para obtener este resultado se suma los valores establecidos par a par de cada columna y el valor de cada casilla es dividido por esta suma.

Es decir tendremos lo siguiente para la fila de Áreas Naturales Protegidas y Zonas de amortiguamiento:

Columna Áreas Naturales Protegidas y Zonas de amortiguamiento: $1 \div 4.63 = 0.216$

Columna Ecosistema Frágil: $1 \div 5.79 = 0.173$

Columna Área de Importancia para las Aves: $1/2 \div 2.42 = 0.207$

Columna Área Endémicas para las Aves: $3 \div 9.37 = 0.320$

Columna Capacidad de Uso Mayor: $6 \div 25.50 = 0.235$

Columna Visibilidad: $8 \div 34.00 = 0.235$

Tabla 19. Matriz de comparación por pares para energía eólica normalizada

Variables	Área Naturales Protegidas y Zonas de amortiguamiento	Ecosistemas Frágiles	Áreas de Importancia para Aves (IBA)	Áreas Endémicas para Aves (EBA)	Capacidad de uso mayor	Visibilidad
Área Naturales Protegidas y Zonas de amortiguamiento	0,216	0,173	0,207	0,320	0,235	0,235
Ecosistemas Frágiles	0,216	0,173	0,138	0,214	0,235	0,235
Áreas de Importancia para Aves (IBA)	0,432	0,518	0,413	0,320	0,275	0,265
Áreas Endémicas para Aves (EBA)	0,072	0,086	0,138	0,107	0,196	0,176
Capacidad de uso mayor	0,036	0,029	0,059	0,021	0,039	0,059
Visibilidad	0,027	0,022	0,046	0,018	0,020	0,029
Sumatorio de normalización	1	1	1	1	1	1

Luego se suma los valores de cada fila, por ejemplo

$$0.216+0.173+0.207+0.320+0.235+0.235 = 1.386,$$

como se muestra a continuación.

Tabla 20: Sumatoria Matriz de comparación por pares para energía eólica normalizada

Variables	Área Naturales Protegidas y Zonas de amortiguamiento	Ecosistemas Frágiles	Áreas de Importancia para Aves (IBA)	Áreas Endémicas para Aves (EBA)	Capacidad de uso mayor	Visibilidad	Sumatoria
Área Naturales Protegidas y Zonas de amortiguamiento	0,216	0,173	0,207	0,320	0,235	0,235	1,386
Ecosistemas Frágiles	0,216	0,173	0,138	0,214	0,235	0,235	1,211
Áreas de Importancia para Aves (IBA)	0,432	0,518	0,413	0,320	0,275	0,265	2,223
Áreas Endémicas para Aves (EBA)	0,072	0,086	0,138	0,107	0,196	0,176	0,775
Capacidad de uso mayor	0,036	0,029	0,059	0,021	0,039	0,059	0,243
Visibilidad	0,027	0,022	0,046	0,018	0,020	0,029	0,161
Sumatorio de normalización	1	1	1	1	1	1	6

Luego se normaliza los valores obtenidos en la columna “Sumatoria” de manera que los valores den una sumatoria de 1, para poder obtener una ponderación.

$$(0.216+0.173+0.207+0.320+0.235+0.235)/6 = 0.231$$

Tabla 21. Ponderación Matriz de comparación por pares para energía eólica normalizada

Variables	Área Naturales Protegidas y Zonas de amortiguamiento	Ecosistemas Frágiles	Áreas de Importancia para Aves (IBA)	Áreas Endémicas para Aves (EBA)	Capacidad de uso mayor	Visibilidad	Ponderación
Área Naturales Protegidas y Zonas de amortiguamiento	0,216	0,173	0,207	0,320	0,235	0,235	0,231
Ecosistemas Frágiles	0,216	0,173	0,138	0,214	0,235	0,235	0,202
Áreas de Importancia para Aves (IBA)	0,432	0,518	0,413	0,320	0,275	0,265	0,371
Áreas Endémicas para Aves (EBA)	0,072	0,086	0,138	0,107	0,196	0,176	0,129
Capacidad de uso mayor	0,036	0,029	0,059	0,021	0,039	0,059	0,041
Visibilidad	0,027	0,022	0,046	0,018	0,020	0,029	0,027
Sumatorio de normalización	1	1	1	1	1	1	1

Posteriormente, con la finalidad de verificar que la matriz tenga coherencia matemática, se calculará la consistencia de la matriz ($CR=CI/RI$) para obtener esta coherencia matemática se multiplicará la matriz por la columna de ponderación, por ejemplo

$$(0.216*0.231) + (0.173*0.202) + (0.207*0.371) + \dots + (0.235*0.027) = 1.464$$

Tabla 22: Relación de consistencia de la matriz para energía eólica

Variables	Valor
Área Naturales Protegidas y Zonas de amortiguamiento	1,464
Ecosistemas Frágiles	1,273
Áreas de Importancia para Aves (IBA)	2,351
Áreas Endémicas para Aves (EBA)	0,795
Capacidad de uso mayor	0,245
Visibilidad	0,164
Sumatorio de normalización	6,293

El Índice de Consistencia (CI) y el Índice Aleatorio (RI) se calculan a partir de la cantidad de variables utilizadas, luego el cociente de estos dos índices nos da el Ratio de Consistencia (CR), este ratio debe de tener un valor menor a 0.10 ($CR < 0.10$) para considerar que los valores propuestos en la matriz de comparación por pares para proyectos de generación eólica son suficientemente adecuados.

Tabla 23: Índices de relación de consistencia

$CI = (n_{max} - n) / (n - 1)$	0.054
$RI = 1.98 * (n - 2) / n$	1.320
$CR = CI / RI$	0.041

$$n_{max} = 6.345$$

$$n = 6$$

Por lo tanto, el valor de ponderación para cada una de las variables quedaría como en la Tabla 24 Coeficientes de ponderación, con los cuales se procedió a geoprocesar los raster de los parámetros evaluados.

Tabla 24. Coeficientes de ponderación

Variables	Valor
Área Naturales Protegidas y Zonas de amortiguamiento	0,231
Ecosistemas Frágiles	0,202
Áreas de Importancia para Aves (IBA)	0,371
Áreas Endémicas para Aves (EBA)	0,129
Capacidad de uso mayor	0,041
Visibilidad	0,027
nmax (SUMA)	1,000

3.1.4. Resultados de la zonificación ambiental

Como resultado de la zonificación de sensibilidad ambiental se ha generado áreas cuyos valores de sensibilidad van desde 1 hasta 0.201 como se ve en a Figura 44 Mapa de Sensibilidad ambiental. Se observa que las zonas de color más intenso son aquellas áreas de mayor sensibilidad ambiental cuyo valor valor mínimo calculado es de 0.201 luego de manera escalonada este valor va aumentando hasta llegar a 1 que son aquellas áreas de mínima sensibilidad ambiental para la ejecución de proyectos eólicos.

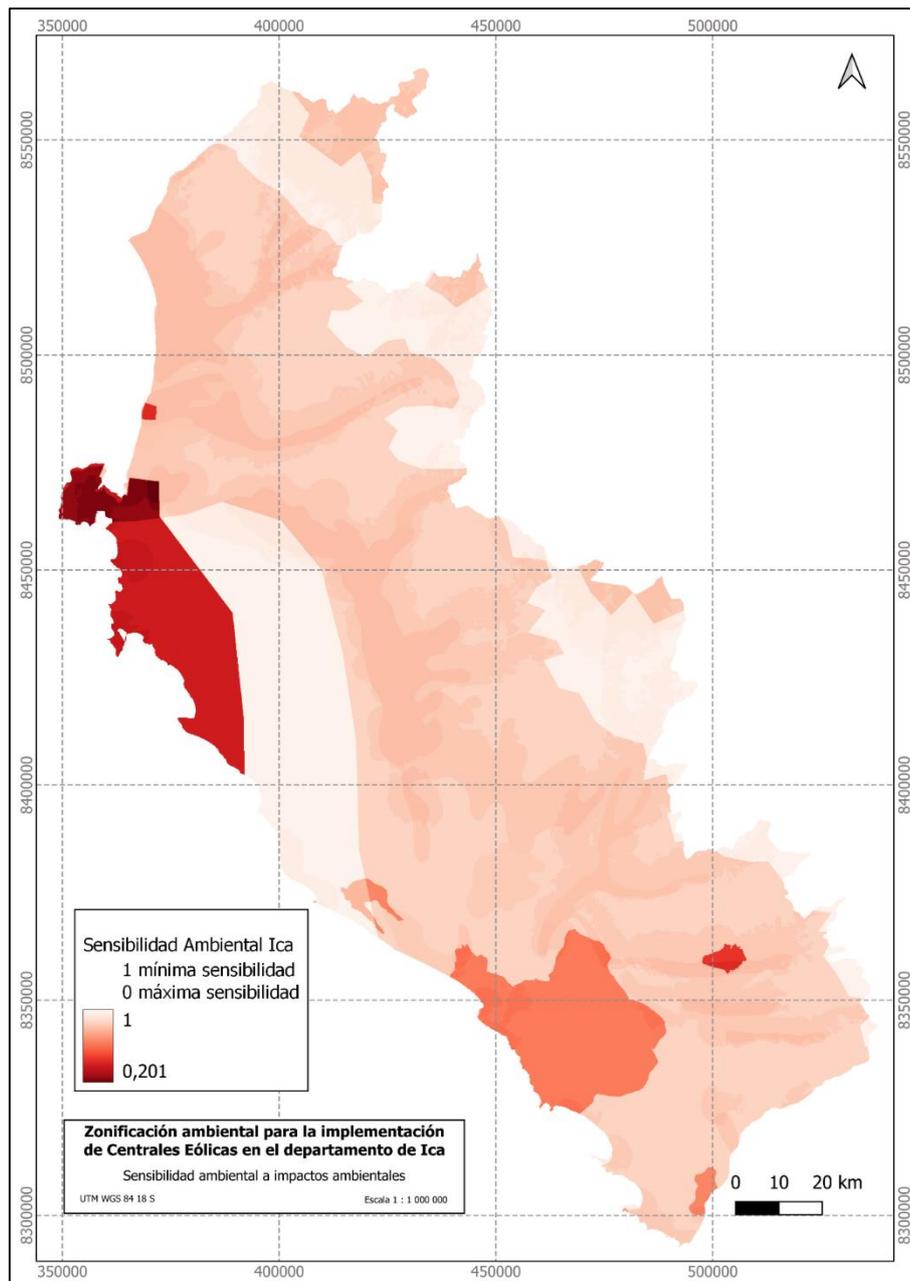


Figura 44. Mapa de Sensibilidad ambiental

Con la finalidad de que la zonificación sea más práctica para realizar el análisis de impactos sinérgicos se ha categorizado las zonas en cuatro (4) tipos los mismos que han sido seccionados de acuerdo a los cortes naturales de Jenks de los valores del raster, este algoritmo agrupa los datos para crear clases de manera que existirá una varianza máxima entre clases individuales y la menor varianza dentro de cada clase.

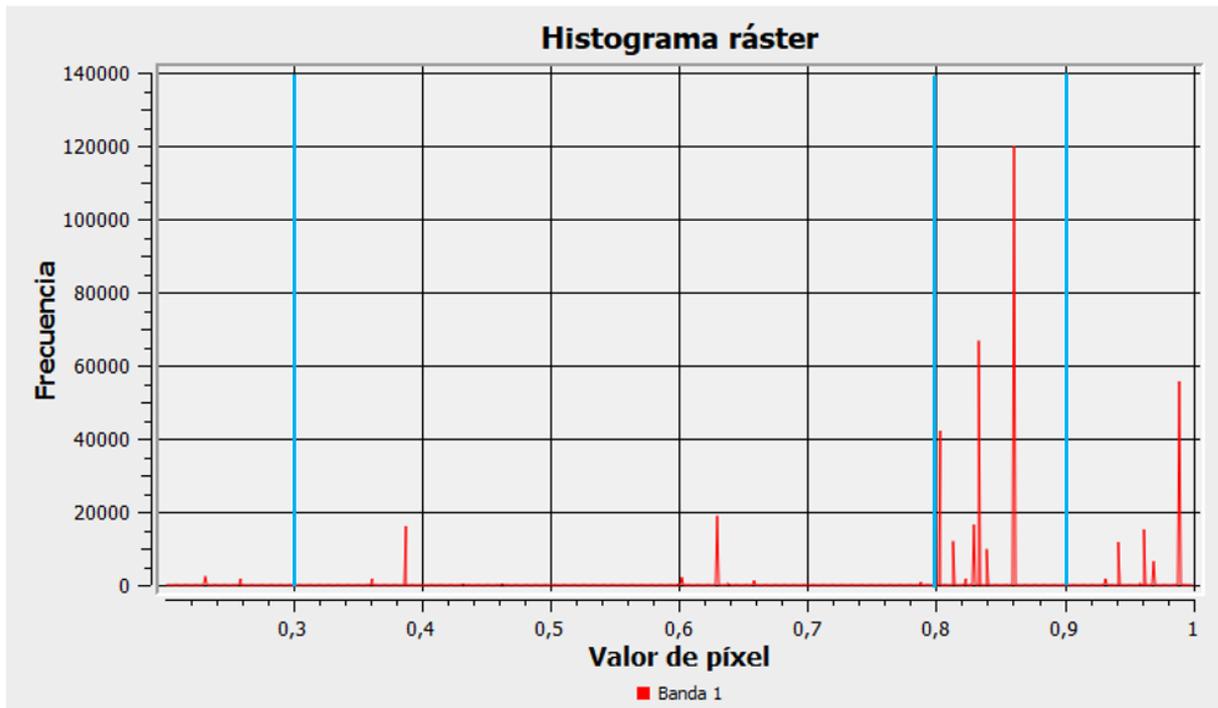


Figura 45. Histograma de datos con los valores de ruptura en la clasificación por cortes naturales

En ese sentido se ha obtenido los siguientes siguientes 4 secciones las cuales categorizarán la sensibilidad ambiental en la región Ica y serán clasificadas de acuerdo a la Tabla 25. Rangos de categoriación de los valores de sensibilidad.

Tabla 25. Rangos de categoriación de los valores de sensibilidad

Zona	Grado de sensibilidad	Valoración
A ₁	$I > 0.9$	Sensibilidad Baja
A ₂	$0.9 \geq I \geq 0.8$	Sensibilidad Media
A ₃	$0.8 \geq I \geq 0.3$	Sensibilidad Alta
A ₅	$0.3 < I$	Sensibilidad Muy Alta

Esta categorización nos permite obtener una zonificación en cuatro tipos áreas, de acuerdo a su sensibilidad ambiental.

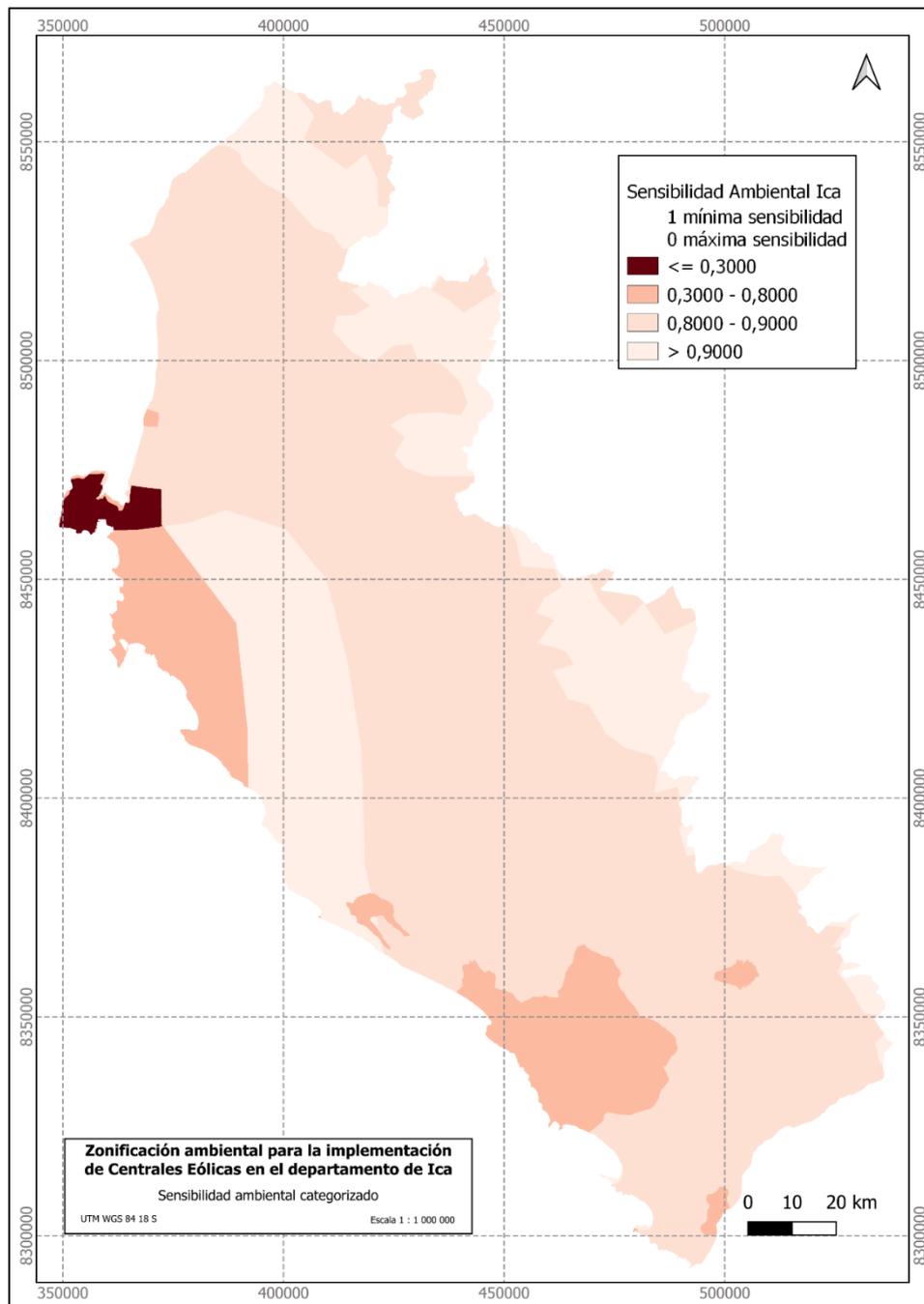


Figura 46. Mapa de zonificación ambiental en la región Ica

Luego de obtener la zonificación ambiental para la región Ica se procedió a superponer aquellas áreas de la Figura 42. Áreas con potencial eólico que son áreas óptimas para la implantación de centrales eólicas a nivel comercial.

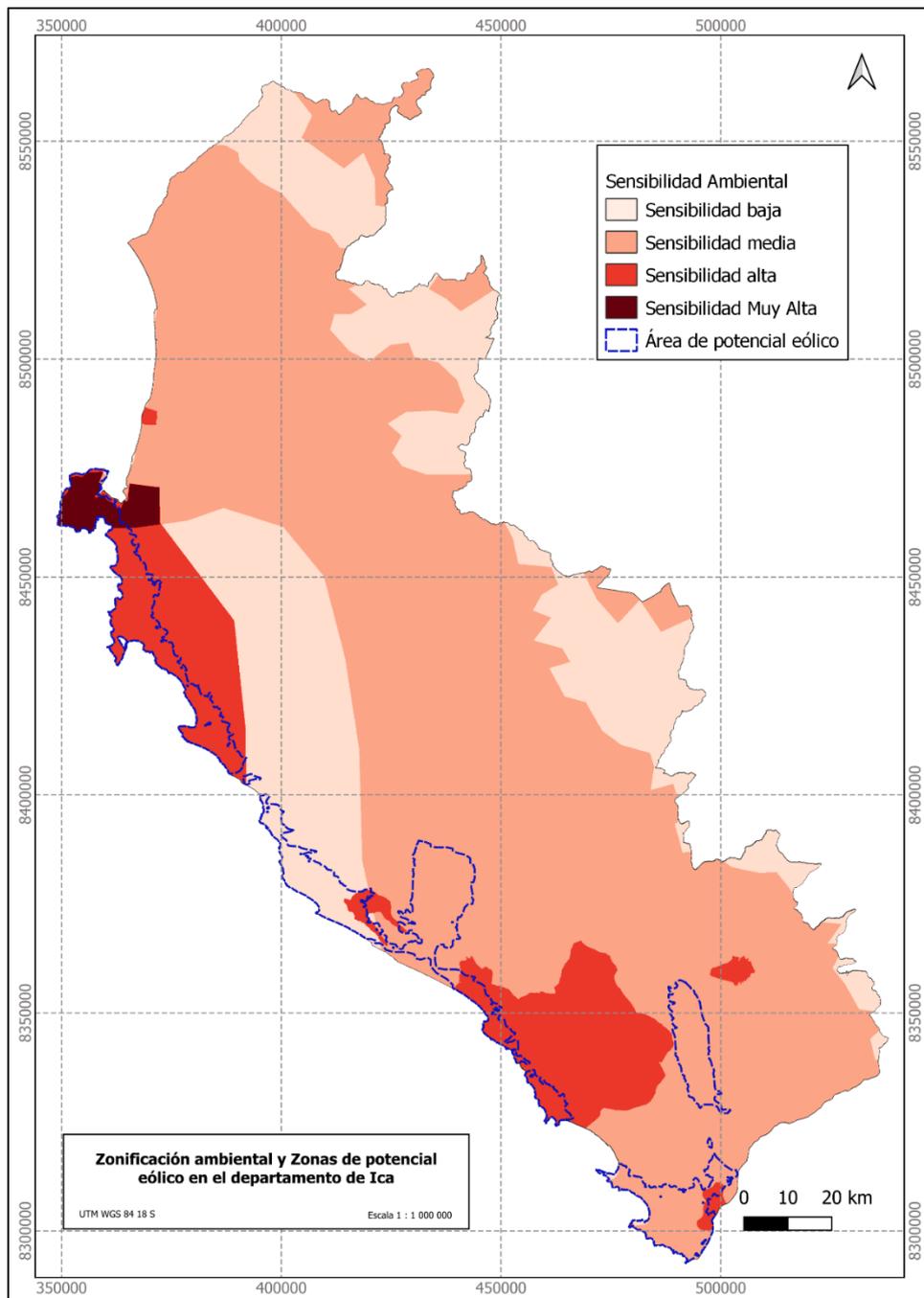


Figura 47. Superposición de zonificación ambiental y áreas con potencial eólico

Luego se procedió a excluir aquellas áreas en las cuales no es posible implementar un proyecto como son el casco urbano, las áreas donde se ejecutan actividades extracción y producción de minera, lagos y lagunas ;y los ríos con un buffer de 10m.

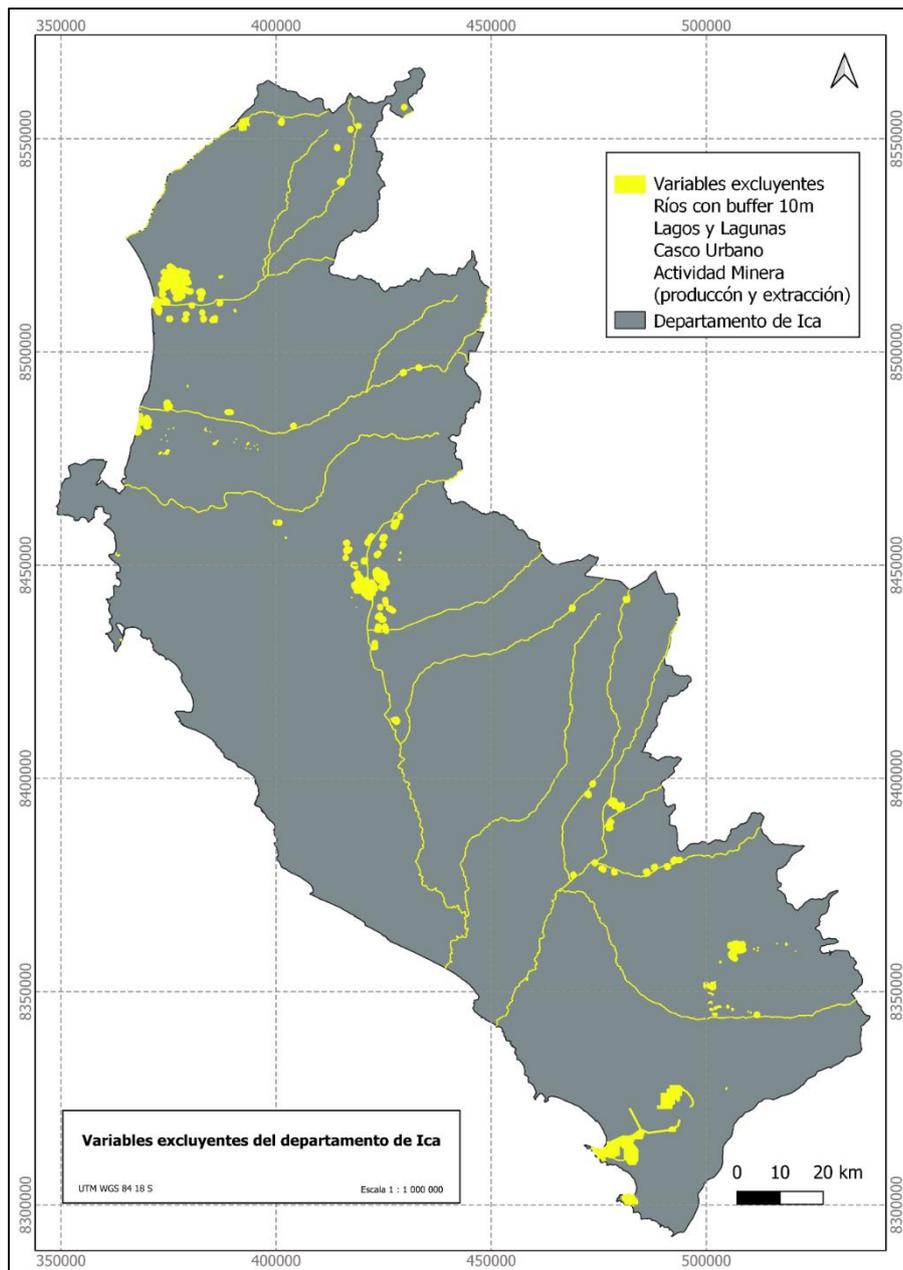


Figura 48. Mapa de Variables de exclusión

Como consecuencia de la superposición de la zonificación ambiental de Ica con las áreas de potencial eólico y la exclusión de las áreas indicadas en el Figura 48. Mapa de Variables de exclusión, se obtiene la Zonificación Ambiental para aquellas áreas con potencial eólico en la región Ica como se aprecia en la Figura 49. Zonificación Ambiental en áreas de potencial eólico de la región Ica obtenemos la siguiente zonificación ambiental.

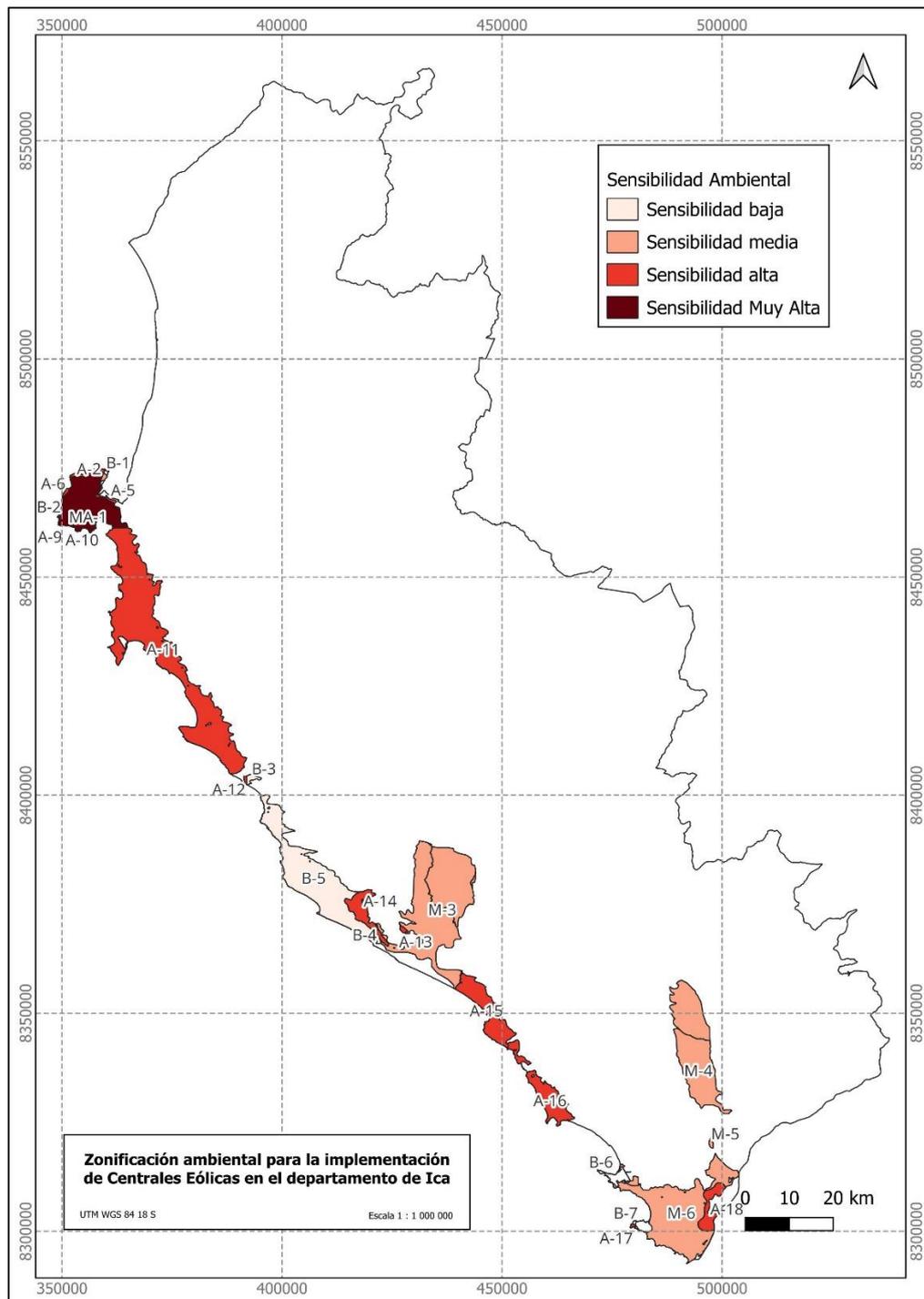


Figura 49. Zonificación Ambiental en áreas de potencial eólico de la región Ica

Después de geoprocesar la información, se ha obtenido treinta y dos (32) áreas que tienen los grados de sensibilidad de Muy Alto, Alto, Medio y Bajo; y se detalla cada una de ellas en la Tabla 26.

Tabla 26. Grados de sensibilidad en la zona de potencial eólico de Ica

Nº	Grado de sensibilidad	Denominación	Área (Km ²)		Porcentaje
1	MUY ALTO	MA-1	123,099973	123,099973	7,3%
2	ALTO	A-1	4,593153	596,237834	35,2%
3	ALTO	A-2	0,144847		
4	ALTO	A-3	0,14431		
5	ALTO	A-4	0,65449		
6	ALTO	A-5	1,400744		
7	ALTO	A-6	1,599122		
8	ALTO	A-7	0,153434		
9	ALTO	A-8	0,420027		
10	ALTO	A-9	0,074028		
11	ALTO	A-10	0,158793		
12	ALTO	A-11	388,7385		
13	ALTO	A-12	1,029155		
14	ALTO	A-13	1,739329		
15	ALTO	A-14	33,767363		
16	ALTO	A-15	81,610564		
17	ALTO	A-16	53,123911		
18	ALTO	A-17	0,736928		
19	ALTO	A-18	26,149136		
20	MEDIO	M-1	1,534846	754,439112	44,6%
21	MEDIO	M-2	1,525706		
22	MEDIO	M-3	322,467334		
23	MEDIO	M-4	191,373037		
24	MEDIO	M-5	1,474945		
25	MEDIO	M-6	236,063244		
26	BAJO	B-1	0,798809	219,327478	13,0%
27	BAJO	B-2	0,059544		
28	BAJO	B-3	3,803834		
29	BAJO	B-4	0,242567		
30	BAJO	B-5	212,587522		
31	BAJO	B-6	1,025963		
32	BAJO	B-7	0,809239		

Sin embargo, el análisis de sinergias solo se realizó sobre cuatro áreas, debido a que éstas son las que están afectadas por la operación de centrales eólicas y porque sobre éstas áreas se ubicarán la formulación de proyectos; en ese sentido se evaluarán las áreas B-5, M-3, M-4 y M-6.

Tabla 27: Áreas de afectadas por las centrales eólicas

N°	Denominación	Grado de sensibilidad	Área	Nivel
22	M-3	MEDIO	322,467334	Sensibilidad 2
23	M-4	MEDIO	191,373037	Sensibilidad 2
25	M-6	MEDIO	236,063244	Sensibilidad 2
30	B-5	BAJO	212,587522	Sensibilidad 1

3.2. Evaluación de afectación por infraestructuras

3.2.1. Metodología

Basados en la evaluación de Tapia (2005) se calculó la densidad de las infraestructuras vinculadas a las centrales eólicas tales como los aerogeneradores (número de aerogeneradores por Km²), caminos y accesos asociados al proyecto (kilómetros de vías por Km²), Líneas de Transmisión (kilómetros de vías por Km²) y vías (kilómetros de vías por Km²) todas estas pasibles de generar impactos ambientales sobre la avifauna, esta información fue recopilada de fuentes oficiales tales como del Geoportal de Osinergmin y Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

La información vectorial que se tiene de estos tres tipos de infraestructuras fue geoprocesada sobre las áreas generadas de la zonificación ambiental, que como ya se a mencionado líneas arriba serán las áreas B-5, M-3, M-4 y M-6.

Posteriormente se procedió a sumar cada una de las densidades de los parámetros analizados que para nuestro caso son aerogeneradores (número de aerogeneradores por Km²), caminos y accesos asociados al proyecto (kilómetros de vías por Km²), Líneas de Transmisión (kilómetros de vías por Km²) y vías (kilómetros de vías por Km²).

Por lo tanto, a la sumatoria se le asignó un grado de afectación de acuerdo a la escala establecida por Tapia (2005), tal como se indica en la Tabla 28 Grados de afectación.

Tabla 28: Grados de afectación

Zona	Número de aerogeneradores/km ²	Longitud de Líneas de transmisión asociadas/km ²	Caminos y accesos proyectados del proyecto/km ²	vías/km ²	Sumatorio	Afectación
A ₁	W1	X1	Y1	Z1	$\sum(x;y;z) > 4$	Afectación alta
A ₂	W2	X2	Y2	Z2	$4 \geq \sum(x;y;z) \geq 1$	Afectación media
A ₃	W3	X3	Y3	Z3	$1 < \sum(x;y;z)$	Afectación baja

Esta sumatoria de densidades y de asignación del grado de afectación se realizará para dos escalas de tiempo, primero la actualidad o situación actual en donde se considerará la infraestructura existente, y luego para el futuro o situación potencial en donde se considera todas las infraestructuras proyectadas adicionándolas a las infraestructuras existentes.

3.2.2. Variables

El análisis ha utilizado parámetros que caractericen la situación actual y la situación potencial de cada una de las áreas zonificadas en la evaluación, estos parámetros son los componentes de los proyectos eólicos y de otras actividades de interés, en ese sentido se utilizarán los siguientes parámetros:

- i. Kilómetros de vías nacionales, provinciales y distritales por kilómetro cuadrado, se ha considerado este parámetro porque puede ser preponderante en el fraccionamiento de hábitats.
- ii. Kilómetros de caminos y accesos por kilómetro cuadrado, asociados a los proyectos eólicos este parámetro porque puede ser preponderante en el fraccionamiento de hábitats.
- iii. Kilómetros de Líneas de Transmisión por kilómetro cuadrado, se ha considerado este parámetro debido a que las líneas de transmisión generan colisiones o electrocución de las aves.
- iv. Número de Aerogeneradores por kilómetro cuadrado, se ha considerado este parámetro debido a las colisiones de las aves con este componente eléctrico y por la alteración en sus rutas de vuelo o efecto barrera.

3.2.3. Cálculo de parámetros de afectación

De la revisión bibliográfica de los Estudios Ambientales se ha obtenido las distancias de las Líneas de Transmisión vinculadas a la actividad de generación eléctrica, las distancias de las vías y caminos de acceso además de la cantidad de aerogeneradores que posee cada central eólica, las que se muestran en la Tabla 29 Infraestructuras de las centrales eólicas de la región Ica.

Tabla 29: Infraestructuras de las centrales eólicas de la región Ica

N°	Central	Estado del Proyecto de inversión	Potencia Instalada (MW)	Número de aerogeneradores	Longitud de Líneas de transmisión asociadas	Número de caminos existentes
1	CE Parque Eólico Marcona	En Operación	32	16	31	NE
2	CE Parque Eólico Tres Hermanas	En Operación	97.15	33	0	30
3	CE Wayra I (antes, Parque Nazca)	En Operación	132.3	72	0.6	48
4	Parque Eólico Punta Lomitas	Proyecto	300	62	60	42
5	Parque Eólico Orianka	Proyecto	205	41	9.62	33
6	Parque Eólico San Juan	Proyecto	108.9	33	32.5	32.677
7	Parque Eólico Guarango	Proyecto	372	60	54.67	75.4
8	Parque Eólico Samaca	Proyecto	120	40	31.5	36.369
9	Parque Eólico Piletas	Proyecto	250	61	22	NE
10	Parque Eólico Céfiro	Proyecto	366	61	29.23	22
11	Central Eólica Salinar Norte	Proyecto	117.8	19	20.5	35
12	Parque Eólico Urani	Proyecto	122.4	17	1.3	NE
13	Parque Eólico Twister	Proyecto	129.6	18	22	3.6
14	Parque Eólico Sariri	Proyecto	122.4	17	0.1	NE

En la tabla no se está considerando los componentes existentes para la actividad de transmisión ni las vías nacionales y locales; sin embargo éstas se añadirán al cálculo para identificar el grado de sinergia, dicha información se obtendrá del Geoportal de Osinergmin

y las vías nacionales y locales de la página del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Elaboración propia.

Es necesario precisar que debido al alto interés en desarrollar proyectos eólicos en la región Ica y que las áreas de potencial eólico son acotadas, existe una competencia entre los proyectistas para obtener los títulos habilitantes y certificación ambiental pues algunos proyectos se encuentran sobre la misma área; por lo tanto, en la práctica solo se ejecutará aquellos que logran obtener primero las certificaciones y permisos necesarios. Por lo tanto, para la evaluación de las sinergias no se tomarán en cuenta los proyectos de la Tabla 30 Proyectos excluidos, no se está considera estos proyectos por priorizar otros debido a que el avance en la evaluación ambiental de estos es menor; y por lo tanto, es más probable que los otros proyectos obtengan primera las certificaciones ambientales.

Tabla 30: Proyectos excluidos

N°	Central	Estado del Proyecto de inversión	Potencia Instalada (MW)	Número de aerogeneradores	Longitud de Líneas de transmisión asociadas	Número de caminos existentes
1	Parque Eólico Orianka	Proyecto	205	41	9.62	33
2	Parque Eólico Piletas	Proyecto	250	61	22	NE
3	Central Eólica Salinar Norte	Proyecto	117.8	19	20.5	35
4	Parque Eólico Urani	Proyecto	122.4	17	1.3	NE

Se superpusó la zonificación ambiental con las infraestructuras de diez centrales eólicas actuales y proyectadas de manera que podemos visualizar cuales son las áreas más afectadas, tal como lo indica la Figura 50 Infraestructuras de centrales eólicas en la zonificación ambiental.

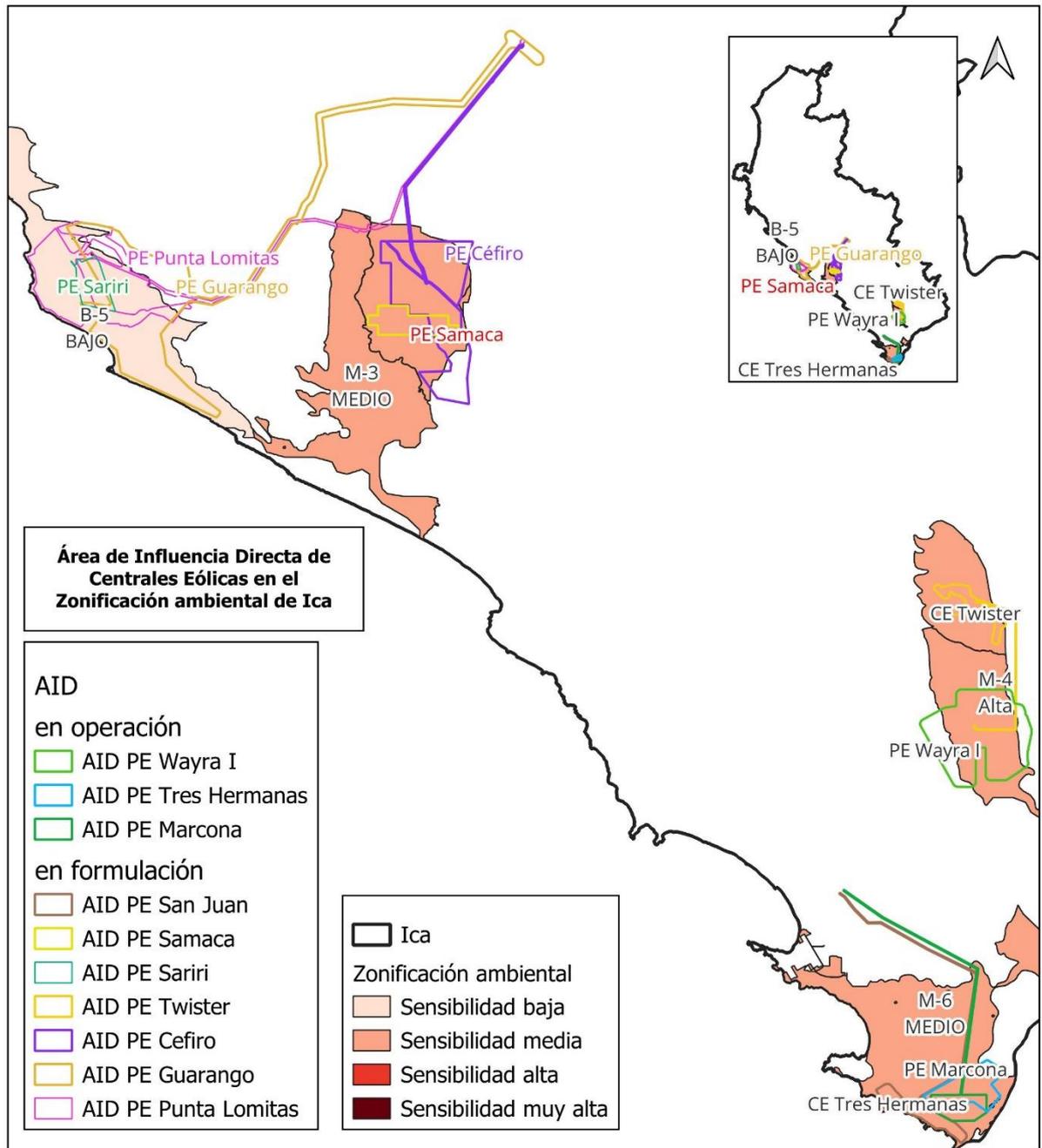


Figura 50. Infraestructuras de centrales eólicas en la zonificación ambiental

Como se puede visualizar los proyectos eólicos actuales y futuros se ubican sobre las zonas B5, M3, M4 y M5 por ese motivo la evaluación de la sinergia entre los impactos ambientales se realizará sobre estas áreas.

Como se puede observar en la Figura 51+e7 actualidad en las zonas B5 que tiene una sensibilidad baja y M3 que tiene una sensibilidad media, no existen centrales eólicas; por ende ninguna de sus infraestructuras asociadas, tampoco cruzan Líneas de Transmisión; sin embargo, si existen vías departamentales y vecinales que cruzan ambas zonas.

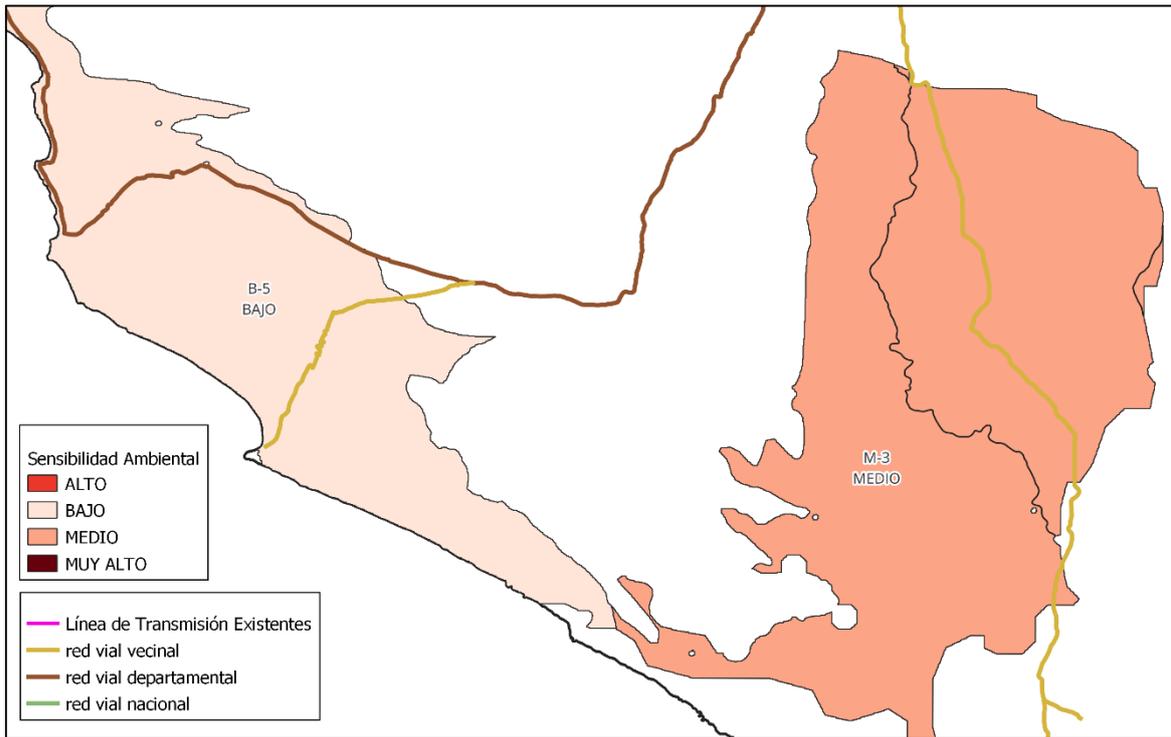


Figura 51. Infraestructura actual de las zonas B5 y M3

Luego se evaluó cuales serán las infraestructuras proyectadas en las zonas B5 y M3, se puede ver que en la zona B5 se implantarán los parque eólicos Sariri, Guarango y Punta Lomitas, con sus vías de acceso, aerogeneradores, y líneas de transmisión.

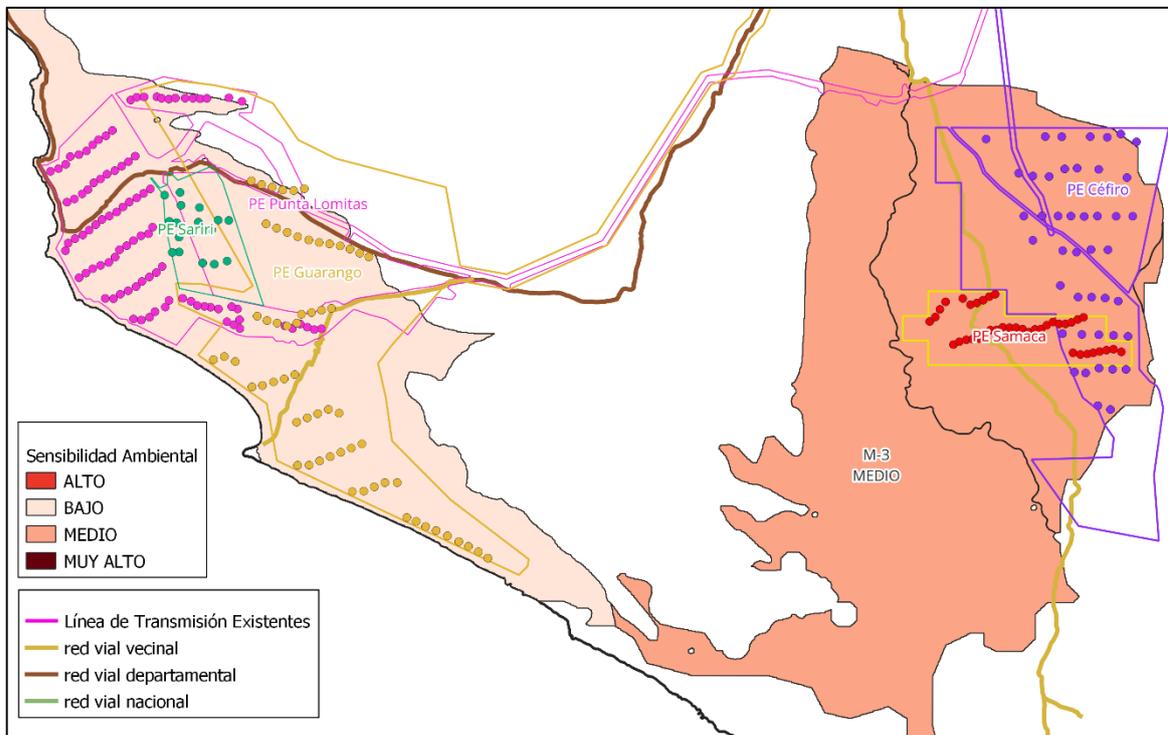


Figura 52. Infraestructura futuras de las zonas B5 y M3

De igual manera, se evaluó las infraestructuras existentes en las zonas M4 y M6, para la zona M4 se tienen al parque eólico Wayra I y su infraestructura asociada, además también cuenta con Líneas de Transmisión y vías; por otro lado en la zona M6 contiene a las centrales eólicas Tres Hermanas y Marcona además de redes viales y líneas de transmisión.

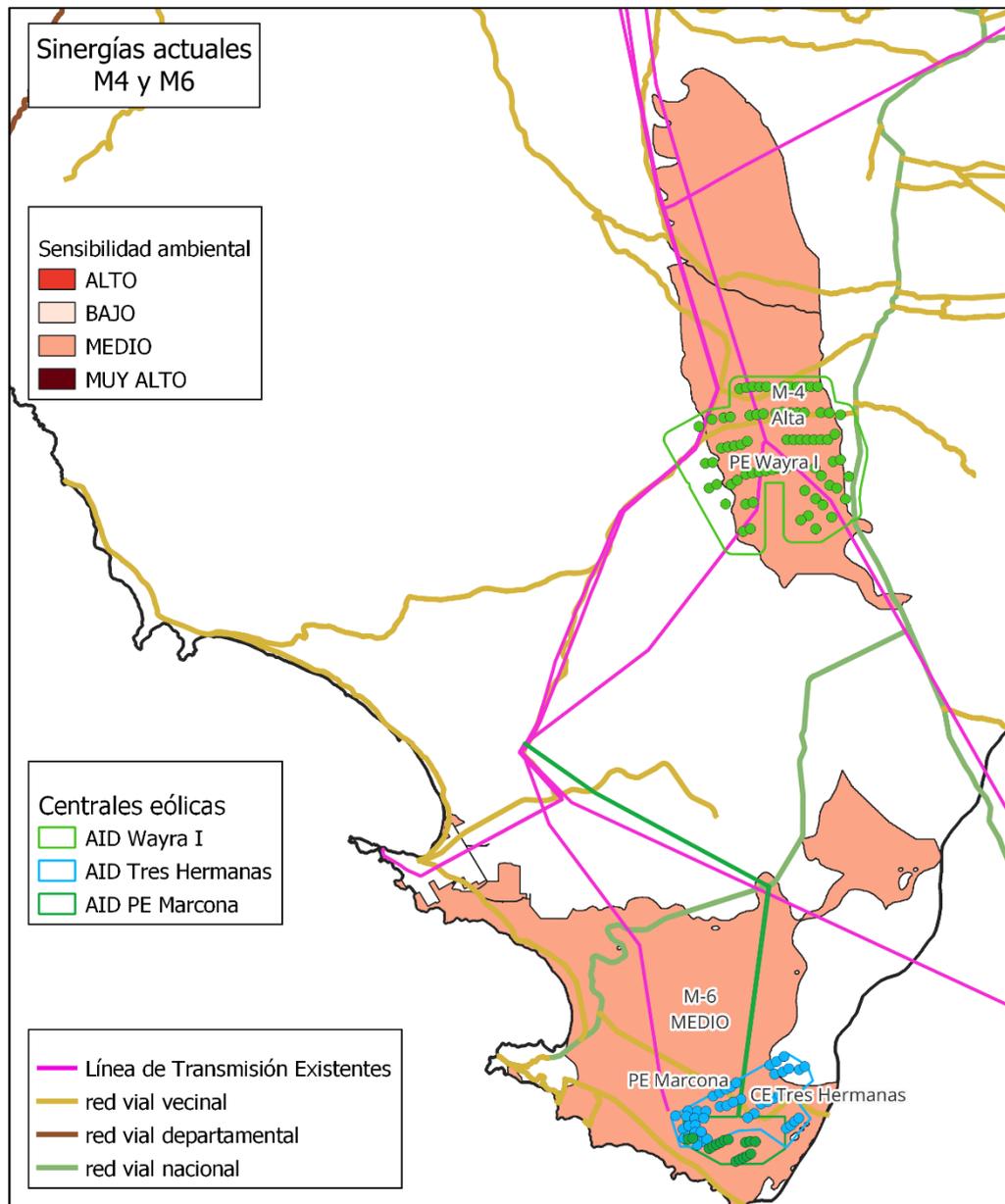


Figura 53. Infraestructura actual de las zonas M4 y M6

Luego para las condiciones futuras se añadieron las centrales eólicas de San Juan para la zona M6 y Twister para la zona M4 con sus respectivas infraestructuras asociadas, como se puede ver en la Figura 53. Infraestructura actual de las zonas M4 y M6.

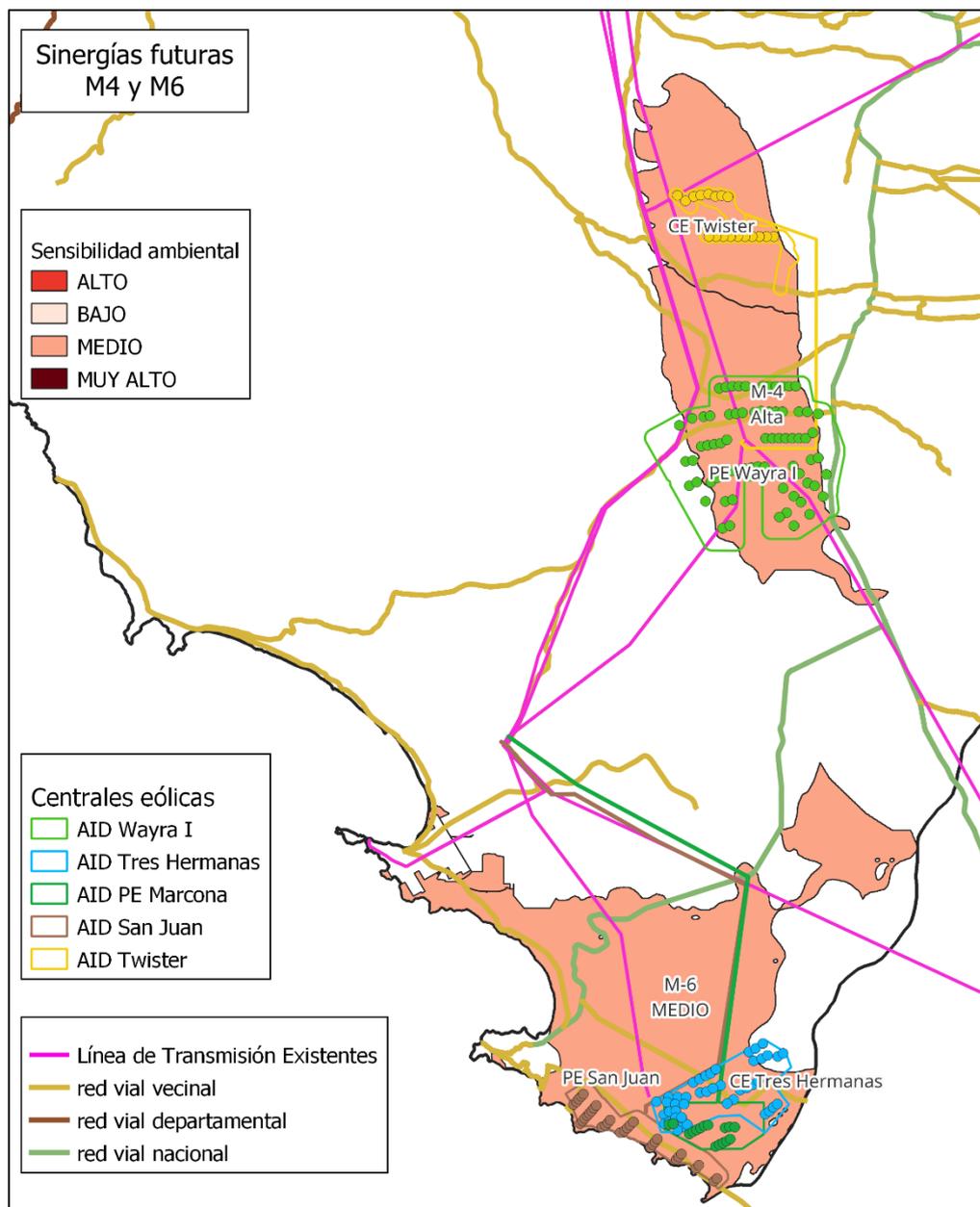


Figura 54. Infraestructura futura de las zonas M4 y M6

3.2.4. Cálculo de grado de incidencia de efectos sinérgicos

Para cada una de las áreas de la zonificación ambiental establecidas se calculará el grado de afectación de las infraestructuras de los proyectos eólicos, en ese sentido se ha considerado la densidad de infraestructura de los aerogeneradores (número de aerogeneradores por Km²), vías (kilómetros de vías por Km²) y Líneas de Transmisión (kilómetros de Líneas de Transmisión por Km²).

Para efectos de nuestro análisis procedimos a sumar las densidades de las infraestructuras vinculadas a los impactos ambientales en la avifauna generados por las centrales eólicas en la región Ica en el actualidad.

Tabla 31: Sumatoria de parámetros de afectación actualmente

Zona	Número de aerogeneradores/km ²	Longitud de Líneas de transmisión asociadas/km ²	Caminos y accesos proyectados del proyecto/km ²	vías/km ²	Sumatorio	Valoración
B5	0	0	0	0,281	0,281	Afectación baja
M3	0	0	0	0,278	0,278	Afectación baja
M4	0,376	0,877	0,251	0,178	1,681	Afectación media
M6	0,182	0,943	0,104	0,256	0,943	Afectación baja

Como podemos ver la zona de M4 es la zona con una mayor densidad de infraestructuras vinculadas a parques eólicos y de acuerdo al rango de valores de la Tabla 28. Grados de afectación le corresponde una afectación media.

Después se realizó la suma de las densidades de las infraestructuras vinculadas a los proyectos eólicos en una situación futura o proyectada; y se obtuvo los valores de afectación para las zonas B5, M3, M4 y M6 , tal como lo indica la Tabla 32. Sumatoria de parámetros de afectación en el futuro.

Tabla 32: Sumatoria de parámetros de afectación en el futuro

Zona	Número de aerogeneradores/km ²	Longitud de Líneas de transmisión asociadas/km ²	Caminos y accesos proyectados del proyecto/km ²	vías/km ²	Sumatorio	Valoración
B5	0.654	0.071	0.552	0.212	1.489	Afectación media
M3	0.254	0.057	0.160	0.071	0.542	Afectación baja
M4	0.470	0.992	0.270	0.178	1.909	Afectación media
M6	0.322	1.359	0.242	0.256	1.359	Afectación media

3.3. Evaluación de efectos sinérgicos

3.2.5. Metodología

La metodología propuesta toma elementos de la metodología propuesta por Tapia *et al.* (2005) sobre los impactos sinérgicos en la avifauna generado por los aerogeneradores.

Para realizar el valorización y categorización de las sinergias y modificaciones del medio sobre las zonas con potencial eólico, se utilizará de referencia el cálculo realizado en la metodología propuesta por Tapia *et al.* (2005) donde el grado de incidencia de los efectos sinérgicos (GES) se calcula por la relación:

$$\text{Grado de Efectos Sinérgicos (GES)} = \frac{\text{Valoración del grado de sensibilidad}}{\text{Valoración del área en función del grado de afectación}}$$

A los grados de afectación y grados de sensibilidad se les otorgará un valor entero de 1 a 3 de acuerdo a su importancia como se indica en la tabla de valores de grados de afectación.

Tabla 33: Valores a los grados de afectación y sensibilidad

Grado de afectación	Valor	Grados de sensibilidad	Valor
Afectación alta	1	Sensibilidad 1 (sensibilidad baja)	1
Afectación media	2	Sensibilidad 2 (sensibilidad media)	2
Afectación baja	3	Sensibilidad 3 (sensibilidad alta)	3

Tabla 34: Grado de sensibilidad y afectación actuales y futuros

Zona	Grado de sensibilidad	Grado afectación actual	Grado de afectación futuro
B5	Sensibilidad 2	Afectación baja	Afectación media
M3	Sensibilidad 2	Afectación baja	Afectación baja
M4	Sensibilidad 2	Afectación media	Afectación media
M6	Sensibilidad 1	Afectación baja	Afectación media

3.2.6. Cálculo del grado de efecto sinérgico

Al conocer para cada zona su sensibilidad ambiental y el grado de afectación al cual está expuesta se puede conocer el grado de los efectos sinérgicos de los proyectos en el momento evaluado, que para nuestra evaluación son actual y futuro, en la Tabla 35. Valoración del grado de efectos sinérgicos, se puede ver el grado de efectos sinérgicos sobre cada zona.

Tabla 35: Valoración del grado de efectos sinérgicos

Valoración del área en función del grado de Sinergia			Valoración del área en función su importancia para las aves		
			Sensibilidad 1	Sensibilidad 2	Sensibilidad 3
Grado de Alta Sinergia	Valoración del área en función del grado de afectación	Afectación Alta	1	2	3
Grado de Media Sinergia		Afectación media	0.5	1	1.5
Grado de Baja Sinergia		Afectación baja	0.33	0.6	1

Para el análisis se identificaron las zonas y se calculó el el grado de efectos sinérgicos de cada una de las áreas en la actualidad.

Tabla 36: Grado de efectos sinérgicos en la actualidad

Zona	Valoración de la Zonificación ambiental	Valoración del área en función del grado de afectación	grado de Sinergia	Denominación
B5	Sensibilidad 2	Afectación baja	0.6	Baja
M3	Sensibilidad 2	Afectación baja	0.6	Baja
M4	Sensibilidad 2	Afectación media	1	Media
M6	Sensibilidad 1	Afectación baja	0.33	Baja

Luego se calculará el Grado de efectos sinérgicos para la situación futura en cada una de las zonas que están sujetas a evaluación.

Tabla 37: Grado de efectos sinérgicos en el futuro

Zona	Valoración de la Zonificación ambiental	Valoración del área en función del grado de afectación	grado de Sinergia	Denominación
B5	Sensibilidad 2	Afectación media	1	Media
M3	Sensibilidad 2	Afectación baja	0.6	Baja
M4	Sensibilidad 2	Afectación media	1	Media
M6	Sensibilidad 1	Afectación media	0.5	Media

3.2.7. Sinérgias Actuales y futuras y su modificación al medio

Posteriormente luego de haber calculado el grado de efectos sinérgicos en cada una de las áreas definidas en la zonificación se cuantificará el impacto considerando la relación entre los correspondientes GES pertenecientes a la situación actual y la situación futura, que es en donde se desarrolla proyecto. Esta comparación confirmará qué lugares experimentarán modificaciones (impactos) medioambientales y en qué intensidad. (Luis Tapia *et al.* 2005, p7).

Tabla 38: Comparación de correspondientes

Sinergias actuales	Sinergias futuras	Modificación del medio
Baja	Baja	Nula
Media	Media	Nula
Alta	Alta	Nula
Baja	Media	Moderada
Media	Alta	Moderada
Baja	Alta	Fuerte

De acuerdo a la Tabla 39. Comparación de correspondientes y la modificación del medio, se verificó que las zonas B5 y M6 van a sufrir una modificación moderada debido a la ejecución de los proyectos eólicos.

Tabla 39: Comparación de correspondientes y la modificación del medio

Zona	Sinergias actuales	Sinergias futuras	Modificación del medio
B5	Baja	Media	Moderada
M3	Baja	Baja	Nula
M4	Media	Media	Nula
M6	Baja	Media	Moderada

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Zonificación ambiental para la implementación de centrales eólicas en la región Ica

Luego de haber analizado las variables ambientales de interés para la ejecución de centrales eólicas y su impacto sobre la avifauna, se obtuvo una zonificación ambiental según la sensibilidad ambiental para toda la región Ica; sin embargo, se acotó esta área solo para aquellas en las que el potencial eólico permite la ejecución de proyectos a gran escala y se establecieron rangos para agrupar las áreas en 4 grupos, los cuales tienen una sensibilidad Muy alta, Alta, Medio y Baja a fin de que sea más práctica la zonificación.

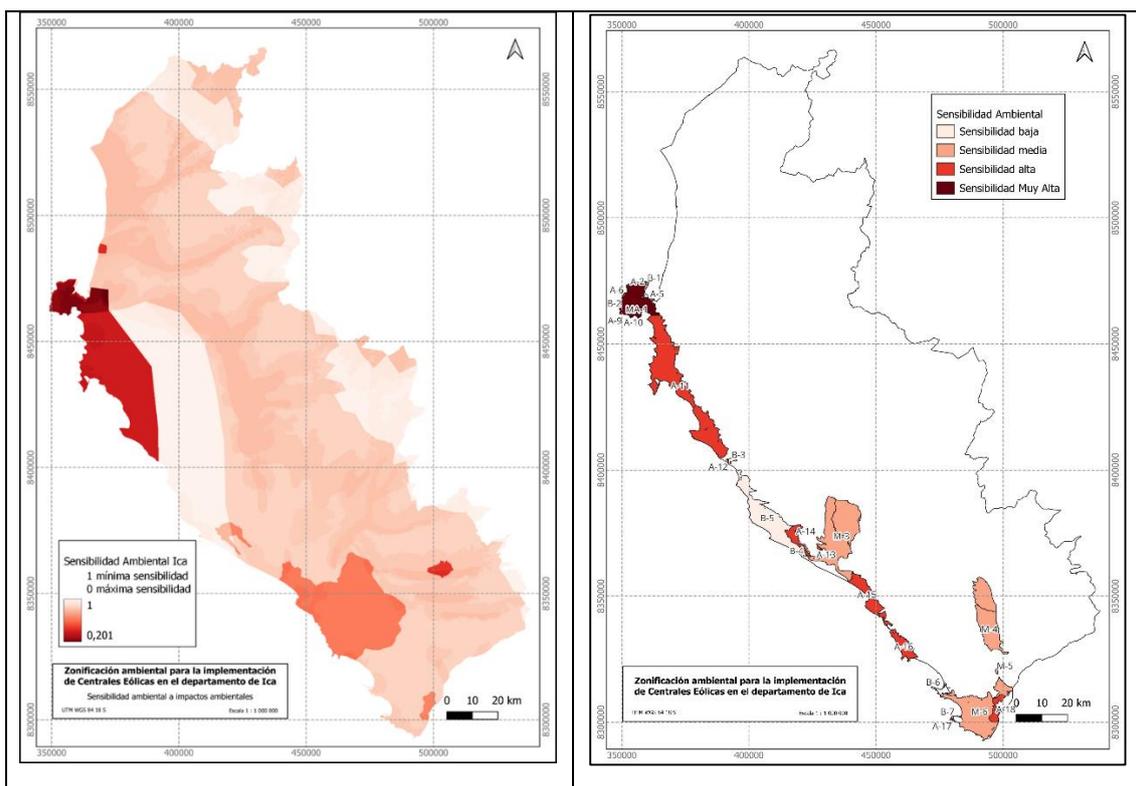


Figura 55: Zonificación ambiental

Luego obtener 32 áreas zonificadas en las zonas de potencial eólico de la región Ica, se analizaron 4 las cuales son B5, M3, M4 y M6, debido a que en estas áreas son las que

actualmente operan proyectos de centrales eólicas o existen proyectos en formulación, estas áreas se ven en la siguiente figura.

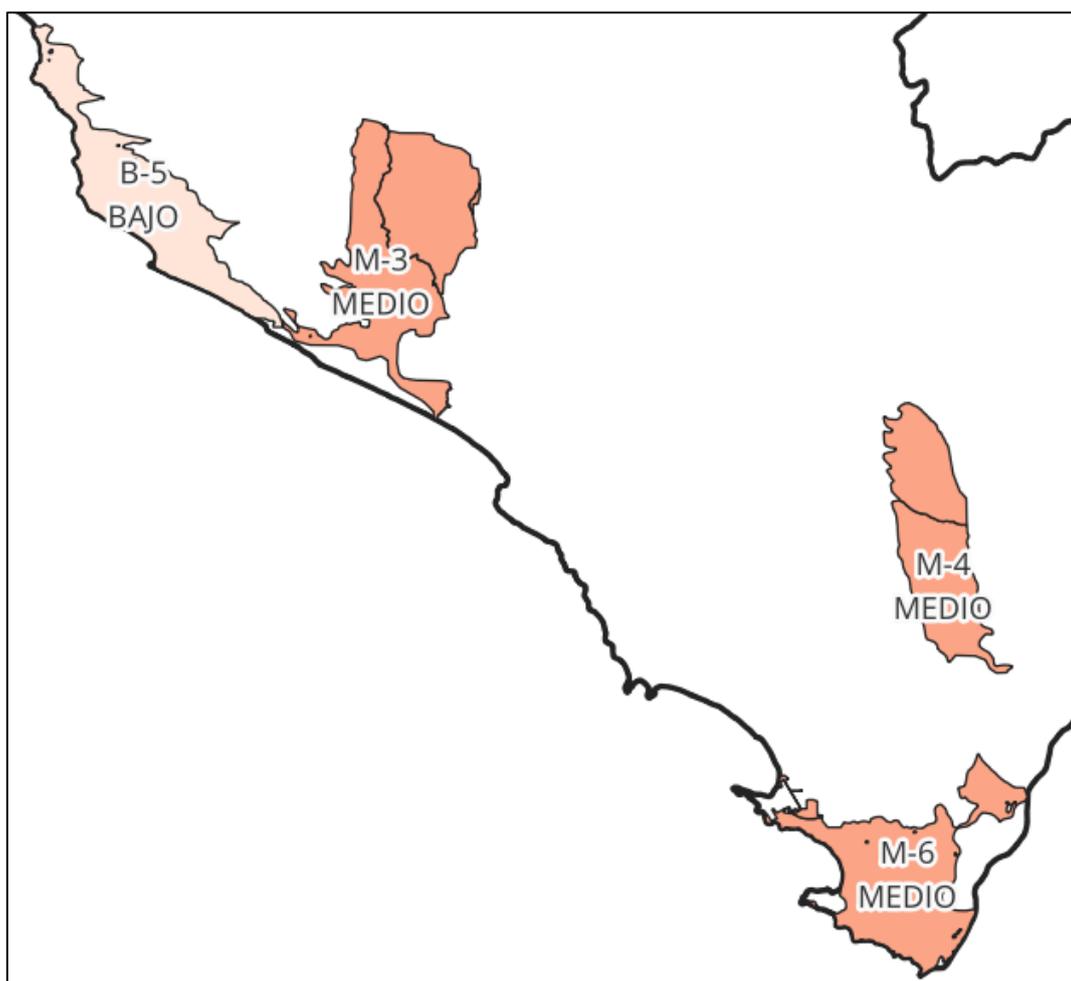


Figura 56. Zonificación de sensibilidad ambiental de las zonas con proyectos eólicos en operación y formulación

Se puede ver que se ha estimado que la zona B5 tiene una sensibilidad ambiental Baja, las zonas M3, M4 y M6 tiene una sensibilidad ambiental Media para la implementación de centrales eólicas.

4.2. Grados de afectación en las zonas de potencial eólico de la región Ica

Una vez hemos delimitado nuestras zonas de interés, que para nuestro caso son las zonas B5, M3, M4 y M6 se calculó las densidades de infraestructuras vinculadas a impactos ambientales de centrales eólicas sobre la avifauna tales como densidad de aerogeneradores (número de aerogeneradores por Km²), caminos y accesos asociados al proyecto (kilómetros de vías por Km²), Líneas de Transmisión (kilómetros de vías por Km²) y vías (kilómetros de vías por Km²).

Es necesario precisar que solo se contabilizará la parte de las infraestructuras que se superponen sobre las zonas en evaluación. Luego de sumar las densidades de los parámetros de afectación en la situación actual y situación futura, se obtuvo la afectación por infraestructuras en cada una de las áreas.

Tabla 40: Sumatoria de parámetros de afectación en la situación actual

Zona	Número de aerogeneradores/km ²	Longitud de Líneas de transmisión asociadas/km ²	Caminos y accesos proyectados del proyecto/km ²	vías/km ²	Sumatorio	Valoración
B5	0	0	0	0,281	0,281	Afectación baja
M3	0	0	0	0,278	0,278	Afectación baja
M4	0,376	0,877	0,251	0,178	1,681	Afectación media
M6	0,182	0,943	0,104	0,256	0,943	Afectación baja

Tabla 41: Sumatoria de parámetros de afectación en la situación futura

Zona	Número de aerogeneradores/km ²	Longitud de Líneas de transmisión asociadas/km ²	Caminos y accesos proyectados del proyecto/km ²	vías/km ²	Sumatorio	Valoración
B5	0.654	0.071	0.552	0.212	1.489	Afectación media
M3	0.254	0.057	0.160	0.071	0.542	Afectación baja
M4	0.470	0.992	0.270	0.178	1.909	Afectación media
M6	0.322	1.359	0.242	0.256	1.359	Afectación media

Se puede ver que en la actualidad en las zonas B5 y M3 no hay proyecto eólicos sin embargo si existen vías departamentales y vecinales es por ello que tienen un afectación baja.

Respecto a la zona M4 actualmente, en esta si existen proyectos eólicos y de acuerdo a la sumatoria de densidades de infraestructuras la afectación es media. Por último en la zona M6 también existen proyectos eólicos pero la sumatorio de densidades de infraestructuras nos da un valor de afeccion baja.

Para la situación futura existirá infraestructura de parques eólicos en las cuatros zonas evaluadas B5, M3, M4 y M6; sin embargo, la sumatoria de densidades de infraestructuras dan una afectación media para las zonas B5, M4 y M6 pero para la zona M3 la afectación será baja.

4.3. Sinergias en las zonas de potencial eólico de la región Ica

Luego los efectos sinérgicos (GES) que funcionan en cada zona se clasifican en función de su grado de incidencia, lo cual se cálcula de la siguiente manera:

$$\text{Grado de Efectos Sinérgicos (GES)} = \frac{\text{Valoración del grado de sensibilidad}}{\text{Valoración del área en función del grado de afección}}$$

Tabla 42: Grado de efectos sinérgicos en la actualidad y futuro

Zona	Situación actual		Situación futura	
	Grado de efecto sinérgico	Denominación	Grado de efecto sinérgico	Denominación
B5	0.6	Baja	1	Media
M3	0.6	Baja	0.6	Baja
M4	1	Media	1	Media
M6	0.33	Baja	0.5	Media

Por lo tanto, se concluye que un un futuro la implantación de proyecto eólicos generarán un grado de efecto sinérgio Medio en las zonas B5, M4 y M6 y bajo en las zonas M3.

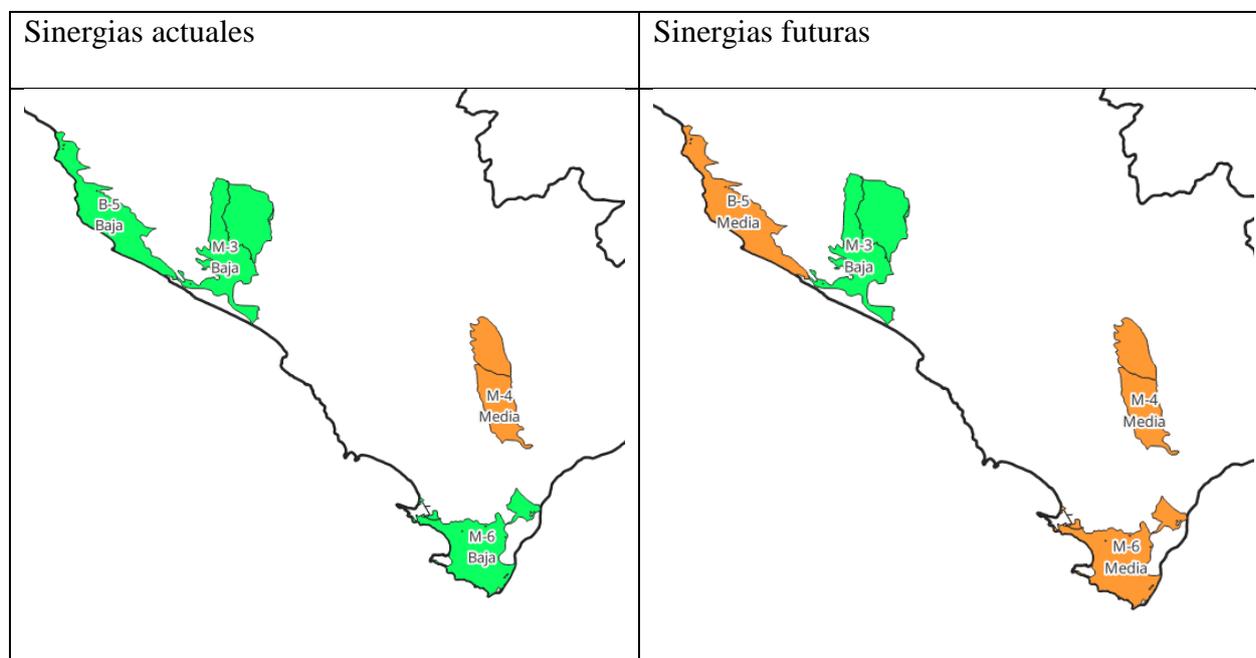


Figura 57. Grados de efectos sinérgicos

Por último, el se evaluó la modificación del medio considerando los tiempos actual y futuro y sus respectivos grados de sinergia, obteniendo que en las zonas B5 y M6 se generará un modificación del medio Moderada y para las zona M3 y M4 un modificación del medio Nula.

Tabla 43: Comparación de correspondientes y la modificación del medio

Zona	Sinergias actuales	Sinergias futuras	Modificación del medio
B5	Baja	Media	Moderada
M3	Baja	Baja	Nula
M4	Media	Media	Nula
M6	Baja	Media	Moderada



Figura 58. Modificación del medio en las zonas de potencial eólica de Ica

V. CONCLUSIÓN

- Se zonificó toda la región Ica de acuerdo a la sensibilidad ambiental para la ejecución de centrales eólicas, además se zonificó las áreas con potencial eólico comercial que por sus características físicas pueden albergar proyectos eólicos de gran escala. Por lo tanto, de la zonificación de sensibilidad ambiental de las áreas de interés donde se desarrollan y desarrollarán proyectos eólicos en la región Ica poseen una sensibilidad media y baja.
- Se identificó, describió y valoró los componentes permanentes e infraestructura asociada a proyectos eólicos en operación y en formulación ubicados en la región Ica así como otros componentes de proyectos o actividades de interés y que pueden interactuar con la actividad.
- Se calculó y zonificó el grado de afectación causado por componentes permanentes e infraestructura asociada a proyectos eólicos en la región Ica, en donde la afectación causada por los densidad de componentes en su mayoría es baja en la actualidad y media en un futuro.
- Se calculó el grado de efectos sinérgicos causado por los componentes de los proyectos eólicos e infraestructura asociada en la región Ica, dando como resultado para la actualidad un grado de efecto sinérgico bajo en la 3 de las 4 zonas evaluadas y para la situación futura un grado de efecto sinérgico medio en 3 de las 4 zonas.
- Se estimó la modificación del medio comparando la situación actual, centrales eólicas operando, y para la situación futura, centrales eólicas en formulación, y se obtuvo que en la zona B5 de sensibilidad baja y M6 de sensibilidad media la modificación del medio será moderada, a diferencia de la zona M4 y M5 donde la modificación del medio será nula.
- Dado que las zonas B5 y M6 tendrán una modificación moderada del medio ambiente es necesario evaluar ambientalmente con mayor detalle los proyectos que se ubican en estas zonas los cuales son para la zona B5 el Parque Eólico Guarango, Parque Eólico Punta Lomitas y Parque Eólico Sariri, y para la zona M6 el Parque Eólico San Juan, en dicha área ya operan las Central Eólica Tres Hermanas y el Parque Eólico Marcona.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los Titulares que para determinar la sensibilidad ambiental de las áreas de influencia directa de sus proyectos deben de considerar los valores obtenidos en este análisis y complementarlo con trabajos in situ, añadiendo un análisis de las características que condicionan el vuelo de las especies de avifauna, para poder determinar como las centrales generan sinergia entre sus impactos.
- Se debe de considerar en estudios complementarios el aspecto social, pues debido al incremento de los proyectos eólicos en esta región las expectativas de los pobladores son cada vez más altas, pues los Titulares durante la participación ciudadana asumen compromisos que se ejecutarán una vez ejecutado el proyecto y al haber más de un proyecto que promete mejorar el nivel de vida de la población local, pueden ocasionar frustración en dicha población si no se llegarán a ejecutar.
- Existe una tendencia de desarrollar parques mixtos (eólicos y fotovoltaicos a la vez); por lo tanto, es necesario describir y analizar los impactos ambientales producto de el funcionamiento combinado de estas dos tecnologías en una futura zonificación ambiental así como de evaluación de los impacto sinérgicos.
- Considerar a futuro los límites de ruido ambiental para realizar ajustes en la zonificación ambiental, considerando los niveles de ruido que se aprueben en la normativa nacional o extranjera y cuyo grado pudieran afectar a la avifauna existente en la región Ica.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABB, ASEA Brown Boveri Ltd. (2012). Cuaderno de aplicaciones técnicas N° 12 Plantas eólicas. Recuperado de:
https://library.e.abb.com/public/ac764cb1be081128c1257a30003c70d7/Cuaderno%20Tecnico_num%2012_Plantas%20eolicas.pdf
- Avian Power Line Interaction Committee. (2006). Suggested Practices for Avian Protection On Power Lines: The State of the Art in 2006. Recuperado de:
<https://www.nrc.gov/docs/ML1224/ML12243A391.pdf>
- Bevanger, K. (1998). Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electrical power lines: a review. *Biological Conservation*, 86, 67-76. Recuperado de:
[file:///C:/Users/MEM/Downloads/Bevanger1998-Biologicalandconservation aspects.pdf](file:///C:/Users/MEM/Downloads/Bevanger1998-Biologicalandconservation%20aspects.pdf)
- Conesa, V. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. España: Mundi-prensa.
- Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres (2020). Apéndice I y II de la convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres (CMS). Recuperado de: <https://www.cms.int/es/node/8655>
- Cryan, P. & Barclay, R. (2009). Causes of bat fatalities at wind turbines: Hypotheses and predictions. *American Society of Mammalogists*. 90 (6). 1330-1340. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/232423532_Causes_of_Bat_Fatalities_at_Wind_Turbines_Hypotheses_and_Predictions
- Danish Energy Authority. Offshore (2006). Wind Farms and the Environment Danish Experiences from Horns Rev and Nysted, Dinamarca. Recuperado de:
file:///D:/Trabajo%20monogr%C3%A1fico%20final/Bibliograf%C3%ADa%20Monograf%C3%ADa%20T%C3%ADtulo/aves%20efectos%20del%20desplazamiento/havvindm_korr_16nov_UK.pdf

- Decreto Supremo N° 005-2022-MIDAGRI (2022, 24 de abril). Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor. Diario Oficial el Peruano Año XXXIX - N° 16583. Recuperado de:
<https://diariooficial.elperuano.pe/Normas/VisorPDF>
- Dixon, J. & Montz, B. (1995) From concept to practice: Implementing cumulative impact assessment in New Zeland. *Environmental Management*. 19(3). 445-456. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02471985>
- D.S. N° 019-2009-MINAM. (2009, 25 de setiembre). Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Diario Oficial el Peruano Año XXIII - N° 15102. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds-019-2009-minam-a.pdf>
- D.S. N° 019-2019-EM. (2001, 7 de julio). Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas. Diario Oficial el Peruano Año XXXVI - N° 15006. Recuperado de:
<https://busquedas.elperuano.pe/download/full/0RuDxKtya5x8KWxoPOyDnf>
- Environment Canada-Canadian Wildlife Service. (2007). Wind Turbines and Birds A Guidance Document for Environmental Assessment. Recuperado de:
<https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/CWS-2007.pdf>
- Estación Biológica de Doñana. (1995). Análisis de impactos de líneas eléctricas sobre la avifauna de espacios naturales protegidos, Manual para la valoración de riesgos y soluciones. Recuperado de:
http://www.atclave.es/publicaciones/descargas/pub_avifauna/43_impactos_lineas_elctricas_sobre_avifauna_manual.pdf
- Ferrer, M. (2012). Weak relationship between risk assessment studies and recorded mortality in wind farms. *Journal of Applied Ecology*. 49. 38–46. Recuperado de:
<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2664.2011.02054.x>
- Global Wind Energy Council. (2022). Global Wind Report 2022. Recuperado de:
<https://gwec.net/wp-content/uploads/2022/03/GWEC-GLOBAL-WIND-REPORT-2022.pdf>

- Holling, C. S. (1978). Adaptive environmental assessment and management. In Proc. Gulf of Mexico coastal ecosystem workshop. Toronto. John Willey & Sons.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Manuales de Energías. (2006). Renovables 3 - Energía Eólica. Recuperado de:
https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/documentos_10374_energia_eolica_06_d9231f5c.pdf
- International Association for Impact Assessment. (2016). Assessing Significance in Impact Assessment of Projects. 14. 1-2. Recuperado de:
https://www.iaia.org/uploads/pdf/Fastips_14%20Significance_1.pdf
- João, E. (2007). A research agenda for data and scale issues in Strategic Environmental Assessment (SEA). *Environmental Impact Assessment Review*, 27(5). 479–491. Recuperado de:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195925507000236?via%3Dihub>
- Linder, A., Lyhne, H., Laubek, B., Bruhn D., & Pertoldi, C. (2022) ,Quantifying Raptors' Flight Behavior to Assess Collision Risk and Avoidance Behavior to Wind Turbines. *Symmetry*. (14), 2245. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/364761971_Quantifying_Raptors'_Flight_Behavior_to_Assess_Collision_Risk_and_Avoidance_Behavior_to_Wind_Turbines
- Martínez, R. (2010). Propuesta metodológica para la evaluación de impacto ambiental en Colombia [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia], Repositorio institucional UNAC. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7776>
- Martínez, L. (2013). Análisis de la Incertidumbre en los Estudios de Impacto Ambiental en Colombia desde el Enfoque de los Sistemas Complejos [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia], Repositorio institucional UNAC
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/47131>
- Masden, E. A., Haydon, D. T., Fox, A. D., Furness, R. W., Bullman, R., & Desholm, M. (2009). Barriers to movement: impacts of wind farms on migrating birds. *ICES Journal of marine Science*, 66(4), 746-753. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/249284301_Barriers_to_movement_Impacts_of_wind_farms_on_migrating_birds

- Matamala, S. (2017). Propuesta metodológica para la predicción de impactos ambientales acumulativos y sinérgicos (IAAS), En el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio institucional de la Universidad de Chile. Recuperado de:
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/152845>
- Ministerio de Energía y Minas. (2016). Atlas Eólico del Perú. Recuperado de:
<https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00367.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2015). Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos. Recuperado de:
https://www.aeolica.org/uploads/documents/564-directrices-para-la-evaluacion-del-impacto-de-los-parques-eolicos-en-aves-y-murcielagos_seo-birdlife.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2015). Guía de inventario de la fauna silvestre. Perú.
<https://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/GU%C3%83-A-DE-FAUNA-SILVESTRE.compressed.pdf>
- Murcia, U., Rodríguez, C. & Castro, W. (2007). Zonificación Ambiental Ecológica y Económica en la Amazonia Colombiana. Edición Especial Revista Colombia Amazónica. 119- 134. Recuperado de:
<https://sinchi.org.co/files/publicaciones/revista/pdf/0/7%20zonificacion%20ambiental%20ecologica%20y%20economica%20en%20la%20amazonia%20colombiana.pdf>
- Murray, C. & Martone, R. (2014). Cumulative effects in marine ecosystems: scientific perspectives on its challenges and solutions, Vancouver. WWF-Canada. Recuperado de:
http://awsassets.wwf.ca/downloads/cumulativeeffects__updated_forwebupload_singlepages.pdf
- New, L., Bjerre, E., Millsap, B., Otto, M., Runge, M. (2015). A Collision Risk Model to Predict Avian Fatalities at Wind Facilities: An Example Using Golden Eagles, *Aquila chrysaetos*. PLoS ONE. 10(7). 1-12. Recuperado de:
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0130978>
- Ocampo, D. (2014). Teoría Conceptual-Sistémica de la Sinergia de Impactos Ambientales y el Establecimiento de Bases para su Evaluación. ACTA NOVA. 6(4). 330-350. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892014000200003

- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2016). Industria de la Electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país. Recuperado de:
https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anos.pdf
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2022). Información técnica de proyectos de centrales de generación de energía eléctrica no convencional con estudios de pre operatividad aprobados por el COES. Recuperado de:
https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/Publicaciones/Compendio-Proyectos-CGENC-EPO-aprobados-COES.pdf
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2019). Energías renovables experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética. Recuperado de:
https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf
- Prinsen, H., Smallie, J. J., Boere, G. C., & Pires, N. (2011). Guidelines on how to avoid or mitigate impact of electricity power grids on migratory birds in the African-Eurasian region. CMS Technical Series No. XX, AEWA Technical Series No. XX, 9 (UNEP/CMS/Conf. 10.30/Rev. 2), 1-43. Recuperado de:
https://www.unep-aewa.org/sites/default/files/publication/ts50_electr_guidelines_03122014.pdf
- Sandia, L. & Henao, A. (2017). Sensibilidad Ambiental y Sistemas de Información Geográfica. Observatorio Geográfico América Latina. Recuperado de:
<http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal8/Nuevastecnologias/Sig/01.pdf>
- Servicio Agrícola y Ganadero. (2015). Guía para la Evaluación del Impacto Ambiental de Proyectos Eólicos y de Líneas de Transmisión Eléctrica en Aves Silvestres y Murciélagos. Recuperado de:
https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/guia_proyectos_eolicos.pdf
- Servicio de Evaluación Ambiental. (2020). Guía para la descripción de centrales eólicas de generación de energía eléctrica en el SEIA. Recuperado de:

https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2020/03/13/guia_dp_centrales_eolicas_version_2.pdf

Servicio de Evaluación Ambiental. (2020) Guía para la aplicación del DS N° 38, de 2011, del Ministerio Del Medio Ambiente, que establece norma de emisión de ruidos generados por fuentes que indica, para proyectos de parques eólicos en el SEIA. Recuperado de:

file:///C:/Users/MEM/Downloads/guia_aplicacion_ds_38_parques_eolicos_en_el_seia.pdf

Sovacool, B. (2009). Contextualizing avian mortality: A preliminary appraisal of bird and bat fatalities from wind, fossil-fuel, and nuclear electricity. *Science Direct*. 37(6). 2241-2248. Recuperado de:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301421509001074>

Spaling, H. (1994). Cumulative effects assessment: Concepts and principles. *Impact Assessment*, 12(3), 231–251. Recuperado de:

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07349165.1994.9725865>

Stehling, F. & Kindorf, J. (1994). Interacting environmental influences: Concepts of synergism, antagonism and superposition. *Annals of Operations Research*. 54. 291-304. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02031739>

Tapia, L., Fontán, L., García-Arrese, A., Nieto, C., & Macías, F. (2005). Metodología para la evaluación de los efectos sinérgicos generados por parques eólicos sobre la avifauna: un caso práctico en el LIC “Serra do Xistral”(Galicia; Noroeste de España). *Ecología*, 19, 301-312. Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/236685470_Metodologia_para_la_evaluacion_de_los_efectos_sinergicos_generados_por_parques_eolicos_sobre_la_avifauna_un_caso_practico_en_el_LIC_Serra_do_Xistral_Galicia_Noroeste_de_Espana

The Nature Conservancy. (2022). Site Renewables Right: Accelerating a Clean and Green Renewable Energy Buildout in the Central United States. Recuperado de: https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/SRR_Methods_20220202_LR.pdf

Vilela, R., Burger, C., Diederichs, A., Bachl, F., Szostek, L, Freund, A., Braasch, A., Bellebaum, J., Beckers, B, Piper, W. & Nehls, G. (2021) Use of an INLA Latent Gaussian Modeling Approach to Assess Bird Population Changes Due to the

Development of Offshore Wind Farms, *Frontiers in Marine Science*. 8(7). 1-11.

Recuperado de: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.701332/full>

Villamil, L. (2021). Lineamientos metodológicos para la identificación de impactos ambientales acumulativos. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80268>

Zulaica, L., Ferraro, R., & Fabiani, L. (2009). Índices de sensibilidad ambiental en el espacio periurbano de Mar del Plata. *Geograficando*, 5(5). Recuperado de: https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.4449/pr.4449.pdf

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Especies de aves dentro de las áreas de influencia de los proyectos eólicos evaluados

IGA	Nombre Común	Familia	Especie	IUCN	CITES	Convention on Migratory Species (CMS)	Migratorio	Formación vegetal
Resolución Directroal N° 183-2011-MEM-AAE Parque Eólico Marcona	Gallinazo cabeza roja	Cathartidae	Cathartes aura	LC	-	II	-	-Tillandsial -Gramadal -Lomas
	Caracara	Falconidae	Phalcoboenus Megalopturus sp.	LC	II	II	-	-Lomas
	Chorlo de campo	Charadriidae	Oreopholus ruficolis	LC	-	II	Migratorio Austral	-Lomas
	Agachona chica	Thinocoridae	Thinocorus rumicivorus	LC	-	II	-	-Gramadal -Lomas
	Tortolita peruana	Columbidae	Collumbina cruziana	LC	-	-	-	-Lomas
Resolución Directroal N° 251-2013-MEM-AAE Parque Eólico Tres Hermanas	Gallinazo cabeza roja	Cathartidae	Cathartes aura	LC	-	II	-	-Lomas
	Chorlo de campo	Charadriidae	Oreopholus ruficolis	LC	-	II	Migratorio Austral	-Lomas
	Agachona chica	Thinocoridae	Thinocorus rumicivorus	LC	-	II	-	-Lomas -Gramadal
	Lechuza de los arenales	Strigidae	Athene Culinaria	LC	II	-	-	-Desierto costero
	Caracara	Falconidae	Phalcoboenus Megalopturus sp.	LC	II	II	-	-Lomas
	Minero Común	Fumariidae	Geosita cunilaria	LC	-	-	-	-Lomas -Gramadal

Continuación ...

IGA	Nombre Común	Familia	Especie	IUCN	CITES	Convention on Migratory Species (CMS)	Migratorio	Formación vegetal
								-Desierto costero
	Dormilona de cola corta	Tyrannidae	Muscigralla brevicauda	LC	-	-	-	-Lomas
	Fringilo de cola bandeada	Emberizidae	Phrygilus alaudinus	LC	-	-	-	-Desierto costero
Resolución Directroal N° 048-2015-MEM-AAE Parque Eólico Nazca	Gallinazo cabeza roja	Cathartidae	Cathartes aura	LC	-	II	-	-Lomas
Resolución Directroal N° 0101-2020/MEM-DGAAE PE Parque Eólico Lomitas	Tórtola Melódica	Columbidae	Tórtola melódica					-Agricultura costera y andina
	Ostrero Americano	Haematopodidae	Haematopus palliatus					-Franja litoral
	Ostrero Negruzco	Haematopodidae	Haematopus ater					-Franja litoral
	Playero arenero	Scolopacidae	Calidris alba			II		-Franja litoral
	Playero coleador	Scolopacidae	Actitis macularius			II		-Agricultura costera y andina
	Gaviota peruana	Laridae	Larus belched					-Franja litoral

Continuación ...

IGA	Nombre Común	Familia	Especie	IUCN	CITES	Convention on Migratory Species (CMS)	Migratorio	Formación vegetal
	Gaviotín real	Laridae	Thalasseus maximus			II		-Franja litoral
	Cormorán americano	Phalacrocoracidae	Phalacrocorax brasilianus					-Franja litoral
	Pelicano peruano	Pelecanidae	Pelecanus thagus	NT				-Franja litoral
	Garilta blanca	Ardidae	Egretta thula					-Agricultura costera y andina
	Gallinazo de cabeza roja	Cathartidae	Cathartes aura					-Franja litoral -Desierto costero
	Minero peruano	Fumariidae	Geositta peruviana					-Agricultura costera y andina
	Churrete marisqueero	Fumariidae	Cinclodes taczanowskit					-Franja litoral
	Dormilona de cola corta	Tyrannidae	Muscigralla brevicauda					-Agricultura costera y andina
	Golondrina azul y blanca	Hirundinidae	Pygochelidon cyanoleuca					-Agricultura costera y andina -Desierto costero
Resolución Directoral N°	Chotacabra menor	Caprimulgidae	Chordeiles acutipennis	LC				

Continuación ...

IGA	Nombre Común	Familia	Especie	IUCN	CITES	Convention on Migratory Species (CMS)	Migratorio	Formación vegetal
0110-2020/MEM-DGAAE Parque Eólico Caravelí	Gallinazo de cabeza roja	Cathartidae	Cathartes aura	LC				
	Minero común	Fumariidae	Geositta cunicularia	LC				
Resolución Directtroat N° 181-2017-MEM-AAE Parque Eólico San Juan	Gallinazo de cabeza roja	Cathartidae	Cathartes aura	LC				
	Minero común	Fumariidae	Geositta cunicularia	LC				
	Gaviota peruana	Laridae	Larus belched					
Resolución Directtroat N° 245-2014-MEM-AAE Parque Eólico Samaca	Pampero común	Furnariidae	Geositta cunicularia					
	Lechuza de los arenales	Strigidae	Athene cunicularia					
	Caracara Cordillerano	Falconidae	Phalcoboenus megalopterus					-Desierto costero
	Gallinazo de cabeza roja	Cathartidae	Cathartes aura					-Desierto costero
Resolución Directoral N° 0178-2021/MINEM-DGAAE Parque Eólico Muyu	Chorlo de Campo	Charadriidae	Oreopholus ruficollis	LC				-Lomas
	Agachona Chica	Thinocoridae	Thinocorus rumicivorus	LC				-Vegetación asociada a rocas -Lomas - Tillandsiales
	Alcaraván huerequeque	Burhinidae	Burhinus superciliaris	LC				-Lomas

Continuación ...

IGA	Nombre Común	Familia	Especie	IUCN	CITES	Convention on Migratory Species (CMS)	Migratorio	Formación vegetal
	Caracara Cordillerano	Falconidae	Phalcoboenus megalopterus	LC	II			-Desierto costero -Lomas
	Cernícalo Americano	Falconidae	Falco sparverius	LC	II			- Tillandsiales
	Gallinazo de cabeza roja	Cathartidae	Cathartes aura	LC				-Desierto costero -Vegetación asociada a rocas -Lomas - Tillandsiales
	Minero Peruano	Furnariidae	Geositta peruviana	LC				-Vegetación asociada a rocas - Tillandsiales
	Minero Común	Furnariidae	Geositta cunicularia	LC				-Lomas
	Chirigüe de raimondii	Thraupidae	Sicalis raimondii	LC				-Lomas
Resolución Directoral N° 0181-			<i>Geositta cunicularia</i>	LC				-Desierto costero -Lomas
			<i>Geositta maritima</i>	LC				-Desierto costero

Continuación ...

IGA	Nombre Común	Familia	Especie	IUCN	CITES	Convention on Migratory Species (CMS)	Migratorio	Formación vegetal
2022/MINEM-DGAAE Parque Eólico Torocco								-Lomas
			<i>Cathartes aura</i>	LC				-Desierto costero -Lomas
			<i>Thinocorus rumicivorus</i>	LC				-Desierto costero -Lomas
			<i>Falco peregrinus</i>	LC	I	II		-Lomas
			<i>Falco sparverius</i>	LC	II			-Desierto costero -Lomas
			<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	LC	II			-Lomas
			<i>Geranoaetus polyosoma</i>	LC	II			-Lomas
			<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	LC	II			-Lomas
			<i>Sicalis raimondii</i>	LC				-Lomas
			<i>Athene cunicularia</i>	LC	II			-Lomas
			<i>Theristicus melanopis</i>	LC				-Lomas
			<i>Rhodopis vesper</i>	LC	II			-Lomas
			<i>Charadrius vociferus</i>	LC				-Lomas
		<i>Oreopholus ruficollis</i>	LC				-Lomas	

Anexo 2. Resoluciones Directorales de los Estudios Ambientales aprobados de Centrales Eólicas

FIRMADO POR:



**Resolución Directoral
N° 008-2020-SENACE-PE/DEAR**

Lima, 15 de enero de 2020

VISTOS: (i) el Trámite N° E-MEAD-00145-2019 de fecha 28 de junio de 2019, que contiene la solicitud de Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Detallado de la Central Eólica Wayra I para el proyecto "Wayra Extensión", presentado por ENEL GREEN POWER PERÚ S.A.; y, (ii) el Informe N° 00021-2020-SENACE-JEF/DEAR de fecha 15 de enero de 2020;

CONSIDERANDO:

Que, mediante Ley N° 29968 se creó el Senace como organismo público técnico especializado, con autonomía técnica y personería jurídica de derecho público interno, adscrito al Ministerio del Ambiente, encargado de, entre otras funciones, revisar y aprobar los Estudios de Impacto Ambiental Detallados regulados en la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental y sus normas reglamentarias;

Que, mediante Decreto Supremo N° 006-2015-MINAM, se aprobó el cronograma de transferencia de funciones de las autoridades sectoriales al Senace, en el marco de la Ley N° 29968;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 328-2015-MINAM se aprobó la culminación del proceso de transferencia de funciones del Ministerio de Energía y Minas al Senace en materia de Minería, Hidrocarburos y Electricidad, estableciéndose que a partir del 28 de diciembre de 2015, dicha entidad es la autoridad ambiental competente para la revisión y aprobación de los Estudios de Impacto Ambiental Detallados, sus respectivas actualizaciones o modificaciones, Informes Técnicos Sustentatorios, solicitudes de clasificación y aprobación de Términos de Referencia, acompañamiento en la elaboración de Línea Base, Plan de Participación Ciudadana y demás actos o procedimientos vinculados a las acciones antes señaladas;

Que, el artículo 3° de la citada Resolución Ministerial, en concordancia con la Primera Disposición Complementaria Transitoria de la Ley N° 29968, establece que en tanto se aprueben por el Senace las disposiciones específicas que en materia sectorial de su competencia sean necesarias para el ejercicio de las funciones transferidas de acuerdo a lo dispuesto por la Primera Disposición Complementaria Final de la misma ley, continuarán vigentes las emitidas por el sector correspondiente de carácter administrativo y procedimental;

Que, mediante Resolución Ministerial N° 223-2010-MEM/DM se aprobaron los Lineamientos para la Participación Ciudadana en las Actividades Eléctricas con el objeto de establecer las pautas necesarias para el desarrollo de los mecanismos de participación ciudadana aplicables a los procedimientos de evaluación de los Estudios Ambientales; y, durante el seguimiento y control de los aspectos ambientales de las actividades eléctricas.

Asimismo, se promueve una mayor participación de la población involucrada, sus autoridades regionales, locales, comunales y entidades representativas, con la finalidad de conocer su percepción, opiniones, observaciones y sugerencias acerca de los aspectos ambientales y sociales relacionados a las actividades a desarrollarse;

Que, el artículo 18° del Reglamento de la Ley N° 27446, aprobado mediante Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, señala que se sujetan al proceso de evaluación ambiental las modificaciones de los proyectos de inversión pública, privada o de capital mixto, siempre que supongan un cambio del proyecto original que por su magnitud, alcance o circunstancias, pudieran generar nuevos o mayores impactos ambientales negativos, de acuerdo a los criterios específicos que determine la Autoridad Competente;

Que, el artículo 3° de las disposiciones especiales para la ejecución de procedimientos administrativos y otras medidas para impulsar proyectos de inversión pública y privada, aprobadas mediante Decreto Supremo N° 060-2013-PCM, establece el procedimiento, etapas y plazos para la evaluación de los Estudios Ambientales en el Sector Energía y Minas;

Que, como resultado de la evaluación de la Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Detallado de la Central Eólica Wayra I para el proyecto “*Wayra Extensión*”, presentado por ENEL GREEN POWER PERÚ S.A., mediante Informe N° 00021-2020-SENACE-PE/DEAR de fecha 15 de enero de 2020, se concluyó que dicha modificación cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por las normas ambientales vigentes; por lo que, corresponde su aprobación;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley N° 29968, Ley N° 27446, Decreto Supremo N° 006-2015-MINAM, Decreto Supremo N° 060-2013-PCM, Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM, Decreto Supremo N° 014-2019-EM, Resolución Ministerial N° 328-2015-MINAM, Resolución Ministerial N° 223-2010-MEM/DM y demás normas complementarias;

SE RESUELVE:

Artículo 1.- APROBAR la Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Detallado de la Central Eólica Wayra I para el proyecto “*Wayra Extensión*”, presentado por ENEL GREEN POWER PERÚ S.A., de conformidad con los fundamentos y conclusiones del Informe N° 00021-2020-SENACE-PE/DEAR de fecha 15 de enero de 2020, el cual se adjunta como anexo de la presente Resolución Directoral y forma parte integrante de la misma.

Artículo 2.- ENEL GREEN POWER PERÚ S.A., se encuentra obligada a cumplir con lo estipulado en la modificación del Estudio de Impacto Ambiental aprobada, con la presente Resolución Directoral y el Informe que la sustenta; así como, con los compromisos asumidos a través de los escritos presentados durante el procedimiento.

Artículo 3.- La aprobación de la modificación del Estudio de Impacto Ambiental no constituye el otorgamiento de licencias, autorizaciones, permisos, demás títulos habilitantes u otros requisitos legales con los que deberá contar el Titular para iniciar la ejecución de su proyecto, de acuerdo con lo establecido en la normatividad aplicable.

Artículo 4.- Remitir la presente Resolución Directoral, el Informe que la sustenta; así como, las opiniones técnicas (Oficio N° D000764-2019-DCIA/MC, Opinión Técnica N° 1052-2019-SERNANP-DGANP, Opinión Técnica N° 0006-2019-MINAGRI-DVDIAR/DGAAA-DGAA-DJRV), a ENEL GENERACIÓN PERÚ S.A.A., para conocimiento y fines correspondientes.

Artículo 5.- Remitir copia de la presente Resolución Directoral y del Informe que la sustenta a la Dirección General de Asuntos Agrarios del Ministerio de Agricultura y Riego, al Ministerio de Cultura, al Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado y al Organismo de Evaluación y Supervisión Ambiental, para su conocimiento y fines pertinentes.

Artículo 6.- Remitir copia de la presente Resolución Directoral y del Informe que la sustenta a la Dirección Regional de Energía y Minas del Ica, a la Municipalidad Provincial de Nazca, Municipalidad Distrital de Marcona y a la Asociación Justo Pastor.

Artículo 7.- Remitir copia del expediente de evaluación correspondiente (01 CD) al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental; y, a la Dirección de Registros Ambientales del Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles, para conocimiento y fines correspondientes.

Artículo 8.- Publicar en el Portal Institucional del Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (www.senace.gob.pe) la presente Resolución Directoral y el informe que la sustenta, a fin de que se encuentre a disposición del público en general.

Regístrese y Comuníquese,



Marco Antonio Tello Cochachez
Director de Evaluación Ambiental para
Proyectos de Recursos Naturales y Productivos
Senace



MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

Resolución Directoral

Que, en concordancia con la legislación vigente, el Ministerio de Energía y Minas, a través de los Auto Directorales N° 531-2010-MEM/AAE, N° 128-2011-MEM/AAE y N° 246-2011-MEM/AAE de fechas 06 de octubre de 2010, 11 de marzo y 09 de mayo de 2011, respectivamente, corrió traslado del requerimiento a la solicitante para que levante dichas observaciones;

Que, a través de los escritos N° 2036766 de fecha 20 de octubre de 2010, N° 2081730 de fecha 06 de abril de 2011 y N° 2095360 de fecha 28 de mayo de 2011, respectivamente; la recurrente cumplió con levantar las observaciones formuladas al presente EIA;

Que, mediante los Informes N° 051-2011-MEM-AAE/ACMC/MM y N° 131-2011-MEM-AAE-NAE/KPV, ambos de fecha 14 de junio de 2011, se concluyó por la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental presentado, en los cuales recayó el proveído de la Directora General de Asuntos Ambientales Energéticos de fecha 16 de junio de 2011;

De conformidad con la Ley N° 28611, Decreto Supremo N° 031-2007-EM, Decreto Supremo N° 029-94-EM y demás normas vigentes;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Aprobar el Estudio de Impacto Ambiental Parque Eólico Marcona y Línea de Transmisión, presentado por la empresa **PARQUE EÓLICO MARCONA S.R.L.**, el cual se ubicará en el distrito Marcona, provincia Nazca, departamento Ica.

Artículo 2°.- La aprobación del presente Estudio de Impacto Ambiental no constituye el otorgamiento de autorizaciones, permisos y otros, que por leyes orgánicas o especiales son de competencia de otras autoridades nacionales, sectoriales, regionales o locales.

Artículo 3°.- Remitir al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), copia de la presente Resolución Directoral y de los documentos que sustentan la misma, para los fines de fiscalización correspondiente.

Regístrese y Comuníquese,

.....
Eco. IRIS CARDENAS PINO
DIRECTORA GENERAL
DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS
AMBIENTALES ENERGÉTICOS





MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

Resolución Directoral

previamente a su aprobación por la autoridad sectorial competente requerirán opinión técnica del Ministerio de Agricultura;

Que, en atención a ello, mediante Escrito N° 2319851 de fecha 13 de agosto de 2013 la DGAAA MINAG remitió el Oficio N° 1405-2013-MINAGRI-DGAAA-82182-12 con la Opinión Técnica N° 127-13-MINAGRI-DGAAA-DGAA-AGF-82182-12 por medio de la cual se señala que *"...de la evaluación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto: Parque Eólico Tres Hermanas y de sus respectivos levantamientos de observaciones, se concluye que no tenemos observaciones adicionales"*; no obstante, dicha opinión técnica contiene disposiciones obligatorias que se imponen a LA EMPRESA y que deben ser acatadas y adoptadas por ésta a fin de alcanzar su estricto cumplimiento;

Que, de conformidad con el literal h) del artículo 8 y 53 del REGLAMENTO DEL SEIA, mediante Oficio N° 491-2012-MEM/AE, de fecha 15 de Febrero del 2013, se remitió a la Dirección General de Asuntos Socio Ambientales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (en adelante DGASA MINTRA) el EIA para su opinión técnica;

Que, en tal sentido mediante Escrito N° 2301872 de fecha 19 de Junio del 2013, la DGASA MINTRA remitió el Oficio N° 1163-2013-MTC/16 por medio del cual *"...se concluye en emitir OPINIÓN FAVORABLE"* al EIA en cuestión; así como, *"...recomienda incluir los considerandos planteados en el informe adjunto al presente [INFORME N° 058-2013-MTC/16.01.ODET], y producto del análisis respectivo por la consultora incluirlas al instrumento de gestión ambiental"*; en atención a ello, dichos considerandos deberán ser adoptados e implementados por LA EMPRESA en el período correspondiente al transporte de los equipos del proyecto;

Que, adicionalmente, mediante Escrito N° 2321269 de fecha 20 de agosto de 2013, la Secretaría de la Comandancia General de la Marina de Guerra del Perú del Ministerio de Defensa remitió la opinión técnica correspondiente informando que *"...el citado proyecto no se encuentra dentro de los terrenos de la Marina de Guerra del Perú; asimismo, no afecta las operaciones aéreas que desarrolla esta institución armada..."*; sin embargo, formuló consideraciones que deben ser adoptadas y cumplidas por LA EMPRESA;

Que, mediante Informes N° 024-2013-MEM-AAE-ACMC y N° 026-2012-MEM-AAE-NAE/RCO, adjuntos al Auto Directoral N° 164-2013-MEM/AE de fecha 13 de Marzo del 2013, se remitieron a LA EMPRESA las primeras observaciones técnicas y legales formuladas al EIA presentado; respectivamente;

Que, en lo que respecta a la evaluación técnica, mediante Informe N° 086-2013-MEM-AAE/ACMC se concluye que *"...en vista que se ha evaluado el área de influencia del proyecto y estando conforme a los levantamientos de observaciones, se recomienda la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Eléctrico "Parque Eólico Tres Hermanas..."*, máxime si se consideraron absueltas todas las observaciones que la Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos formuló a través del Informe N° 066-2013-MEM-AAE/ACMC de fecha 26 de junio de 2013;

Que, en lo que respecta a la evaluación legal, mediante Informe N° 094-2013-MEM-AAE-NAE/RCO se ha verificado que durante el desarrollo del procedimiento administrativo de

Aprobación del presente EIA, LA EMPRESA ha cumplido con la finalidad, exigencias y formalidades legales requeridas por las normas ambientales que regulan a las actividades Eléctricas, en concordancia con las normas aplicables de los sectores Agricultura y Riego y Ambiente, máxime si se consideraron absueltas todas las observaciones formuladas mediante Informe N° 026-2012-MEM-AAE-NAE/RCO;

Que, de otro lado, en lo que respecta a los requisitos que deben cumplir los administrados para el inicio de un Procedimiento de Aprobación de Estudio de Impacto Ambiental correspondiente al subsector Electricidad, exigidos en el ítem BA01 del TUPA MINEM, se verifica del expediente el cumplimiento por parte de LA EMPRESA de los requisitos exigidos;

Que, de acuerdo a lo expuesto, se concluye que en el presente procedimiento administrativo de aprobación del EIA, iniciado por LA EMPRESA, se han cumplido con todos los requisitos técnicos y legales exigidos por las normas ambientales que regulan las actividades de Electricidad, en concordancia con las normas aplicables de los sectores Agricultura y Riego y Ambiente; por lo que, corresponde la aprobación del EIA y la expedición de la presente Resolución Directoral;

Que, mediante los Informes N° 086-2013-MEM-AAE/ACMC y N° 094-2013-MEM-AAE-NAE/RCO, ambos de fecha 26 de agosto de 2013, que forman parte integrante de esta Resolución, se concluyó por la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental presentado; informes sobre los cuales recayó el proveído del Directora General de Asuntos Ambientales Energéticos con fecha 28 de agosto de 2013;

Que, de conformidad con la Ley N° 28611, Decreto Supremo N° 031-2007-EM, Decreto Supremo N° 015-2006-EM, Decreto Supremo N° 012-2008-EM, Resolución Ministerial N° 571-2008-MEM/DM; y, demás normas vigentes;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Aprobar el **Estudio de Impacto Ambiental del proyecto "Parque Eólico Tres Hermanas"**, ubicado a 8.5 Kms. aproximadamente, del Centro Poblado de San Juan de Marcona, Distrito de Marcona, Provincia de Nazca, Departamento de Ica; presentado por la empresa **PARQUE EÓLICO TRES HERMANAS S.A.C.** con Expediente N° 2213304.

Artículo 2°.- La aprobación del presente Estudio de Impacto Ambiental no constituye el otorgamiento de autorizaciones, permisos y otros, que por leyes orgánicas o especiales son de competencia de otras autoridades nacionales, sectoriales, regionales o locales.

Artículo 3°.- Remitir al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA, copia de la presente Resolución Directoral y de los documentos que sustentan la misma, para los fines de fiscalización correspondiente.

Regístrese y Comuníquese,



Eco. IRIS CARDENAS PINO
DIRECTORA GENERAL
DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS
AMBIENTALES ENERGÉTICOS

