Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias Jurídicas y Políticas

Escuela Profesional de Derecho

Los bienes en la generación de energía eólica y sus consecuencias jurídicas

Tesis presentada por:

Roque Benavente, Laleyska Alicia

ORCID: 0009-0004-6939-2986

para optar el Título Profesional de Abogada

Asesor:

Mg. Chávez Urquizo, Emmanuel Neptali Augusto

ORCID: 0000-0003-3389-4189

Arequipa – Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

DERECHO

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 27 de Marzo del 2026

Dictamen: 010188-C-EPDD-2026

Visto el borrador del expediente 010188, presentado por:

2015600082 - ROQUE BENAVENTE LALEYSKA ALICIA

Titulado:

LOS BIENES EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EÓLICA Y SUS CONSECUENCIAS JURÍDICAS

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Titulo Profesional/Titulo de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

ABOGADO

46910101 - NALVARTE LOZADA JUAN CARLOS
DICTAMINADOR



06514738 - MAYTA COAGUILA RONALD ALBINO
DICTAMINADOR



Los bienes en la generación de energía eólica y sus consecuencias jurídicas

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%	14%	7%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	cris.utec.edu.pe Fuente de Internet	<1%
2	repositorio.puce.edu.ec Fuente de Internet	<1%
3	Submitted to Universidad Estatal de Milagro Trabajo del estudiante	<1%
4	pdba.georgetown.edu Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1%
6	oldri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1%
7	revistas.ujat.mx Fuente de Internet	<1%
8	zdocs.mx Fuente de Internet	<1%
9	colombia-es.editor.um.dk Fuente de Internet	<1%
10	vlex.com.pe Fuente de Internet	<1%
11	www.businessinsider.es Fuente de Internet	<1%

app.regionapurimac.gob.pe

Dedicatoria

A Javier Montoya, que siempre tuvo la esperanza de que sea una gran profesional y persona.

A mis mascotas, que me acompañaron en incontables días y largas noches. Aunque ya no están físicamente conmigo, su recuerdo sigue intacto en mi mente y en mi corazón.

A Amelia Valkyria, eres mi mayor motivo para poder seguir adelante y continuar contribuyendo al cuidado del medio ambiente para que puedas seguir disfrutando de las maravillas de la naturaleza.

Agradecimientos

A Dios,

A Alicia, José, Mayté, José Luis y Amelia Valkyria, mi familia. Su apoyo incondicional ha sido indispensable en mi vida.

A Feriha, Pepi, Lily, Leah, María Eugenia, Cristina y Charlie, gracias por su compañía, su cariño es indescriptible.

Por último, al Mg. Emmanuel Nepatlí Augusto Chavez Urquizo, Mg. Ronald Albino Mayta Coaguila y Dr. Juan Carlos Nalvarte Lozada, sus virtudes son incuantificables, y su conocimiento inmenso; gracias por compartirlo y guiarme en este trabajo de investigación.

Epígrafe

“Produce una inmensa tristeza pensar que la naturaleza habla mientras los hombres no escuchan”

Victor Hugo

RESUMEN

La presente investigación analiza la suficiencia del marco normativo peruano respecto de la regulación del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores utilizadas en las actividades de generación de energía eléctrica mediante energía eólica. Si bien el ordenamiento jurídico peruano cuenta con disposiciones ambientales, eléctricas y de gestión integral de residuos sólidos aplicables a estas actividades, se advierte que dichas disposiciones no desarrollan criterios sectoriales específicos y articulados que regulen de manera integral las diferentes etapas del ciclo de vida de las palas.

La investigación se desarrolla bajo un enfoque cualitativo y un enfoque dogmático-jurídico, empleando los métodos analítico y comparativo. Se examina el marco normativo peruano aplicable a la generación eólica, las obligaciones ambientales relacionadas con las palas de los aerogeneradores y la regulación correspondiente a su retiro y gestión posterior. Asimismo, se realiza un análisis comparado de determinados ordenamientos jurídicos con la finalidad de identificar criterios que puedan resultar compatibles y aplicables al contexto peruano.

Los resultados permiten determinar que la insuficiencia normativa identificada no consiste en la inexistencia de disposiciones aplicables, sino en la falta de criterios sectoriales específicos que articulen las obligaciones correspondientes a las distintas etapas del ciclo de vida de las palas, situación que puede generar una aplicación fragmentada de las disposiciones vigentes, dificultades de seguimiento y ausencia de criterios uniformes para su retiro, reutilización, valorización y gestión posterior. Asimismo, el análisis comparado permite identificar criterios vinculados con la responsabilidad del titular, la planificación del retiro, la trazabilidad y la priorización de alternativas de reutilización y valorización.

En consecuencia, se determina la necesidad de desarrollar una regulación sectorial complementaria que permita articular las disposiciones existentes y establecer criterios específicos para la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores. La investigación concluye que dicha regulación resulta jurídicamente viable siempre que se integre al marco normativo vigente, respete las competencias de las autoridades ambientales y del sector eléctrico y no sustituya las disposiciones generales existentes. Como aporte jurídico, se formula una propuesta de Reglamento Sectorial para la Gestión del Ciclo de Vida de las Palas de los Aerogeneradores en las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica.

Palabras clave: Energía eólica; palas de aerogeneradores; ciclo de vida; regulación ambiental; insuficiencia normativa; regulación sectorial.

ABSTRACT

This research analyzes the sufficiency of the Peruvian legal framework regarding the regulation of the life cycle of wind turbine blades used in electricity generation activities through wind energy. Although the Peruvian legal system contains environmental, electricity, and integrated solid waste management provisions applicable to these activities, it is observed that such provisions do not establish specific and articulated sectoral criteria to comprehensively regulate the different stages of the life cycle of wind turbine blades. The research is conducted using a qualitative approach and a dogmatic-legal approach, employing analytical and comparative methods. The Peruvian legal framework applicable to wind energy generation, the environmental obligations related to wind turbine blades, and the provisions concerning their removal and subsequent management are examined. Likewise, a comparative analysis of selected legal systems is conducted in order to identify criteria that may be compatible with and applicable to the Peruvian context. The results show that the identified regulatory insufficiency does not consist of the absence of applicable legal provisions, but rather in the lack of specific sectoral criteria that articulate the obligations corresponding to the different stages of the life cycle of wind turbine blades. This situation may lead to fragmented application of existing provisions, difficulties in monitoring, and a lack of uniform criteria for their removal, reuse, recovery, and subsequent management. Furthermore, the comparative analysis makes it possible to identify criteria related to the responsibility of the holder, retirement planning, traceability, and the prioritization of reuse and recovery alternatives.

Consequently, the research determines the need to develop complementary sectoral regulation that allows the existing provisions to be articulated and establishes specific criteria for the management of the life cycle of wind turbine blades. The research concludes that such regulation is legally viable provided that it is integrated into the existing legal framework, respects the powers and responsibilities of environmental and electricity-sector authorities, and does not replace existing general provisions. As a legal contribution, a proposal is formulated for a Sectoral Regulation on the Management of the Life Cycle of Wind Turbine Blades in electricity generation activities through wind energy.

Key words: wind energy; wind turbine blades; life cycle; environmental regulation; regulatory insufficiency; sectoral regulation.

ÍNDICE

DEDICATORIA
AGRADECIMIENTOS
EPÍGRAFE
RESUMEN
ABSTRACT
INTRODUCCIÓN…… 1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA…….. 3
1. Descripción del Problema…… 4
2. Justificación …… 4
3. Objetivos …… 5
3.1. Objetivo General …… 6
3.2. Objetivos Específicos 6
4. Hipótesis …… 6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO Y JURÍDICO ……..7
1. Energía Eólica …… 9
1.1. Concepto …… 9
2. Antecedentes …… 10
2.1. A Nivel Nacional …… 10
2.2. A Nivel Internacional …… 16
3. Las Centrales Eólicas más importantes del Perú en la actualidad …… 20
3.1. Ica …… 21
3.1.1. Parque Eólico Marcona …… 21
3.1.2. Parque Eólico Tres Hermanas …… 21
3.1.3. Parque Eólico Wayra I …… 21
3.1.4. Parque Eólico Punta Lomitas …… 21
3.2. La Libertad …… 21
3.2.1. Parque Eólico Cupisnique …… 21
3.3. Piura …… 21
3.3.1. Parque Eólico Talara …… 21
3.4. Cajamarca …… 22
3.4.1. Parque Eólico Duna …… 22
3.4.2. Parque Eólico Huambos …… 22

4. Parques Eólicos más importantes a Nivel Internacional ……..……..…….. 24
4.1. India ……..…… 25
4.1.1. Parque Eólico Muppandal …….……...…….. 26
4.1.2. Parque Eólico Jaisalmer …….……...…..... 26
4.2. China ……..……..…….……..... 26
4.2.1. Parque Eólico de Gansu …….……..……..……... 27
4.3. Taiwan ……..…….……... 27
4.3.1. Parque Eólico de Gran Changhua 1 y 2ª ……..……..... 27
4.3.2. Parque Eólico Zhong Neng …….…….... 28
4.4. Reino Unido ……..……...…..... 28
4.4.1. Parque Eólico de Walney …….…….....….. 28
4.4.2. Parque Eólico Hornsea ……..……..…….. 28
4.4.3. Parque Eólico Whitelee ……..……...…… 29
4.5. Estados Unidos ……..…….…….. 29
4.5.1. Parque Eólico de Alta ……..……...…… 29
4.5.2. Parque Eólico Shepherds Flat ……..……..…… 30
4.5.3. Parque Eólico Meadow Lake ……...……...…… 30
4.5.4. Centro de Energía Eólica Roscoe ….……..…….…….…..... 30
4.5.5. Parque Eólico Horse Hollow ……..…….....…. 30
5. Bienes de la Generación de Energía Eólica ……...……... 34
5.1. Relación de los bienes de la generación de Energía Eólica con el problema de investigación ……..…….…….34
6. Partes del Aerogenerador ……...…….... 36
6.1. Cimentación …….…….……..…….. 37
6.2. Torre ……..……..…….. 37
6.3. Góndola ……..…….. 37
6.4. Rotor ……..…….…….. 38
6.4.1. Buje ……..…….....…..... 38
6.4.2. Eje ……..…….....… 38
6.4.3. Palas ..……...…..… 38
6.4.3.1. Componentes de las palas de los aerogeneradores …….……..… 38
6.4.3.1.1. Fibra de vidrio ….…….…….…… 39
7. Aspectos Económicos …….……..…….…….....… 39

7.1. Costes de Inversión ……..……..……..... 39
7.2. Costes Variables ……..……..…….. 43
7.3. Costes de desmantelamiento del Parque Eólico ……..……..……...…..…..... 43
8. Beneficios de la Energía Eólica ….……..……..…..... 46
9. Impactos Ambientales ……..……..……..……..……..……..……..……. 47
9.1. Impacto Ambiental sobre la Flora y Fauna ……..……..……..…. 47
9.2. Impacto Ambiental sobre el paisaje ……..……..……..... 50
9.3. Impacto Ambiental sobre la emisión de ruidos ……..……...……..... 51
10. Procedimiento para solicitar el funcionamiento de proyecto de parque eólico en Perú……..... 55
11. Legislación comparada sobre el tratamiento de las palas de los aerogeneradores..... 56
11.1. En Europa ……..……..……..……..……...……..……..... 56
11.2. En América ……..……..……..……..…….. 57
12. Alternativas de reciclaje de final de vida de palas de aerogeneradores ……..…… 60
12.1. Reciclaje Mecánico o Molienda ……..……..……...…..... 61
13.1.1. Fragmentación Electrodinámica ……..... 62
13.1.2. Fragmentación de Alto Voltaje ……..……..... 62
12.2. Reciclado Térmico ……..……..……..…… 62
12.2.1. Combustión o Incineración ……..……..... 62
12.2.2. Proceso de Lecho Fluidizado ……..… 62
12.2.3. Pirolisis ……..……..……..…… 63
12.3. Reciclaje Químico ……..……..……..……..…….. 63
12.3.1. Solvólisis ……..……..……..……..……..……..……..... 63
12.3.2. Reciclaje en condiciones suaves ……..... 63
12.4. Coprocesamiento ……..……..……..……..……. 63
13. Objetivos de Desarrollo Sostenible ……..……..……. 65
13.1. Energía Asequible y no contaminante (Objetivo N° 7) ……..……..…..... 65
13.2. Industria, innovación e infraestructura (Objetivo N° 9) ……..……..……..... 66
13.3. Producción y Consumo responsable (Objetivo N° 12) ……..……..……..... 66
14. Material orgánico a reemplazar la fibra de vidrio ……..……..……..……..…….. 66
14.1. Fibra de Kenaf .....…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..…..... 67
14.2. Fibra de Coco ……..……..……..……..……..……..……..……..……..... 67
14.3. Fibra de Yute ……..……..……..……..……..……..……..……..……..... 67

14.4. Ichu 68
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO 70
1. Enfoque y Diseño de la investigación 71
2. Instrumentos 71
3. Método de análisis de datos 72
CAPÍTULO IV: RESULTADOS, DISCUSIÓN Y APORTE JURÍDICO 73
1. Resultados 74
1.1. Primer Objetivo Específico 74
1.2. Segundo Objetivo Específico 75
1.3. Tercer Objetivo Específico 76
1.4. Cuarto Objetivo Específico 77
1.5. Impacto jurídico de la insuficiencia normativa identificada 78
1.6. Determinación de la necesidad de una regulación sectorial complementaria 81
2. Discusión 82
3. Aporte Jurídico 84
3.1. Propuesta normativa para la implementación de un reglamento sectorial para la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores en las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica 85
3.1.1. Justificación jurídica de la propuesta normativa 85
3.1.2. Sustento constitucional de la propuesta normativa 86
3.1.3. Sustento jurídico de la propuesta normativa en la Ley General del Ambiente - Ley N° 28611 87
3.1.4. Sustento jurídico de la propuesta normativa en la Ley de Concesiones Eléctricas - Decreto Ley N° 25844 89
3.1.5. Sustento jurídico de la propuesta normativa en el Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas - Decreto Supremo N° 009-93- EM 90
3.1.6. Sustento jurídico de la propuesta normativa en el Reglamento para la protección ambiental en las Actividades Eléctricas 91
3.1.7. Sustento jurídico de la propuesta normativa en el Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos 92
3.1.8. Sustento jurídico de la propuesta normativa en el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278 93

3.1.9. Sustento jurídico de la propuesta normativa en la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental - Ley N° 27446 95
3.1.10. Sustento jurídico de la propuesta normativa en las competencias del Ministerio de Energía y Minas 96
3.1.11. Sustento jurídico de la propuesta normativa en las competencias del Ministerio del Ambiente 98
3.1.12. Sustento jurídico de la propuesta normativa respecto de las competencias del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA 99
3.1.13. Sustento jurídico de la propuesta normativa respecto de las competencias del Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles - SENACE 100
3.1.14. Causas, consecuencias y problemas de aplicación derivados de la insuficiencia normativa 101
3.1.15. Justificación de la técnica normativa empleada 103
CONCLUSIONES 106
RECOMENDACIONES 108
PROPUESTA NORMATIVA 109
1. Exposición de motivos del proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Reglamento Sectorial para la Gestión del Ciclo de Vida de las Palas de los Aerogeneradores en las Actividades de Generación Eléctrica mediante Energía Eólica 109
1.1. Problemática que motiva la propuesta normativa 109
1.2. Finalidad de la propuesta normativa 109
1.3. Sustento Jurídico 110
1.4. Contenido de la propuesta normativa 110
1.5. Impacto esperado de la propuesta 111
2. Proyecto del Decreto Supremo 112
2.1. Propuesta de Reglamento Sectorial para la Gestión del Ciclo de Vida de las Palas de Aerogeneradores vinculadas a las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica. 114
REFERENCIAS 123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Tipos de costes específicos dentro del Coste de Inversión* ……..……..… 40

Tabla 2 *Cuadro comparativo de las Centrales Eólicas más grandes de Perú* ……..... 42

Tabla 3 *Procedimiento de solicitud de funcionamiento de proyecto de inversión en Perú* … 55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Cimientos de un aerogenerador ubicado en Yasila, 2016* ……..……..... 11
Figura 2 *Casetas de personal y de bancos de baterías de almacenamiento de energía de los aerogeneradores* ……..……..… 12
Figura 3 *Mapa del Perú de las Centrales Eólicas con EPO (Estudios de Pre-Operatividad) aprobados al 2028, elaborado por OSINERGMIN* ……..……... 15
Figura 4 *Primer Aerogenerador eólico elaborado por Charles Francis Brush que abastecía a su vivienda* ……..……..… 17
Figura 5 *Proceso del Primer Aerogenerador eólico ensamblado en Dinamarca durante los años de 1970* ……...…… 19
Figura 6 *Primer Aerogenerador eólico ensamblado en Dinamarca actualmente en funcionamiento* ……..……..…. 19
Figura 7 *Parque Eólico Punta Lomitas, Distrito de Ocucaje, Provincia y Departamento de Ica* ……..…. 22
Figura 8 *Parque Eólico Duna y Huambos, Distrito de Huambos, Provincia de Chota y Departamento de Cajamarca* ……...…….. 23
Figura 9 *Parque Eólico Terrestre Muppandal, Tamil Nadu, sur de India* …...……..…..
31
Figura 10 *Parque Eólico Terrestre Gansu, ciudad de Jiuquan, provincia de Gansu, noroeste de China* ……..….. 31
Figura 11 *Parque Eólico Marino Gran Changhua 1 y 2, Costa de Changhua, Taiwan* …….
32
Figura 12 *Parque Eólico Marino Walney, mar de Irlanda, cerca de la Costa de Inglaterra, Reino Unido* ……..... 32
Figura 13 *Parque Eólico Terrestre Alta, condado de Kern, California, Estados Unidos*…...
33
Figura 14 *Parque Eólico Terrestre Shepherds, condado de White, Indiana, Estados Unidos*.
33
Figura 15 *Componentes básicos de un Aerogenerador* ……..……. 36
Figura 16 *Resumen de una Ficha Técnica de la Central Eólica Parque Eólico Marcona proporcionada por OSINERGMIN* ……..…… 44
Figura 17 *Resumen de una Ficha Técnica de la Central Eólica Wayra I proporcionada por OSINERGMIN* ……..…… 45

Figura 18 *Residuos de palas en aerogenerados depositados en vertederos durante su proceso de disposición final* ……..... 48
Figura 19 *Restos de escombros y basura de la carretera Piura – Talara, Pampa "La Campana" muy cerca de poblados* ……... 49
Figura 20 *Escombros y restos de basura cerca de aerogenerador de la Central Eólica Talara* ……. 50
Figura 21 *Palas de aerogeneradores enterradas en el radio del parque eólico*…… 51
Figura 22 *Pala de aerogenerador en la Central Eólica de Talara, en Piura, Perú; tendida en el suelo sin algún tipo de supervisión, señalización o advertencia* ……. 52
Figura 23 *Pala de aerogenerador en la Central Eólica de Talara en Piura, Perú en la actualidad* ……...……... 53
Figura 24 *Central Eólica Talara, ubicada en Talara, en Piura, Perú en la actualidad 2025* ..……...… 54
Figura 25 *Esquema de métodos de reciclaje de palas de aerogeneradores* …….. 61
Figura 26 *Cuadro de Costos y Valores relativos estimados de las tecnologías de reciclaje* ……..…….. 64

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en el mundo se presentan diversos tipos de energía renovable, con las cuales se trata de aminorar la contaminación ambiental. Si bien es un progreso bastante bueno para la humanidad, no todos los componentes de los diversos tipos de energía renovable son tan eco amigables como se pretenden ver. En este trabajo de investigación se analiza la energía eólica, en específico, las palas de los aerogeneradores que son parte muy importante para poder obtener este tipo de energía. Siendo el punto más específico en esta investigación, un componente de las palas, la fibra de vidrio.

Durante el desarrollo se va a encontrar desde los principios del primer aerogenerador, atravesando uno de los aerogeneradores pioneros ubicado en Dinamarca, el cual sigue siendo de uso constante hasta la actualidad. Asimismo, como es que se ha desarrollado este tipo de energía renovable a nivel nacional como a nivel internacional. Enumerando y detallando las características más resaltantes de las diversas Centrales Eólicas que hay. Además, se hará un desarrollo de las partes de un aerogenerador, teniendo en cuenta el material del que se trata de cambiar por uno orgánico, que es la fibra de vidrio, siendo este uno de los puntos más resaltantes de la investigación. Con estos datos, se verá los tipos de costes, que, a nivel nacional, se puede tener para poder ensamblar una Central Eólica, y la comparativa con las más grandes Centrales en nuestro país.

Asimismo, se podrá observar tanto los beneficios como las desventajas de estas centrales eólicas, impactos ambientales y como estos pueden perjudicar sobre todo a la flora y fauna que está inmersa en el radio de las ubicaciones de las centrales eólicas.

Es necesario comprender que, si bien a nivel nacional no se tratan con mucho rigor las legislaciones para este tipo de energía renovable, a nivel internacional si se detalla las diversas formas ensamblaje, tratamiento, y fin de vida de las palas de los aerogeneradores. Siendo que existen diversas formas de reciclaje como fin de vida de las palas, pero que no son del todo amigables con el medio ambiente, o que exceden un costo que, teniendo en cuenta nuestro país, son bastante altos. Por lo que, con este trabajo de investigación, se busca el poder reemplazar la fibra de vidrio, como uno de los principales materiales más complicados de reciclar de las palas de los aerogeneradores, por un material orgánico. Es así, que también se han realizado estudio de materiales orgánicos en diversos países, como la fibra de coco, fibra de kenaf, fibra de yute, fibra de ichu.

En el caso de Perú, se puede apreciar que no al no haber una suficiente legislación específica, sin criterios sectoriales, es que, como consecuencia existen ausencias, que puede

ser regulados en pro del medio ambiente y con el motivo de poder tener una mejor regulación de todo el ciclo de vida de las palas de aerogeneradores. Teniendo en cuenta que la energía eólica, es parte de las energías renovables, la cual no significa que estas puedan contribuir con sus elementos, al cuidado del medio ambiente.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1. Descripción del Problema

El desarrollo de la energía eólica en el Perú se ha incrementado durante los últimos años como parte de la transición hacia fuentes renovables. Sin embargo, el ordenamiento jurídico peruano cuenta con disposiciones generales aplicables a la generación eólica y a la gestión ambiental y de residuos; sin embargo, presenta una insuficiencia normativa respecto de la regulación específica y articulada del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores.

Actualmente, si bien la Ley de Concesiones Eléctricas, la normativa de promoción de las energías renovables, la normativa ambiental y las disposiciones aplicables a la gestión de residuos resultan aplicables a los proyectos eólicos, estas no establecen obligaciones sectoriales específicas y articuladas respecto de la fabricación, uso, mantenimiento, sustitución, retiro y gestión posterior de las palas de los aerogeneradores. Tampoco existe un régimen que regule los materiales permitidos o que promueva la progresiva sustitución de aquellos que generan impactos significativos en el ambiente.

Como consecuencia de esta omisión normativa, las palas que han culminado su vida útil son enterradas, acumuladas o almacenadas sin tratamiento, generando contaminación del suelo y afectaciones al ecosistema circundante. Esta situación vulnera los principios de prevención, precautorio, sostenibilidad y responsabilidad ambiental, reconocidos en la Ley General del Ambiente, y evidencia una insuficiencia normativa respecto de la regulación específica del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores..

La ausencia de regulación también impide valorar alternativas de menor impacto ambiental – como la fibra natural de ichu – que podrían sustituir progresivamente a la fibra de vidrio y reducir la huella contaminante de esta infraestructura. Sin una normativa específica, no existe obligación legal para promover, exigir o supervisar la incorporación de materiales sostenibles en la industria eólica.

En ese sentido, el problema jurídico central se encuentra en la insuficiencia del marco normativo vigente para regular de manera específica y articulada el ciclo de vida de a¿las palas de los aerogeneradores pese a su carácter contaminante, lo que requiere evaluar la viabilidad jurídica de implementar una regulación sectorial complementaria que permita establecer criterios específicos para la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores.

2. Justificación

El ordenamiento jurídico peruano cuenta con disposiciones ambientales, energéticas y de gestión de residuos sólidos aplicables a las actividades de generación eólica; sin embargo,

estas no desarrollan de manera específica y articulada la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores. Esta ausencia normativa genera falta de estándares mínimos de fabricación y materiales, ausencia de criterios para su disposición final, dificultados de fiscalización sectorial y falta de responsabilidad clara respecto de los residuos generados. Con lo cual, el poder investigar estos aspectos son necesarios para poder identificar sus implicancias y fundamentar jurídicamente una posible regulación que sea adecuada.

Todo lo explicado, puede llevar a una propuesta de regulación, la cual contemplaría características como la de evitar impactos antes de que se produzcan, actuar frente a riesgos aun no completamente determinados, responsabilidad ambiental teniendo en cuenta que quien genera un impacto debe de asumir la gestión, asimismo, promover tecnología y materiales de menor impacto y poder reducir residuos mediante reutilización de materiales. Consecuentemente, se va a tener que obligar a intervenir frente a los materiales contaminantes, en este caso, la fibra de vidrio. Ya que, actualmente en Perú, no hay un plan, estrategia, o esquema que establezca alguna alternativa de reciclaje o disposición de las palas de los aerogeneradores, por lo que se limitan a enterrarlas en el terreno donde los aerogeneradores se ubican o se acumulan en vertederos. La evaluación de materiales naturales, entre ellos la fibra de ichu, podría contribuir a reducir los impactos ambientales asociados a las palas, siempre que previamente se determine su viabilidad técnica, ambiental y normativa.

Por un lado, esta investigación muestra que el ordenamiento debe permitir y regular la evaluación de alternativas materiales y tecnológicas ambientalmente favorables. Por lo que, el tener una regulación específica otorga claridad y coherencia al sistema jurídico.

Por otro lado, al tener el ichu como material natural y biodegradable, constituye una opción mucho más viable desde el punto de vista ambiental, por lo que se requiere un análisis sobre su adecuación al marco normativo vigente, la compatibilidad que este genera para el sector de energía y ambiente, hablando exclusivamente de los materiales a usarse en este sector; y los mecanismos legales que permitirían exigir o promover su uso.

En nuestro país no se fabrican aerogeneradores, es decir, todo lo que contribuye a un aerogenerador (torres, palas, góndolas, etc.), por lo que, dependemos de la importación de estos, generando altos costos, además de los costos de transporte y ensamblaje, que, también son altos. El uso del ichu, aminoraría costos, y favorecería a la producción, manufactura, hasta investigación local, lo que va a estimular la economía regional.

Este trabajo de investigación aborda una problemática técnica, ambiental y jurídica, y plantea como aporte una propuesta de regulación sectorial complementaria orientada a

fortalecer la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores, incluyendo la posibilidad de evaluar alternativas materiales y tecnológicas de menor impacto ambiental.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Evaluar la suficiencia del marco normativo peruano respecto al ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores, a fin de determinar la necesidad y viabilidad de una regulación específica en este ámbito.

3.2. Objetivos Específicos.

- Identificar y analizar el marco normativo peruano aplicable a la generación de energía eólica, con especial énfasis en las obligaciones ambientales relacionadas con las palas de los aerogeneradores.
- Determinar la insuficiencia normativa existente respecto de la regulación del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores, considerando sus etapas de fabricación, utilización, mantenimiento, retiro y gestión final.
- Analizar comparativamente la regulación de otros ordenamiento jurídicos respecto de la gestión de las palas de los aerogeneradores, con el propósito de identificar criterios que puedan resultar aplicables al contexto peruano.
- Evaluar la viabilidad jurídica de implementar una regulación sectorial complementaria que establezca criterios para la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores y permita considerar alternativas materiales y tecnológicas ambientalmente favorables.

4. Hipótesis

El marco normativo peruano vigente, si bien contiene disposiciones ambientales, eléctricas y de gestión integral de residuos sólidos aplicables a las actividades de generación de energía eólica, resulta insuficiente para regular de manera específica y articulada el ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores, debido a la ausencia de criterios sectoriales que permitan delimitar y articular las obligaciones jurídicas vinculadas con su planificación, mantenimiento, retiro, reutilización, valorización y gestión final, así como en las dificultades para determinar su aplicación coordinada durante las distintas etapas de dicho ciclo de vida.

Por lo que, la insuficiencia normativa identificada puede generar una aplicación fragmentada de las disposiciones existentes, dificultades en la determinación de responsabilidades y limitaciones para asegurar la continuidad de las obligaciones de gestión de las palas desde su incorporación a la actividad eléctrica hasta su retiro y disposición final.

Por ello, resulta necesaria la evaluación de una intervención normativa que permita desarrollar criterios sectoriales específicos y articular las disposiciones vigentes. En ese sentido, es jurídicamente viable implementar una regulación sectorial complementaria para la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores, siempre que esta establezca obligaciones específicas para los titulares de centrales eólicas y se integre al marco normativo existente sin contradecirlo.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO Y JURIDICO

1. Energía Eólica

1.1. Concepto

Según la Fundación Española ENDESA (2021), la energía eólica aprovecha la velocidad y la fuerza del viento, lo que genera el movimiento de las palas de los aerogeneradores y permite la transformación de energía mecánica. Esta energía mecánica se convierte en energía eléctrica mediante un generador que opera a través de una turbina de imanes, produciendo voltaje eléctrico

Por el lado de Agreda, et al. (2017) señala que la energía eólica se origina a partir del movimiento generado por la masa de aire, es decir, del viento. En ese sentido, puede definirse como una fuente de energía renovable que es obtenida a través del viento mediante palas aerodinámicas que son parte de los aerogeneradores, convirtiendo la energía cinética del aire en energía eléctrica sin producir emisiones contaminantes. La magnitud de la producción va a depender de las condiciones climáticas del lugar donde están instalados, así como de la potencial nominal del dispositivo, es decir de la cantidad de energía que un equipo es capaza de generar en condiciones óptimas garantizando la seguridad y continuidad en el funcionamiento.

La importancia de la energía eólica radica en el papel fundamental que desempeña en la transición hacia un modelo energético sostenible, menos dependiente de los combustibles fósiles. Siendo uno de sus principales aportes la ausencia de emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a mitigar el cambio climático y reducir la huella de carbono global. Asimismo, es una fuente de energía versátil, ya que esta puede ser aprovechada en superficies terrestres como marítimas, lo que la convierte en una alternativa continua y confiable a largo plazo.

La energía eólica favorece la reducción de la dependencia de importaciones, brindando autonomía y estabilidad en el suministro eléctrico. Desde la perspectiva económica, el costo de producción de los equipos asociados a esta tecnología ha disminuido con el paso de los años, en comparación con los primeros aerogeneradores que se han desarrollado a nivel mundial. Adicionalmente, el gasto eléctrico en hogares y en diferentes sectores productivos han demostrado que hay reducciones notables, beneficiando directamente a la sociedad.

En el ámbito laboral, la industria que genera la energía eólica promueve la creación de múltiples puestos de trabajo, como ensamblaje, mantenimiento y operación de los sistemas, además de las compañías de suministro eléctrico que se acoplan a este tipo de alternativa energética. Esto apoya e impulsa el avance tecnológico y al desarrollo de empleos verdes, que

son los que contribuyen a la conservación del medio ambiente promoviendo un desarrollo sostenible.

2. Antecedentes

2.1. A Nivel Nacional

De acuerdo con el Atlas Eólico del Perú del Ministerio de Energía y Minas (2016), advierte que los primeros intentos de generación de energía eólica en nuestro país se dieron durante la década de 1980. Estas iniciativas fueron promovidas por dos instituciones que fueron pioneras en el ámbito de la investigación y desarrollo tecnológico: el Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC) y la empresa estatal ELECTROPERU, precursoras del aprovechamiento de este tipo de energía en el territorio nacional.

El ITINTEC desarrolló uno de los primeros modelos de aerogeneradores del país, el cual producía una potencia de quinientos watts aproximadamente. El dispositivo fue instalado en una vivienda ubicada en el distrito de Villa El Salvador, en el departamento de Lima. No obstante, el sistema no llegó a operar de manera efectiva debido a que presentó fallas técnicas y a la insuficiencia de la velocidad del viento que presentaba la zona en la que fue instalado.

Por su parte, ELECTROPERU, también desempeño un papel fundamental en el impulso de la energía eólica. En conjunto con el Instituto Italo-Latinoamericano, retomó el desarrollo de un proyecto que fue el resultado del *Convenio Básico de Cooperación Técnica, Científica y Financiera*, o más conocido como "Convenio Italo-peruano", el cual fue suscrito en el año de 1992. Este convenio tuvo el propósito de promover el aprovechamiento de las fuentes de energía no convencionales y fomentar el desarrollo de tecnologías locales.

En el marco de este convenio, se elaboró el primer proyecto piloto en la Caleta Yasila, ubicada en la provincia de Piura. Seguidamente, se dio inicio a un segundo proyecto, el cual fue localizado en Torán, Valle de Majes, provincia de Arequipa.

Respecto de la Central Eólica de Yasila, podríamos decir lo siguiente:

Estuvo situada en la parte alta de la bahía de Paita, en el departamento de Piura. En 1992, la Gerencia de Electrificación Provincial, Distrital y Rural de ELECTROPERU, en coordinación con el Instituto Per La Cooperazione Universitaria de Roma, formalizó la ejecución del proyecto mediante el "Convenio Italo-peruano". Este proyecto abarcó el estudio, diseño e implementación de una central eólica piloto que contemplaba la instalación de tres aerogeneradores monopala, es decir, de una sola pala; las cuales tenían una potencia

individual de 3.5 Kilowatts. Estos equipos tenían la finalidad de suministrar energía eléctrica para la zona.

Aproximadamente, para el año 1994, dos de los tres aerogeneradores continuaban en funcionamiento, y de igual forma las casetas que albergaban parte del sistema eléctrico de estos aerogeneradores. Como consecuencia de la falta de mantenimiento hizo que la central fuera abandonaba.

En la *figura 1* y *figura 2*, respectivamente, se presentan imágenes que fueron tomadas en el año 2016, las cuales pueden observarse los restos de las bases que los aerogeneradores que estuvieron en funcionamiento, así como las casetas que formaban parte de la infraestructura de la Central Eólica de Yasila. Estas son evidencias que muestran un estado de abandono muy prolongado, reflejan la relevancia y vigencia del presenta tema de investigación, en tanto evidencian la necesidad de promover un desarrollo sostenible y continua de las energías renovables en el país.

Figura 1

Cimientos de un aerogenerador ubicado en Yasila, 2016.



Nota. Adaptado de Atlas Eólico de Perú (p.17), por MINEM, 2016.

Figura 2

Casetas de personal y de bancos de baterías de almacenamiento de energía de los aerogeneradores.



Nota. Adaptado de *Atlas Eólico de Perú* (p.18), por MINEM, 2016.

Por otro lado, cabe resaltar la experiencia de la Central Eólica de Toran, ubicada en la localidad de Torán, Valle de Majes, distrito de Uraca, provincia de Castilla y departamento de Arequipa. En esta ubicación se instalaron dos aerogeneradores con una potencia de 4 kW (kilovatios) cada uno, con la finalidad de proveer energía eléctrica a aproximadamente cuarenta familias. La central inició sus operaciones en el año 1988; sin embargo, tras un breve periodo de funcionamiento, uno de los aerogeneradores colapsó y el otro presentó fallas en uno de sus componentes, sin que se lograra determinar con exactitud las causas técnicas del mal funcionamiento.

Con el paso del tiempo, y paralelamente, el desarrollo tecnológico de los sistemas eólicos a nivel internacional, se emprenden nuevos proyectos de generación eólica en nuestro país. Entre estos destacan las experiencias desarrolladas en Punta Malabrigo ubicado en el departamento de La Libertad y San Juan de Marcona ubicado en el departamento de Ica durante el año 1996. Estos proyectos consistieron en la instalación de aerogeneradores de pequeña escala, con una cantidad reducida de equipos, entre uno o dos por localidad, lo que representa una etapa inicial en la aplicación de este tipo de tecnología dentro del territorio nacional.

Posteriormente, y de acuerdo con las tendencias internacionales hacia el aprovechamiento de fuentes renovables, el Perú fortaleció su incursión en la generación eólica a gran escala. En el año 2014, en el departamento de Ica, provincia de Nazca y distrito de Marcona, se instaló el primer parque eólico de gran extensión con una potencia de treinta y dos MW (megavatios). Dos años más tarde, la expansión de esta fuente de energía continuo con la creación de nuevos parques eólicos en las provincias de La Libertad y Piura.

Entre los proyectos que son más representativos se encuentra el Parque Eólico Tres Hermanas, el cual está ubicado en el distrito de San Juan de Marcona, provincia de Nazca, departamento de Ica. Es considerado uno de los más importantes del país, cuenta con una potencia instalada de noventa y siete MW (megavatios), con una extensión no especificada, pero bastante amplia.

En la actualidad, en el departamento de Ica se concentran los parques eólicos de mayor capacidad y relevancia a nivel nacional. En la *figura 3*, se presenta una descripción detallada de estos proyectos, acompañada de un listado de los parques eólicos, que, actualmente están en operación, así como de aquellos que se encuentran muy próximos a iniciar actividades. En las siguientes secciones se va a abordar los aspectos técnicos, normativos más relevantes de las principales centrales eólicas del país, con el propósito de poder analizar su contribución al desarrollo del marco regulatorio de las energías renovables en Perú.

Las Centrales Eólicas con Estudio de Pre-Operatividad (MINEM, s.f.), o llamado también EPO, comprenden un procedimiento técnico-administrativo necesario para que las nuevas instalaciones – ya sean centrales eólicas o ampliaciones de las existentes- puedan incorporarse al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, o SEIN. Este proceso requiere la obtención de la conformidad del Comité de Operación Económica del Sistema, o COES. Esta es una entidad responsable de autorizar la conexión eléctrica correspondiente, garantizando la compatibilidad técnica y operativa de cada proyecto con el sistema nacional.

El COES (MINEM, s.f.) es una entidad privada sin fines de lucro, el cual está integrada por agentes que forman parte del SEIN, y cuyas disposiciones resultan de cumplimiento obligatorio por los agentes. Su función principal consiste en coordinar la operación del sistema eléctrico nacional en el corto, mediano o largo plazo, velando por la optimización de cosos, la seguridad operativa, el uso eficiente de los recursos energéticos y la continuidad del suministro eléctrico. En el presente estudio se tomarán en cuenta aquellos aspectos vinculados directamente con la planificación, aprobación y ejecución de proyectos

eólicos, en tanto resulten relevantes para el análisis jurídico de la materia objeto de investigación.

Para la elaboración y aprobación de los Estudios de Pre-Operatividad, es necesario presentar ante el COES un informe técnico integral, el cual debe de contener, un resumen ejecutivo, la caracterización técnica del proyecto, la ingeniería de transmisión para la conexión al SEIN y los estudios eléctricos correspondientes, entre otros elementos. Este procedimiento constituye una etapa esencial dentro del proceso de integración de nuevas fuentes de energía renovable al sistema nacional, y su cumplimiento garantiza que las centrales eólicas operen conforme a los estándares técnicos y regulatorios establecidos.

Cabe precisar, que, si bien lo anterior descrito forma parte del marco procedimental requerido para la obtención de la conformidad operativa, el presente trabajo se centrará específicamente en el análisis jurídico y regulatorio de las centrales de energía eólica, en específico el reemplazo de un elemento químico altamente contaminante, por un elemento natural con menor grado de contaminación, considerando su relevancia en la consolidación del marco normativo de las energías renovables en Perú.

En la *figura 3*, se presenta el mapa del territorio nacional, en el cual se identifican las centrales eólicas con Estudios de Pre-Operatividad aprobados por el COES. Dichos proyectos se encuentran en distintas etapas de desarrollo, ya sea en fase de ejecución o en espera de su implementación en un futuro próximo. Actualmente, se registran cuarenta y dos proyectos de centrales eólicas aprobados, de los cuales dieciséis se ubican en la provincia de Ica, doce en la provincia de Lambayeque y ocho en la provincia de Piura, siendo estas las jurisdicciones con mayor número de proyectos aprobados.

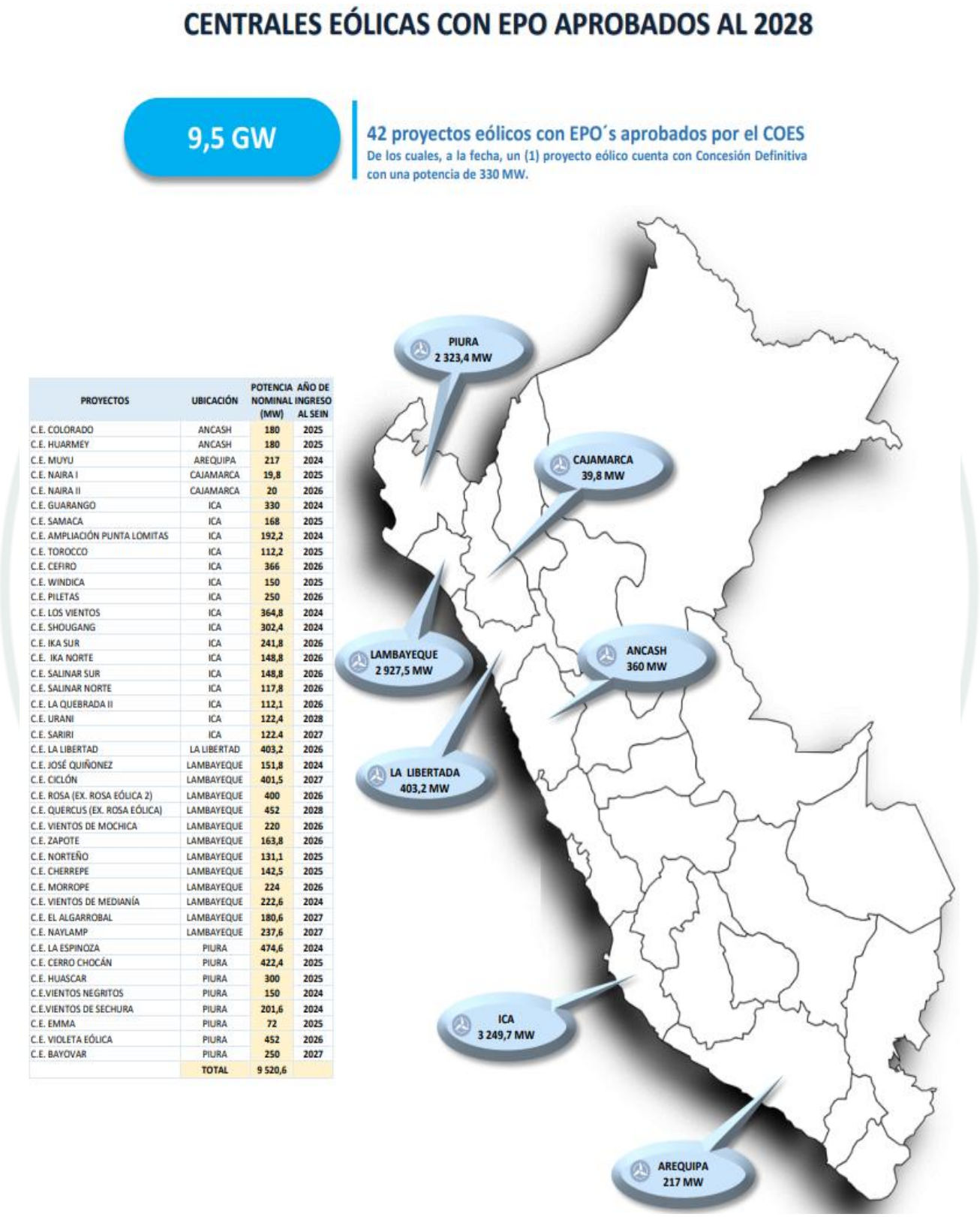
Estos proyectos se encuentran con autorización hasta el año 2028, y su ejecución dependerá de los presupuestos asignados por las empresas responsables, así como del cumplimiento de los procedimientos administrativos, técnicos y de mantenimiento que cada una de ellas deba realizar para garantizar el correcto funcionamiento de las respectivas centrales eólicas.

Desde una perspectiva jurídica, es importante resaltar que el desarrollo y la puesta en operación de estas centrales se encuentran amparados por el Decreto Ley N° 25844 (Ley de Concesiones Eléctricas, 1992) y por el Decreto Legislativo N° 1002 (Decreto Legislativo de Promoción de la Inversión para la generación de electricidad con el uso de Energías Renovables, 2008). Dichos dispositivos establecen el marco legal que regula las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, así como los incentivos

destinados a promover la inversión privada en fuentes renovables no convencionales. En este sentido, los Estudios de Pre-Operatividad y la intervención del COES constituyen instrumentos esenciales para asegurar que la expansión del sector eólico se desarrolle dentro de los principios de seguridad jurídica, sostenibilidad ambiental y eficiencia económica, pilares fundamentales del ordenamiento jurídicos peruano en materia energética.

Figura 3

Mapa del Perú de las Centrales Eólicas con EPO (Estudios de Pre-Operatividad) aprobados al 2028 de OSINERGMIN



PROYECTOS	UBICACIÓN	POTENCIA NOMINAL (MW)	AÑO DE INGRESO AL SEIN
C.E. COLORADO	ANCASH	180	2025
C.E. HUARMEY	ANCASH	180	2025
C.E. MUYU	AREQUIPA	217	2024
C.E. NAIRA I	CAJAMARCA	19,8	2025
C.E. NAIRA II	CAJAMARCA	20	2026
C.E. GUARANGO	ICA	330	2024
C.E. SAMACA	ICA	168	2025
C.E. AMPLIACIÓN PUNTA LOMITAS	ICA	192,2	2024
C.E. TOROCCO	ICA	112,2	2025
C.E. CEFIRO	ICA	366	2026
C.E. WINDICA	ICA	150	2025
C.E. PILETAS	ICA	250	2026
C.E. LOS VIENTOS	ICA	364,8	2024
C.E. SHOUGANG	ICA	302,4	2024
C.E. IKA SUR	ICA	241,8	2026
C.E. IKA NORTE	ICA	148,8	2026
C.E. SALINAR SUR	ICA	148,8	2026
C.E. SALINAR NORTE	ICA	117,8	2026
C.E. LA QUEBRADA II	ICA	112,1	2026
C.E. URANI	ICA	122,4	2028
C.E. SARIRI	ICA	122.4	2027
C.E. LA LIBERTAD	LA LIBERTAD	403,2	2026
C.E. JOSÉ QUIÑONEZ	LAMBAYEQUE	151,8	2024
C.E. CICLÓN	LAMBAYEQUE	401,5	2027
C.E. ROSA (EX. ROSA EÓLICA 2)	LAMBAYEQUE	400	2026
C.E. QUERCUS (EX. ROSA EÓLICA)	LAMBAYEQUE	452	2028
C.E. VIENTOS DE MOCHICA	LAMBAYEQUE	220	2026
C.E. ZAPOTE	LAMBAYEQUE	163,8	2026
C.E. NORTEÑO	LAMBAYEQUE	131,1	2025
C.E. CHERREPE	LAMBAYEQUE	142,5	2025
C.E. MORROPE	LAMBAYEQUE	224	2026
C.E. VIENTOS DE MEDIANÍA	LAMBAYEQUE	222,6	2024
C.E. EL ALGARROBAL	LAMBAYEQUE	180,6	2027
C.E. NAYLAMP	LAMBAYEQUE	237,6	2027
C.E. LA ESPINOZA	PIURA	474,6	2024
C.E. CERRO CHOCÁN	PIURA	422,4	2025
C.E. HUASCAR	PIURA	300	2025
C.E.VIENTOS NEGRITOS	PIURA	150	2024
C.E.VIENTOS DE SECHURA	PIURA	201,6	2024
C.E. EMMA	PIURA	72	2025
C.E. VIOLETA EÓLICA	PIURA	452	2026
C.E. BAYOVAR	PIURA	250	2027
	TOTAL	9 520,6	

Nota. Tomado de *Compendio de proyectos de generación eléctrica no convencional con estudios de preoperatividad aprobado por el COES, por OSINERGMIN y COES, 2024.*

2.2. A Nivel Internacional

Los antecedentes más remotos de los actuales aerogeneradores eólicos se remontan a los denominados molinos de viento, estructuras, que, si bien fueron empleadas originalmente para actividades agrícolas y mecánicas, posteriormente se adaptaron para la generación de energía eléctrica. Estas tecnologías tuvieron una notable presencia en países como Estados Unidos y Dinamarca, siendo consideradas los primeros referentes del aprovechamiento de la energía cinética el viento con fines productivos.

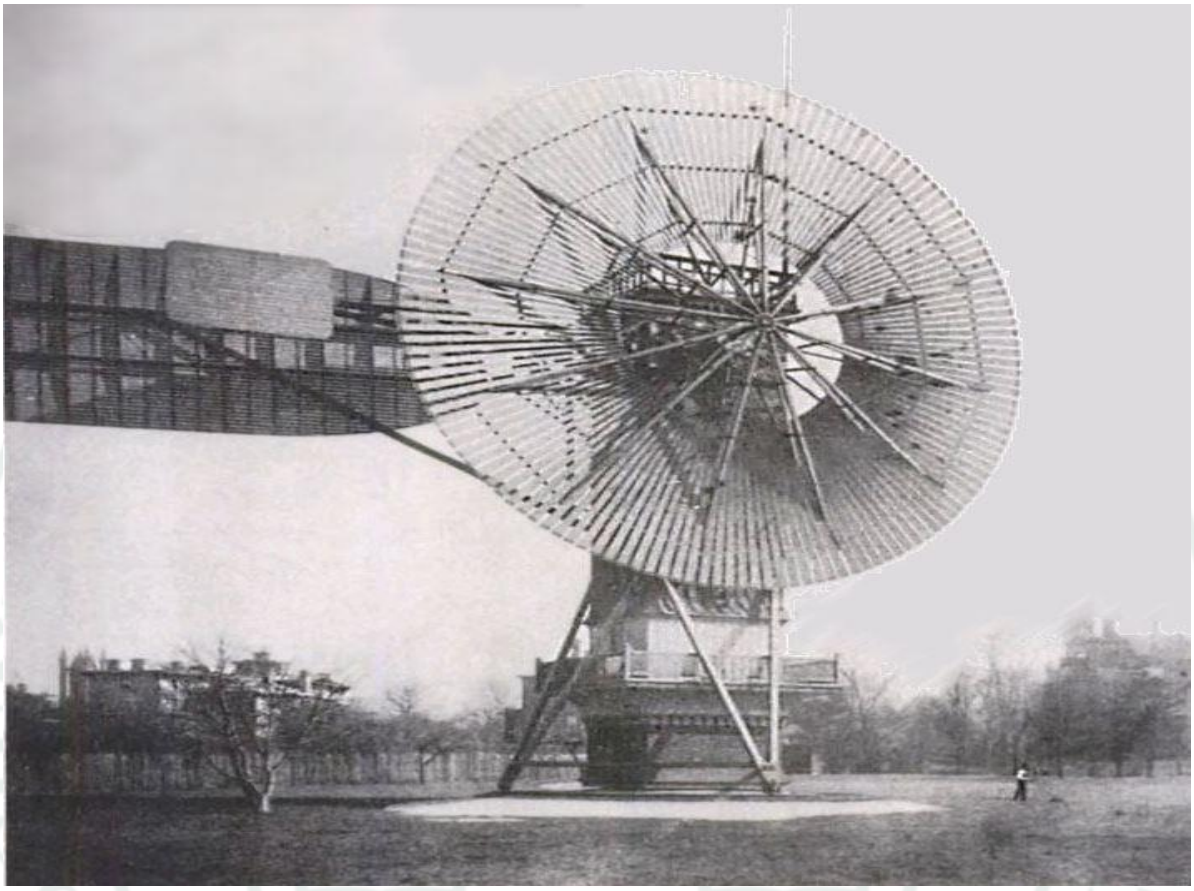
En este contexto, destaca el modelo de Charles Francis Brush, reconocido como el precursor de los modernos aerogeneradores eólicos, Brush, propietario de su propia empresa eléctrica, desarrollo uno de los primeros sistemas capaces de suministrar alumbrado público e instalado en Cleveland, en el estado de Ohio, en Estados Unidos, en su misma residencia. Entre los años 1880 y 1930, llevó a cabo la construcción y puesta en marcha del primer aerogenerador de gran escala, instalado en su vivienda particular, convirtiéndose así en el primer individuo en autoabastecerse de energía eléctrica mediante un sistema eólico (Villarrubia, 2014).

El dispositivo, diseñado por Brush, tenía una potencia de doce kW (kilovatios) aproximadamente; suficiente para abastecer tres motores eléctricos y alrededor de trescientas lámparas incandescentes, manteniendo una vida útil de aproximadamente veinte años. Dicho proyecto marcó un hito histórico en el desarrollo tecnológico y científico de la energía eólica, sentando las bases para su posterior evolución e implementación a gran escala.

En la *figura 4*, se presenta el modelo original del aerogenerador creado por Charles Francis Brush, el cual permitió no solo el autoabastecimiento energético de su vivienda, sino también el suministro de electricidad a la localidad donde habitaba. Este acontecimiento constituye un precedente fundamental en la historia de la energía eólica, al representar el punto de partida hacia un proceso de innovación tecnológica sostenida orientada al aprovechamiento de fuentes renovables de energía y a la preservación del medio ambiente.

Figura 4

Primer Aerogenerador eólico elaborado por Charles Francis Brush que abastecía a su vivienda.



Nota. Tomado de *Price* (2005).

El desarrollo tecnológico de los aerogeneradores ha experimentado una evolución significativa a lo largo de los años. Si bien Estados Unidos fue uno de los primeros países en alcanzar un notable progreso en este ámbito, no fue de los únicos en impulsar la implementación de tecnologías orientadas al aprovechamiento de fuentes de energía.

Diversas naciones europeas, como Finlandia, Rusia, Hungría, Dinamarca, Alemania y Francia, entre otras; comenzaron también a introducir innivaciones tecnológicas que contribuyeron al avance de la energía eólica y al fortalecimiento de sus respectivos sistemas energéticos sostenibles. Entre ellas, Dinamarca, destacó por su temprana y constante dedicación al desarrollo de la energía eólica cuyas primeras experiencias se remontan a finales del siglo XIX, aproximadamente hacia el año 1891.

Este país se consolido, desde entonces como uno de los mayores referentes mundiales en la utilización de energías limpias, logrando cubrir una parte sustancial de las necesidades energéticas de su población mediante la energía eólica.

Según el informe de la Danish Energy Agency & State of Green (2021), se analiza el proceso de transición energética de Dinamarca desde los combustibles fósiles hacia las energías renovables, abordando tanto los aspectos técnicos como regulatorios.

En el año de 1978, en la región de Jutlandia al noroeste de Dinamarca, se erigió la primera turbina eólica de gran escala, construida por docentes y profesores e instalada en esta escuela secundaria. Esta turbina poseía una capacidad de generación de dos megavatios (MW), siendo un proyecto comunitario independiente. Cabe destacar que dicha turbina permanece en funcionamiento en la actualidad, tras haber sido objeto de diversas modificaciones y procesos de mantenimiento que aseguran su operatividad continua.

Gracias a su compromiso sostenido con el desarrollo tecnológico y la gestión eficiente de los recursos naturales, Dinamarca se ha consolidado como uno de los países que mayor proporción de energía limpia y renovable genera y consume a nivel mundial.

Para el año 2019, la energía eólica y la energía fotovoltaica produjeron conjuntamente el equivalente al 50% del consumo eléctrico nacional, lo que representa el abastecimiento energético de aproximadamente un millón de hogares daneses; es decir, cerca del 80% de la población. En términos globales, se estima que alrededor del 49% de la electricidad generada en el país proviene exclusivamente de las fuentes de energía renovable, y en específico de la energía eólica, siendo una cifra que refleja el alto grado de aprovechamiento de este recurso natural renovable.

Asimismo, desde la década de 1970 hasta la actualidad, Dinamarca ha promulgado e implementado diversas normas y políticas públicas en materia energética, orientadas a promover la sostenibilidad, regular el desarrollo de proyectos eólicos y fortalecer el marco jurídico que sustenta la transición hacia una matriz energética sostenible y descarbonizada.

En la *figura 5 y 6*, se puede apreciar el proceso de ensamblaje del aerogenerador pionero de Dinamarca, así como su estado actual. Dicho aerogenerador, ubicado en la localidad de Uflborg. Este continua en operatividad gracias a las labores de mantenimiento y sustitución periódica de componentes. En la actualidad, constituye no solo un símbolo histórico del desarrollo eólico danés, sino también un centro de exposición y visita educativa que evidencia el compromiso del país con el uso racional y sostenible del recurso eólico.

Figura 5

Proceso del Primer Aerogenerador eólico ensamblado en Dinamarca durante los años de 1970.



Nota. Tomado de *De negro a verde: una historia danesa de crecimiento energético sostenible* (2021).

Figura 6

Primer Aerogenerador eólico ensamblado en Dinamarca actualmente en funcionamiento.



Nota. Tomado de *De negro a verde: una historia danesa de crecimiento energético sostenible* (2021).

3. Las Centrales Eólicas Más Importantes del Perú en la Actualidad

En la actualidad, el Perú cuenta con un número considerable de proyectos y contrales eólicas en distintas etapas de desarrollo. De acuerdo con información proporcionada por el Organismo Supervisor de la Inversión de Energía y Minería (OSINERGMIN, 2024), existen diversas iniciativas relacionadas con la generación eólica, algunas de las cuales se encuentran en proceso de aprobación, otras en fase de implementación, y un grupo adicional programado para su ejecución progresiva hasta el año 2028.

En este contexto, resulta pertinente detallar las centrales eólicas más representativas del país, tanto por su magnitud como por su contribución al aprovechamiento sostenible de los recursos energéticos. Asimismo, se incluirán aquellas instalaciones próximas a ejecutarse que, por su capacidad de generación o ubicación estratégica – especialmente en la zona sur del territorio nacional-, adquieren una especial relevancia dentro del sistema eléctrico peruano.

Todas las centrales eólicas mencionadas cuentan con su respectivo Estudio de Pre-Operatividad (EPO), así como con el Certificado de Conformidad del EPO, documento emitido por el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES, s.f.). Dicho organismo, de carácter privado y sin fines de lucro, tiene como función esencial coordinar la operación del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN), velando por la seguridad, eficiencia y optimización del uso de los recursos energéticos, conforme al marco normativo vigente.

El Certificado de Conformidad del EPO constituye un requisito indispensable establecido por la Ley de Concesiones Eléctricas (Decreto Ley N° 25844) para la obtención de la concesión definitiva que autoriza la operación comercial de las centrales de generación eléctrica.

Cabe precisar que la totalidad de la energía producida por las centrales eólicas del país es recolectada y transmitida hacia las subestaciones correspondientes, desde donde se inyecta al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) para su distribución a nivel nacional (Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional [COES], s.f.), garantizando así el abastecimiento eléctrico de diversas regiones del país.

De acuerdo con información del Ministerio de Energía y Minas, actualmente existen varias centrales eólicas en operación en el territorio nacional, distribuidas principalmente en los departamentos de Ica, La Libertad, Piura y Cajamarca (Ministerio de Energía y Minas [MINEM], 2023). A continuación, se describen las principales características de cada una de ellas, actualizadas al año 2023:

3.1. Ica

En este departamento se concentra la mayor cantidad de parques eólicos actualmente en funcionamiento, entre los que destacan son los siguientes:

3.1.1. Parque Eólico Marcona.

Ubicado en el distrito de Marcona, cuenta con once aerogeneradores operativos y una capacidad instalada de treinta y dos MW. Inicio sus funciones en el año 2014.

3.1.2. Parque Eólico Tres Hermanas.

También está situado en el distrito de Marcona, dispone de treinta y tres aerogeneradores y una potencia de noventa y siete MW. Entro en operación en el año 2016.

3.1.3. Parque Eólico Wayra I.

Ubicado en el distrito de Marcona, está conformado por cuarenta y dos aerogeneradores, con una capacidad instalada de ciento treinta y tres MW, aproximadamente. Inició sus funciones en el año 2018.

3.1.4. Parque Eólico Punta Lomitas.

Localizado en el distrito de Ocucaje, comprende cincuenta aerogeneradores, con una potencia total de doscientos sesenta MW, iniciando sus operaciones en el año 2023, constituyéndose como de unas de las instalaciones más recientes y de mayor capacidad en el país.

3.2. La Libertad

Los siguientes Parque Eólicos que se encuentra en funcionamiento dentro de esta provincia son:

3.2.1. Parque Eólico Cupisnique.

Situado en el distrito de Cupisnique, cuenta con cuarenta y cinco aerogeneradores, con una potencia instalada de ochenta y tres MW, y comenzó a operar en el año 2014.

3.3. Piura

En este departamento se encuentra el siguiente Parque Eólico:

3.3.1. Parque Eólico Talara.

Ubicado en el distrito del mismo nombre, dispone de diecisiete aerogeneradores, ofrece una potencia aproximada de treinta y uno MW e inició sus funciones en el año 2014.

3.4. Cajamarca

En este departamento se encuentran dos Parque Eólicos, los cuales son los siguientes:

3.4.1. Parque Eólico Duna.

Ubicado en el distrito de Huambos, provincia de Chota, posee siete aerogeneradores, con una capacidad instalada de dieciocho MW, e inició operaciones en el año 2021.

3.4.2. Parque Eólico Huambos.

Localizado también en el distrito de Huambos, provincia de Chota, cuenta con siete aerogeneradores, con una potencia de dieciocho MW e inició sus funciones en el año 2020.

En las *figuras 7 y 8*, presentan una vista general de dos de los parques eólicos en operación en el territorio peruano, evidenciando el aprovechamiento eficiente del recurso eólico como fuente de energía renovable y su aporte al desarrollo sostenible del país.

Figura 7

Parque Eólico Punta Lomitas, Distrito de Ocucaje, Provincia y Departamento de Ica.



Figura 8

Parque Eólico Duna y Huambos, Distrito de Huambos, Provincia de Chota y Departamento de Cajamarca.



Nota. Tomado de *Duna y Huambos es la primera central eólica en los Andes del Perú* (21 nov. 2021), por Y. Machuca, *La República*. (https://larepublica.pe/sociedad/2021/11/21/cajamarca-presidente-pedro-castillo-inauguro-la-primera-central-eolica-duna-y-huambos-lrnd).

4. Parques Eólicos Más Importantes A Nivel Internacional

A nivel internacional, el desarrollo de la energía eólica ha experimentado un notable crecimiento en las últimas décadas, consolidándose como una de las principales fuentes de energía renovable en el mundo (International Energy Agency [IEA], 2023; International Renewable Energy Agency [IRENA], 2023). En este contexto, diversos países han implementado proyectos de gran envergadura, cuya capacidad de generación supera ampliamente la observada en el ámbito nacional, permitiendo el abastecimiento energético de amplias poblaciones y contribuyendo al desarrollo de actividades productivas esenciales como la agricultura, la ganadería y el alumbrado público. En otros casos, la energía generada se integra directamente a sistemas eléctricos interconectados, que permiten su distribución eficiente en los distintos sectores del país, siguiendo esquemas similares a los empleados en el Perú.

Los parques eólicos de mayor magnitud se ubican principalmente en China, Estados Unidos y el Reino Unido (Global Wind Energy Council [GWEC], 2023), países que se han posicionado como referentes globales en materia de generación de energía limpia. Estos proyectos se clasifican, según su ubicación y tecnología empleada, en parques eólicos marinos (offshore) y parques eólicos terrestres (onshore), cada uno con características técnicas y ambientales particulares (IRENA, 2022; IEA, 2023).

Los parques eólicos offshore se instalan en zonas marítimas, generalmente en aguas de poca profundidad, donde las corrientes de viento presentan una velocidad y estabilidad superiores a las que se registran en tierra firme. Este tipo de infraestructura aprovecha la fuerza del viento para generar energía cinética, la cual se transforma en electricidad mediante turbinas de gran capacidad. Para su implementación, se consideran variables determinantes como las condiciones meteorológicas costeras, la profundidad del lecho marino, las rutas de navegación, la protección de ecosistemas marinos y la viabilidad económica del proyecto.

Por su parte, los parques eólicos onshore son instalaciones situadas en tierra firme, frecuentemente en zonas costeras o de llanura donde las condiciones de ciento son favorables y constantes (Villarrubia, 2014; International Renewable Energy Agency [IRENA], 2022). Al igual que los parques marinos, estos aprovechan la energía del viento para generar electricidad, aunque presentan ventajas en cuanto a accesibilidad, mantenimiento y conexión con las redes eléctricas nacionales. La selección de las áreas de emplazamiento requieres una evaluación integral que comprende factores ambientales, sociales y técnicos, tales como el

impacto sobre la flora y fauna local, la intensidad y frecuencia de los vientos, la accesibilidad logística y la distancia a los centros de consumo (IRENA, 2022).

Cabe precisar que el nivel de abastecimiento energético de cada parque eólico depende directamente de las condiciones antes mencionadas, así como del tamaño, la potencia nominal y la eficiencia de los aerogeneradores instalados. De esta manera, la capacidad de generación puede variar significativamente en función de la tecnología utilizada y del contexto geográfico especifico (International Energy Agency [IEA], 2023).

En las secciones siguientes se describirían algunos de los parques eólicos onshore más destacados a nivel mundial, en atención a su capacidad instalada, sus aportes en materia de sostenibilidad energética y su relevancia como modelos de gestión eficiente de recursos renovables dentro del marco jurídico y técnico internacional.

4.1. India

En la República de la India, el aprovechamiento del recurso eólico constituye uno de los pilares fundamentales de su política energética contemporánea. Actualmente, el país cuenta con más de ochocientas centrales eolias en operación, las cuales representan aproximadamente el cuarenta y cinco por ciento (45%) (Government of India, Ministry of New and Renewable Energy [MNRE], 2023; IRENA, 2023) de la capacidad total instalada en energía renovables. Estas infraestructuras se ubican, en su mayoría en zonas alejadas de los principales centros urbanos, debido a que requieren amplias extensiones de terreno con condiciones óptimas de viento para su instalación y funcionamiento.

El desarrollo de la energía eólica en India ha adquirido una relevancia estratégica, en respuesta al incremento sostenido de la demanda eléctrica y a la necesidad de reducir la dependencia del país respecto de fuentes de energía no renovables. En este sentido, los parques eólicos han contribuido de manera significativa tanto al crecimiento económico regional como al fomento del desarrollo sostenible, en concordancia con los compromisos internacionales asumidos (IEA, 2023) por el estado indio en materia ambiental y climática.

No obstante, el desafío estructural radica en garantizar un abastecimiento equitativo de la energía producida, considerando la magnitud de la población india y las limitaciones logísticas existentes en el sistema de transmisión y distribución eléctrica. Pese a los esfuerzos del Estado, la participación predominante del sector privado en la inversión y operación de los parques eólicos ha derivado en un acceso desigual al suministro energético, privilegiando a los grandes conglomerados industriales frente a los sectores domésticos o rurales.

Asimismo, se observa que parte de la energía generada es destinada a exportaciones, lo que, si bien representa un beneficio económico para el país, restringe la posibilidad de ampliar el acceso a la energía limpia para una mayor proporción de la población nacional.

A continuación, se detallarán los parques eólicos más representativos de la India, considerando su capacidad instalada, ubicación geográfica y relevancia en el contexto jurídico y económico del sector energético.

4.1.1. Parque Eólico Muppandal.

Este parque eólico constituye una de las infraestructuras más significativas del continente asiático en materia desde generación eléctrica partir de recursos renovables. Se encuentra ubicado en el distrito de Kanyakumari en el estado de Tamil Nadu, al sur de la República de la India, y su desarrollo se consolidó progresivamente entre los años 1990 y 2000. (Global Wind Energy Council [GWEC], 2023).

Este parque posee una capacidad instalada aproximada de mil quinientos megavatios (MW), lo que lo posiciona como un referente fundamental dentro de la política energética nacional. Esto contribuye de manera directa al fortalecimiento del sistema energético indio y a la reducción de la dependencia de fuentes fósiles. Asimismo, su operación ha generado un impacto positivo en el desarrollo económico y social de la región, en concordancia con los objetivos de sostenibilidad promovidos por el Estado.

4.1.2. Parque Eólico de Jaisalmer.

Este parque se localiza en el distrito homónimo, perteneciente al estado de Rajasthan, India. Es considerado otro de los complejos eólicos más importantes del país, con una capacidad de generación aproximada de cincuenta megavatios (MW). (GWEC, 2023).

Ambos parques reflejan el esfuerzo sostenido de la India por consolidar un modelo energético diversificado y sostenible, basado en el aprovechamiento racional de los recursos naturales y en el cumplimiento de sus compromisos internacionales en materia ambiental.

4.2. China

En la República Popular de China, el desarrollo de la energía eólica ha experimentado un crecimiento exponencial a partir del año 2005 (International Energy Agency [IEA], 2023; Global Wind Energy Council [GWEC], 2023), impulsado por la promulgación de políticas públicas orientadas a la expansión progresiva del uso de energías renovables. En el transcurso

de una década, el país logró posicionarse como líder mundial en capacidad instalada y producción de energía eólica, evidenciando una transición estructural en su matriz energética.

De acuerdo con estimaciones técnicas, el conjunto de los parques eólicos operativos en China tiene la capacidad de abastecer aproximadamente a más de quince millones de hogares (GWEC, 2023), dependiendo de las condiciones eólicas promedio y de la potencia nominal de los aerogeneradores instalados. Este desarrollo ha fortalecido la seguridad energética del país y ha contribuido significativamente a la reducción de emisiones contaminantes, en consonancia con los principios del desarrollo sostenible (IEA, 2023).

4.2.1. Parque Eólico de Gansu.

Este parque también es conocido como Jiuquan Wind Power Base, se ubica en la ciudad de Jiuquan, provincia de Gansu, al noreste del territorio chino. Este complejo constituye el proyecto eólico más grande del mundo, con una capacidad proyectada superior a los veinte gigavatios, desarrolladas en fases (GW) (GWEC, 2023; IEA, 2023), equivalentes a veinte mil megavatios (MW).

La magnitud de su generación eléctrica permite abastecer a más de quince millones de hogares, situándolo como un modelo de referencia global en materia de infraestructura energética renovable. Además de su contribución al sistema eléctrico nacional, el Parque de Gansu representa un ejemplo paradigmático de planificación estatal y cooperación público-privada, orientado a la consolidación de un modelo de desarrollo energético sostenible y replicable en otras jurisdicciones (IEA, 2023).

4.3. Taiwan

Aquí se encuentran algunos de los parques eólicos marinos (offshore) más desarrollados y tecnológicamente avanzados de Asia. Este país ha consolidado una política energética orientada a la diversificación de su matriz de generación (International Energy Agency [IEA], 2023) y a la promoción de fuentes renovables, en particular de la energía eólica marina.

Para el año 2016, se registraba la existencia de varios centenares de turbinas eólicas en funcionamiento (Global Wind Energy Council [GWEC], 2017) a lo largo del territorio taiwanés, lo que evidenciaba un crecimiento sostenido del sector, principalmente en la modalidad terrestre. A continuación, se describen los parques eólicos más relevantes de país:

4.3.1. Parque Eólico de Gran Changhua 1 y 2a.

Este constituye uno de los complejos eólicos más importantes a nivel mundial, tanto por su capacidad instalada como por su aporte a la seguridad energética nacional.

Está situado entre treinta y cinco y sesenta kilómetros de la Costa de Changhua, y cuenta con una potencia aproximada de novecientos megavatios (MW). Esta capacidad le permite abastecer a, aproximadamente, un millón de hogares, contribuyendo de manera significativa al cumplimiento de los objetivos de transición energética del Estado taiwanés. (Orsted, 2024).

4.3.2. Parque eólico Zhong Neng.

Se ubica, igualmente, en la costa de la ciudad de Changhua y constituye uno de los proyectos más recientes de infraestructura eólica del país. Las primeras turbinas fueron instaladas en mayor del año 2024, previéndose su entrada en operación plena hacia finales del mismo año. Se proyecta que este parque genere trescientos cincuenta megavatios (MW) de potencia, suficientes para abastecer aproximadamente a trescientos mil hogares. Este proyecto refleja el avance sostenido de Taiwán en materia de innovación tecnológica y eficiencia en la producción de energía limpia. (Copenhagen Infrastructure Partners [CIP], 2024).

4.4. Reino Unido

El Reino Unido se ha consolidado como uno de los líderes mundiales en generación eólica (International Energy Agency [IEA], 2023; Global Wind Energy Council [GWEC], 2023), tanto marina como terrestre. Actualmente, cuenta con miles de instalaciones eólicas distribuidas a lo largo de su territorio y aguas internacionales (GWEC, 2023). La nación británica ha sabido aprovechar su favorable geografía costera y condiciones de viento para el desarrollo de esta fuente renovable, generando impactos positivos en materia económica, laboral y ambiental.

A continuación, se describen los parques eólicos más destacados del Reino Unido:

4.4.1. Parque Eólico de Walney.

Se ubica en el mar de Irlanda, próximo a la costa de Inglaterra. Está compuesto por ochenta y cinco generadores que, en conjunto, producen una potencia aproximada de seiscientos cincuenta y nueve megavatios (MW). Este complejo cuenta con tres fases de desarrollo: Walney 1, Walney 2 y Walney Extension. En su conjunto, estos proyectos generan electricidad limpia suficiente para abastecer a más de seiscientos mil hogares, lo que convirtió inicialmente a Walney en el parque eólico marino más grande del mundo, hasta la construcción del proyecto Hornsea (Orsted, 2024).

4.4.2. Parque Eólico Hornsea.

Está situado en el mar del Norte, a unos 120 kilómetros de la costa de Yorkshire. Este complejo constituye una central eólica de carácter marítimo (offshore) integrada por varias fases: Hornsea 1, Hornea 2 -actualmente operativas- y Hornsea 3 -en etapa de desarrollo- (Orsted, 2024). Se prevé que, una vez concluido en su totalidad, Hornsea se convierta en el parque eólico marítimo más grande del mundo.

El Hornsea 1 junto con Hornsea 2 pueden llegar a alcanzar una cobertura de hasta dos millones y medio de hogares aproximadamente. Se estima, además, que Hornsea 3 aporte energía suficiente para otros dos millones de hogares de manera autónoma. Este proyecto simboliza la consolidación del Reino Unido como potencia mundial en energía eólica y su compromiso con los objetivos de sostenibilidad energética.

4.4.3. Parque Eólico Withelee.

A diferencia de los anteriores, el Parque Eólico Whitelee corresponde a una instalación terrestre (onshore), ubicada en la ciudad de Glasgow, Escocia. Este parque inició operaciones en 2008 y cuenta con 215 aerogeneradores, que en conjunto producen una potencia de quinientos treinta y nueve megavatios (MW).

El Whitelee Wind Farm ha sido catalogado como uno de los parques eólicos terrestres más grandes del Reino Unido y dispone de dos fases de ampliación, mediante las cuales puede abastecer de energía eléctrica a más de trescientos mil quinientos hogares. Además de su relevancia energética, el parque cumple una función turística y educativa, al albergar un centro de interpretación ambiental que promueve la concientización publica sobre el uso responsable de las energías renovables (ScottishPower Renewable, 2023).

4.5. Estados Unidos

Los Estados Unidos de América cuentan con miles de instalaciones eólicas distribuidas en al menos cuarenta y cuatro estados (U.S. Energy Information Administration [EIA], 2023; American Clean Power Association [ACP], 2023), los cuales contribuyen de forma significativa a la generación eléctrica a partir de fuentes renovables. Entre los estados con mayor generación eólica per cápita figuran Nebraska, Texas, Iowa y Dakota del Norte (EIA, 2023). A continuación, se presentan algunos de los parques eólicos más relevantes por su escala de generación y contribución al sistema eléctrico nacional.

4.5.1. Parque Eólico de Alta.

Es conocido también como Alta Wind Energy Center (o sus siglas AWEC). Está ubicado en el condado de Kern, estado de California, este complejo eólico terrestre se configura como uno de los más grandes de los Estados Unidos. Con una capacidad instalada de aproximadamente mil quinientos cuarenta y ocho megavatios (MW), abastece una parte sustancial del sistema de energía renovable californiano (Terra-Gen, 2023; EIA, 2023).

4.5.2. Parque Eólico Shepherds Flat.

También conocido como Shepherds Flat Wind Farm, se encuentra cerca de Arlington, en el estado de Oregon, y entró en operaciones comerciales en noviembre de 2012. Su capacidad instalada es de ochocientos cuarenta y cinco megavatios (MW) (EIA, 2023).

4.5.3. Parque Eólico Meadow Lake.

Ubicado en White, Indiana. Cuenta con una potencia total que supera los quinientos MW. Al igual que los parques de Reino Unido, este parque eólico está dividido en fases, por lo que este estado se produce una gran cantidad de energía, compitiendo con otros parques eólicos a nivel internacional; además de que varía su potencia total por las diferentes fases que posee. (EIA, 2023).

4.5.4. Centro de Energía Eólica Roscoe.

Llamado también Roscoe Wind Farm, se encuentra ubicado al suroeste de Abilene en Texas, comenzó a operar en 2009 y cuanta con dos fases de instalación que suman cerca de setecientos ochenta y un megavatios (MW) en operación, aunque la cifra puede variar según la fase, fuente y el desarrollo de a la sociedad hoy en día (EIA, 2023).

4.5.5. Parque Eólico Horse Hollow.

También es conocido como Horse Hollow Wind Farm, está situado en los condados de Taylor y Nolan en Texas, fue construido en cuatro fases entre 2005 y 2006 y su capacidad instalada ronda los setecientos treinta y seis megavatios (MW) (EIA, 2023).

A continuación, se va a apreciar una serie de imágenes de algunos de los parques eólicos que se ha mencionado, descritos adecuadamente.

Figura 9

Parque Eólico Terrestre Muppandal, Tamil Nadu, sur de India.



Nota: Adaptado de Onshore wind turbines, por International Renewable Energy Agency, 2023.

Figura 10

Parque Eólico Terrestre Gansu, ciudad de Jiuquan, provincia de Gansu, noroeste de China.



Nota: Adaptado de New wind and solar sectors won't solve China's water scarcity, por K. Schenider, 2011, Grist. Fotografía de T. Smith.

Figura 11

Parque Eólico Marino Gran Changhua 1 y 2, Costa de Changhua,Taiwan.



Nota: Adaptado de Greater Changhua offshore wind farms, Taiwan, Power Technology.

Figura 12

Parque Eólico Marino Walney, mar de Irlanda, cerca de la Costa de Inglaterra, Reino Unido.



Nota: Adaptado de *Así es el parque eólico marino más grande del mundo: 87 turbinas que superan la extensión de Barcelona, por H. Brueck, 2018, Business Insider España.*

Figura 13

Parque Eólico Terrestre Alta, condado de Kern, California, Estados Unidos.



Nota: Adaptado de la "*Inversión mundial en energía crecería 10% en 2021"*, publicado en Gestión. https://gestion.pe/economia/la-inversion-mundial-en-energia-creceria-10-en-2021-noticia/

Figura 14

Parque Eólico Terrestre Shepherds, condado de White, Indiana, Estados Unidos.



Nota: Adaptado de "*Wind sprints to the cliff"*, publicado en el blog green de The New York Times. https://gestion.pe/economia/la-inversion-mundial-en-energia-creceria-10-en-2021-noticia/

5. Bienes de la Generación de Energía Eólica

5.1. Relación de los Bienes de la generación de energía eólica con el problema de investigación

Los aerogeneradores constituyen una de las expresiones más relevantes del avance tecnológico en materia de energía renovables. Estos dispositivos representan un componente esencial en los procesos de transición energética hacia fuentes limpias y sostenibles. En dicho contexto, la evolución tecnológica ha propiciado la implementación de diversos métodos destinados a fomentar el desarrollo sostenible, entre ellos el reciclaje, la valorización de materiales y la reutilización de componentes estructurales (International Renewable Energy Agency [IRENA], 2019).

No obstante, a pesar de los avances en estos procedimientos, su grado de efectividad aún resulta limitado, particularmente respecto de los materiales compuestos empleados en la fabricación de palas, además que la separación y recuperación técnica resulta compleja (IRENA, 2019). Consecuentemente, al culminar la vida útil de las palas de aerogeneradores, va a continuar siendo destinada a vertederos o soluciones de disposición final de bajo valor ambiental.

Las palas de los aerogeneradores- elementos fundamentales para la captación y conversión de la energía cinética del viento en energía mecánica- están compuestas principalmente por materiales compuestos de alta resistencia. De acuerdo con la Asociación Empresarial Eólica (2021), los materiales compuestos se definen como la unión de dos o más sustancias distintas, cuya combinación da origen a un nuevo material con propiedades superiores a las de sus componentes individuales. Sin embargo, dicha composición dificulta su degradación, reciclaje y separación.

Según información proporcionada por Iberdrola (2022), los principales materiales utilizados en la fabricación de las palas incluyen fibra de vidrio (que será desarrollado más adelante), carbono preimpregnado con resina epoxi- un polímero termoestable que se endurece mediante la mezcla con un agente catalizador- y otros compuestos sintéticos de alta densidad.

A partir de estos elementos, el problema central de la presente investigación radica en el carácter contaminante de los materiales empleados en la fabricación de las palas de los aerogeneradores. Pese a los avances tecnológicos y a los denominados métodos sostenibles, la realidad demuestra que una gran proporción de estas estructuras, al culminar su vida útil, con desechadas en vertederos o enterradas en zonas cercanas a las instalaciones eólicas

(International Renewable Energy Agency [IRENA] ,2019), generando impactos negativos sobre el medio ambiente. Esta práctica, considerada económicamente viable, contradice los principios ecológicos que sustentan el uso de la energía eólica como fuente renovable y limpia.

Adicionalmente, debe señalarse que del análisis jurídico vigente se advierte que no existe una regulación específica que aborde el proceso de diseño, fabricación, gestión o disposición final de las palas de los aerogeneradores. Es decir, no hay, aún, una normativa internacional ni nacional uniforme que regule detalladamente el fin de las palas; por otro lado, si hay iniciativas nacionales, directrices de la industria y proyectos de ley en desarrollo. En consecuencia, no se establecen estándares técnicos in ambientales que garanticen un manejo adecuado de los materiales compuestos, especialmente de la fibra de vidrio, cuya manipulación y eliminación representan riesgos considerables para el entorno natural. Esta carencia normativa afecta directamente los principios de económica circular y valorización económica ambiental, los cuales son esenciales para el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible.

Los aspectos mencionados serán analizados de manera detallada a lo largo del presente capítulo, con el propósito de identificar las implicaciones jurídicas, económicas y ambientales derivadas de la fabricación, transporte, ensamblaje, mantenimiento y disposición final de las palas de los aerogeneradores.

Asimismo, se abordará el impacto económico de esta tecnología, considerando que la mayoría de los componentes estructurales son importados, lo que incrementa los costos de producción y mantenimiento en comparación con los beneficios económicos obtenidos por la generación de energía.

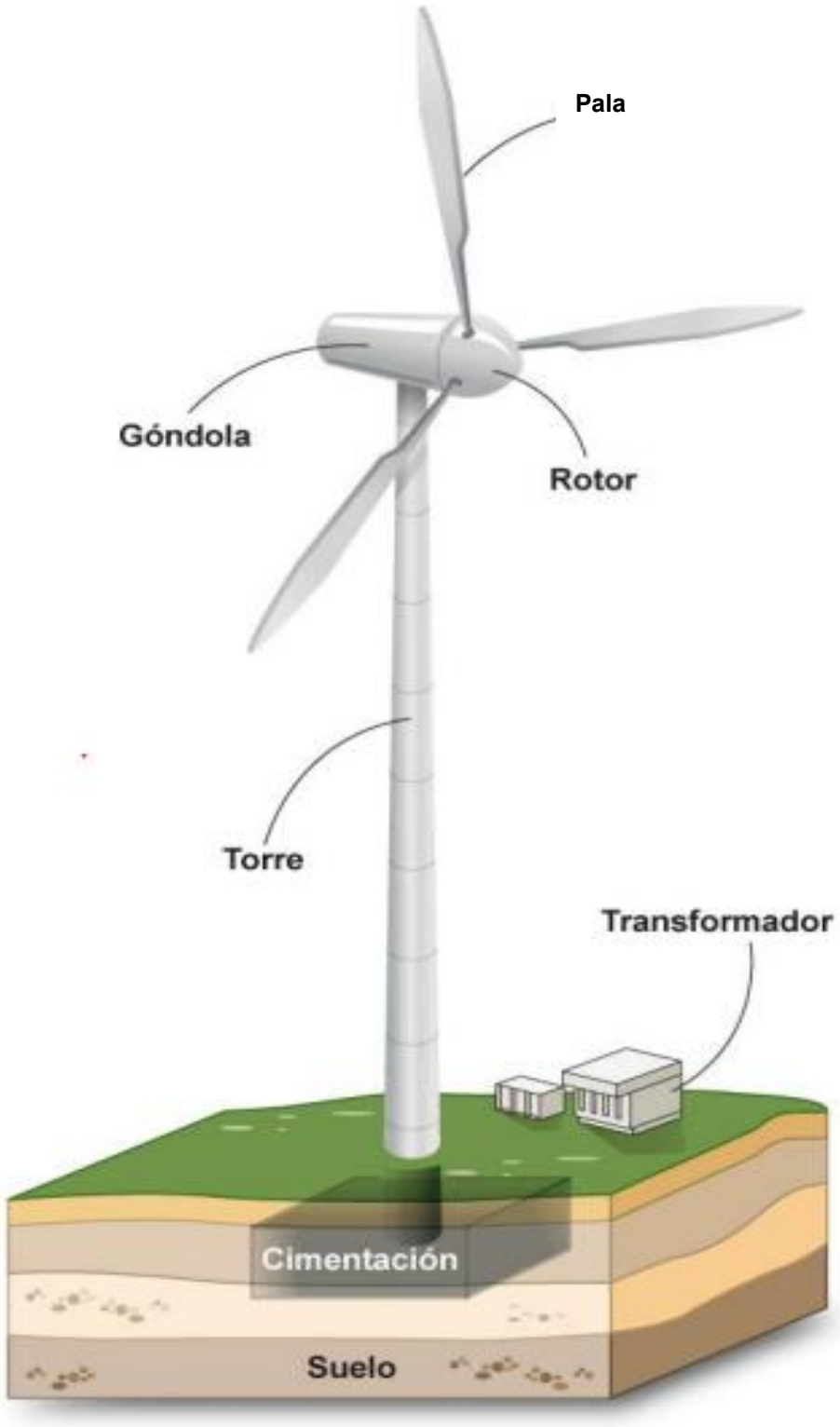
En ese sentido, las estructuras eólicas presentan tanto ventajas como desventajas. Si bien la energía que producen es limpia y renovable, los bienes materiales que la posibilitan aun plantean desafíos significativos desde la perspectiva ambiental y jurídica.

A continuación, se presenta una ilustración que muestra las principales partes que conforman un aerogenerador, la cual servirá de referencia para el desarrollo posterior de un análisis detallado, centrado en las palas como elemento principal de la presente investigación.

6. Partes del Aerogenerador

Figura 15

Componentes básicos de un Aerogenerador



Nota. Adaptado de *Proyecto fin de carrera sobre tecnología de aerogeneradores,* por M. Ramos Rodríguez, s.f., Universidad Politécnica de Madrid.

La *figura 15*, presenta uno de los elementos estructurales más relevantes dentro del sistema de generación de energía eólica: el aerogenerador. Dicha representación gráfica permite identificar los componentes esenciales que conforman su estructura y funcionamiento (Villarrubia, 2014; International Renewable Energy Agency [IRENA], 2019).

Debe considerarse que el objeto central de la presente investigación se circunscribe específicamente al análisis de las palas de los aerogeneradores, razón por la cual resulta pertinente conceptualizar de manera general los demás elementos que conforman el sistema, a fin de contextualizar su función e interrelación técnica.

En termino generales, un aerogenerador posee una vida útil estimada entre veinte y veintidós años, siempre que se realicen los respectivos procedimientos de mantenimiento preventivo y correctivo durante su operación (IRENA, 2019; U.S. Departmetn of Energy, 2021). Su finalidad esencial es la conversión de la energía cinética del viento en energía eléctrica, mediante un proceso mecánico-electromagnético desarrollados en diversos componentes estructurales (Villarrubia, 2014), como los que a continuación se describen:

6.1. Cimentación.

La cimentación constituye la base estructural sobre la cual se sostiene el conjunto del aerogenerador. Se encuentra firmemente anclada al terreno, brindando estabilidad y soporta el eje central de la torre. Está diseñada con materiales de alta resistencia mecánica, capaces de soportar cargas dinámicas y estáticas significativas, así como de resistir condiciones ambientales adversas, tales como variaciones de temperatura, humedad o proceso de corrosión (Villarrubia, 2014; Manwell, McGowan & Rogers, 2010).

6.2. Torre

La torre, tal como su denominación lo indica, es una estructura vertical que alcanza entre cuarenta y sesenta metros de altura, dependiendo del tipo y ubicación del aerogenerador. Su función principal es sostener la góndola y el rotor, además de permitir que las palas de posicionen a una altura suficiente para captar adecuadamente la velocidad y dirección del viento, optimizando así la eficiencia energética del sistema (Manwell et al., 2010; IRENA, 2019).

6.3. Góndola

Situada en la parte superior de la torre, la góndola alberga diversos componentes mecánicos y eléctricos esenciales para el funcionamiento del aerogenerador. Entre ellos se encuentran el generador eléctrico, la caja de cambios, el sistema de orientación o yaw, los

mecanismos de control y los sistemas de refrigeración y freno. En conjunto, estos elementos permiten transformar la energía mecánica generada por el movimiento del roto en energía eléctrica utilizable (U.S. Department of Energy, 2021).

6.4. Rotor

El rotor se encuentra conectado a la góndola y está compuesto por el buje o cubo y las palas del aerogenerador, las cuales constituyen el objeto de estudio de la presente investigación. Su función es captar la energía cinética del viento y convertirla en energía rotacional, que posteriormente será transformada en energía eléctrica mediante el generador (Manwell et al.,2010). La eficiencia del rotor depende, en gran medida, del diseño, material y geometría de las palas, elementos que influyen direcatmente en la capacidad de conversión energética del sistema (IRENA, 2019), y de los cuales serán abordados de forma detallada en los apartados siguientes:

6.4.1. Buje.

Es el componente estructural que conecta las palas con el eje, fijándolas al rotor y permite su conexión con el eje de baja velocidad, lo que permite la transmisión del movimiento rotacional hacia el sistema de generación eléctrica (Manwell et al., 2010).

6.4.2. Eje.

Se encarga de transmitir el movimiento rotacional generado por el rotor hacia la estructura del aerogenerador, conectando con el sistema de transmisión situado en la góndola, permitiendo la conversión de energía mecánica en electricidad (U.S. Department of Energy, 2021).

6.4.3. Palas.

Las palas constituyen los elementos activos del aerogenerador que, mediante el movimiento del viento, captan la energía cinética y la trasmiten al rotor para su conversión en energía mecánica (IRENA, 2019).

El tema de investigación se focaliza especialmente en las ***PALAS de los aerogeneradores,*** en particular en los materiales constituyentes, con especial énfasis en la **fibra de vidrio**, cuya composición, tratamiento y disposición final constituyen objeto de análisis detallado.

6.4.3.1. Componentes de las Palas de los Aerogeneradores

Las palas representan una de las partes más relevantes de los aerogeneradores, toda vez que su función consiste en captar el viento, principal recurso de la energía

eólica. En su fabricación, suelen emplearse resinas de poliéster o epoxi reforzadas con fibra de vidrio, que constituye el material predominante en su estructura. Adicionalmente, pueden incorporarse otros materiales como fibra de carbono, acero inoxidable, acrílico, cobre, aluminio y hormigón (International Renewable Energy Agency [IRENA], 2019; WindEurope, 2020).

6.4.3.1.1. Fibra de Vidrio:

En 2020, Góngora propuso que la fibra de vidrio se obtiene mediante un proceso en el que un reactor funde materias primas finamente divididas en forma de polvo; el vidrio fundido fluyendo a través de canales con múltiples orificios da origen a filamentos continuos que, posteriormente impregnados con un revestimiento químico, adquieren características específicas de adhesión y transporte para aplicaciones industriales.

Según Justavino Jaime (2013), la fibra de vidrio ha generado impactos contaminantes, pues la Universidad Tecnológica de Panamá, a través del Centro Experimental de Ingeniería, ha monitoreado los problemas de contaminación por fibra de vidrio desde el año 2006.

En 2022, la Asociación Empresarial Eólica (AEE), expone que las palas utilizadas en los aerogeneradores se fabrican, por lo general, con plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV), conocido internacionalmente como Glass Fiber Reinforced Plastic (GFRP), debido a su alta disponibilidad y a la madurez del proceso industrial de su fabricación. Asimismo, la entidad señala que la fibra de vidrio presenta múltiples ventajas, entre las que destacan su bajo costo, elevada estabilidad térmica, alto punto de fusión, no inflamabilidad y excelente desempeño en entornos corrosivos. No obstante, su principal desventaja radica en la ausencia de métodos de reciclaje tecnológicamente consolidados, que permitan la recuperación y reutilización económica del material.

7. Aspectos Económicos:

Para el desarrollo del presente apartado, se adoptará inicialmente una perspectiva general sobre los aspectos económicos relacionados con la generación de energía eólica, a fin de luego establecer una comparación con la situación implementada a nivel nacional.

De acuerdo con Miguel Villarrubia (2014), los costos asociados a un parque eólico pueden clasificarse en tres grandes grupos: costes de inversión, costes de operación y mantenimiento, y costes de desmantelamiento.

7.1. Costes de Inversión

Estos costes comprenden todos los gastos vinculados con la adquisición e instalación de los aerogeneradores, las torres, la obra civil y la infraestructura eléctrica, tanto de la red interna de media tensión como de las subestaciones transformadoras y la línea de alta tensión hasta el punto de conexión con la red.

Asimismo, incluyen los costos asociados a la prospección energética, la elaboración del proyecto técnico, la dirección de obra, los seguros y los gastos jurídicos y administrativos necesarios para la obtención de las licencias y autorizaciones pertinentes.

Para establecer una estimación adecuada en la inversión, es necesario tipificar los costos en función del número y la capacidad de los aerogeneradores, considerando que existen equipos de baja potencia- denominados micro aerogeneradores- y otros de gran potencia, conocidos como mega aerogeneradores.

Adicionalmente, los costes de inversión incluyen diversos factores complementarios que influyen directamente en la viabilidad económica del proyecto, los cuales se detallan en la tabla N° 1.

Tabla 1

Tipos de costes específicos dentro del coste de Inversión.

El coste total de un proyecto eólico depende de múltiples factores interrelacionados, tales como la potencia que se desea instalar, el tamaño y la cantidad de aerogeneradores, los costos logísticos de transporte e instalación, así como las concesionarias o empresas operadoras que intervienen en su desarrollo. Todos estos elementos actúan en conjunto con los componentes previamente descritos- cimentación, obra civil, instalación eléctrica y gestión administrativa- para determinar la inversión final requerida (Miguel Villarrubia, 2014).

En el contexto internacional, se pueden destacar algunos de los parques eólicos más representativos por su magnitud y su impacto económico, los cuales permiten ilustrar la escala de inversión que exige este tipo de infraestructura energética:

- Base Eólica de Jiuquan en China, es uno de los más grandes, contiene alrededor de 7000 aerogeneradores, posee una capacidad instalada cercana a los 20,000 megavatios, y con un coste aproximado de 16,000 millones de euros (Global Wind Energy Council, 2023).

Costes	Especificaciones
Coste de Estudios de Viabilidad	➢ Análisis de emplazamiento de viento. ➢ Diseño ➢ Estudios de Rentabilidad.
Equipamiento	
Coste de Instalaciones Eléctricas	➢ Tener redes con las subestaciones transformadoras
Coste de Obra Civil	➢ Mano de obra ➢ Instalación de infraestructura.
Costes Jurídicos-Administrativos	➢ Tramites desde el inicio para adquisición de aerogeneradores ➢ Permisos legales. ➢ Negociaciones. ➢ Financiamiento.
Costes de Ingeniería	➢ Diferentes tipos de ingeniería que van a ser parte del proyecto. ➢ Dirección y supervisión.

Nota. Elaboración propia a partir de la literatura técnica sobre desarrollo de proyectos de energía eólica.

- Centro de Energía eólica Alta en Estados Unidos es otro de los más grandes a nivel mundial, albergando alrededor de 300 aerogeneradores, posee una capacidad instalada de 1500 megavatios, empleando un coste de 2,000 millones de dólares aproximadamente (U.S. Deparment of Energy, 2022).
- Parque Eólico de Muppandal en India también incluido como uno de los parques eólicos más grandes del país, contiene cientos de aerogeneradores distribuidos, obteniendo una potencia de 15,000 megavatios anuales, empleando entre 45 a 50 millones de rupias, aproximadamente (Indian Ministry of New and Renewable Energy, 2021).

En Perú, también existen iniciativas orientadas a ampliar la generación de energía eólica, como es el Proyecto de Ley N° 4209/2022-CR que declara de necesidad publica y preferente interés nacional, social y económico la construcción de micro parques de energía eólica para la generación de energía renovable en beneficio de los centros poblados y caseríos, pequeñas y microempresas, así como de la agricultura y la ganadería, formulado por el Congreso de la República de Perú en el año 2022. A partir de este documento, se identifican algunas de las centrales eólicas más grandes de nuestro país, cuyos datos se presentan en la tabla N°2:

Tabla 2

Principales características técnicas y económicas de algunas Centrales Eólicas más grandes de Perú.

Detalles	**Centrales Eólicas**				
	Tres Hermanas	Marcona	Talara	Cupisnique	Wayra I
N.º de Aerogeneradores	33	11	17	45	42
Potencia Nominal Instalada (MW)	97.15	32	30	80	132
Monto de Inversión Total aproximada	197 millones USD	63 millones USD	120 millones USD	242 millones USD	165 millones USD

Nota: Elaboración propia a partir de información de proyectos eólicos desarrollados en el Perú.

La comparación entre los parques eólicos más grandes del mundo, que cuenta con más de trescientos aerogeneradores, y los parques eólicos de Perú, es muy amplia. Siendo las diferencias más notorias y generales en aspectos como la potencia que se desea instalar, el tamaño de los aerogeneradores, la cantidad de estos, el transporte, las concesionarias que desarrollan este tipo de energía.

Como otro punto importante, para Perú deberíamos tener en cuenta que estos aerogeneradores, los componentes, no son elaborados en nuestro país, pudiendo aminorar costos. Adicionalmente reemplazando uno de los componentes más difíciles de reciclar, reusar o biodegradar: la fibra de vidrio; este material se puede reemplazar con productos orgánicos, que ya han sido experimentados, y que cumplen la misma función que la fibra de vidrio. Siendo este, el punto más importante a desarrollar en investigación.

Según Sandra Mori Chuquizuta (2018), actualmente, la materia prima que utilizaremos no tiene un precio en el mercado; sin embargo, se estima a través del costo incurridos si se contratará a un personal (6 soles/hora) con capacidad (8 kg de FI/hora), el costo de transporte (0.1 soles/kg FI) y contrato con la comunidad (0.2 soles/kg FI). En base a ello, se determina que el costo de la MP (Materia Prima) es igual a 1.05 soles para producir 1 kg de fibra procesada. De acuerdo con esto, se podría tener un supuesto en el que se emplee

este material y los demás componentes que se necesitaría para poder hacer un tratamiento del ichu y poder utilizarlo en estas palas.

Esto aplica para una cantidad mínima, pero que aún es asequible, y desde luego totalmente negociable; teniendo en cuenta también, que, estos precios van a variar según la cantidad que se produzcan, y que se podría tener una planta de fabricación donde se podría desarrollar este nuevo material, usando la materia prima directamente y sin poder tener que hacer tramites exorbitantes.

7.2. Costes variables

Se refiere a costes que se incluyen dentro del ensamblaje, al iniciar, durante y al termino de vida de los aerogeneradores como de los parques eólicos. Siendo los más resaltantes los costes de operación y mantenimiento, costes en el alquiler de terrenos, gestión y subcontrata de terceros.

7.3. Costes de desmantelamiento del parque eólico

Usualmente estos parques, tiene una vida útil de 20 años, teniendo en cuenta desde el inicio de ensamblaje de los aerogeneradores, el mantenimiento durante los años promedio de vida útil, y finalmente el desmantelamiento, que es el final de vida operativa.

A continuación, en las imágenes 16 y 17, se puede observar un modelo de las fichas técnicas, proporcionadas por OSINERGMIN, de dos de las grandes Centrales Eólicas que tenemos en Perú, teniendo en cuenta los valores que han sido empleados en general por cada uno de los proyectos.

En el caso de la Figura 16, de la Central Eólica Parque Eólico Marcona, específicamente en el área de “Información relevante”, en el último punto el monto de inversión fue de 61,1 millones de dólares americanos, que comprende once unidades de aerogeneradores proporcionando la potencia nominal de treinta y dos Megavatios, de acuerdo con la información proporcionada por OSINERGMIN (2018).

En el caso de la Figura 17, de la Central Eólica Wayra I, específicamente en el área de “Información relevante”, en el último punto el monto de inversión fue de 165,8 mil millones de dólares americanos- aproximadamente-, que comprenden cuarenta y dos unidades de aerogeneradores proporcionando la potencia nominal de ciento treinta y dos Megavatios (OSINERGMIN, 2018).

Figura 16

Ficha Técnica y esquema de conexión de la Central Eólica Parque Eólico Marcona.

Osinergmin

CENTRAL EÓLICA PARQUE EÓLICO MARCONA

DENOMINACIÓN	CENTRAL EÓLICA PARQUE EÓLICO MARCONA
EMPRESA CONCESIONARIA	PARQUE EÓLICO MARCONA S.R.L. (COBRA PERÚ)
TECNOLOGÍA	Energía Eólica
UBICACIÓN	
Departamento	Ica
Provincia	Marcona
Distrito	Marcona
Altitud	200 msnm
DATOS TÉCNICOS	
Potencia Instalada	32 MW
Punto de Oferta	Barra Marcona 220 kV
Cantidad de Aerogeneradores	11
Modelo de Aerogeneradores	8 - SWT-3,15-108 y 3-SWT 2,3-108
Potencia de Aerogenerador	8 x 3,15 MW + 3 x 2,3 MW
TRANSFORMADORES	
Cantidad de Transformadores	11
Potencia	2,6 MVA y 3,4 MVA.
Tensión	0,69 kV/20 kV
DATOS DE CONTRATO	
Firma de Contrato	31.03. 2010
Puesta en Operación (POC)	25.04.2014
Energía Anual Ofertada Precio de la Energía Ofertado	148 378 MWh 6,552 ctvs. US$/kWh

INFORMACIÓN RELEVANTE

- El proyecto contempló la instalación de 11 Aerogeneradores (8 x 3,15 MW + 3 x 2,3 MW).
- Los 11 Aerogeneradores tienen una tensión de generación de 0,69 kV. Se agrupan en 3 bloques, interconectados entre sí. Luego, cada uno de estos bloques se conecta a la S.E. de la Central Eólica en el nivel de 20 kV. En la S.E. se instaló un transformador 20/220 kV (35 MVA), el cual se conecta a la S.E. Marcona existente.
- El 13.08.2012, mediante R.S. Nº 097-2012-EM, se otorgó la Concesión Definitiva de Generación y el 31.10.2012, mediante R.S. Nº 104-2012-EM se otorgó la Concesión Definitiva de Transmisión.
- La potencia generada se inyecta al SEIN mediante una L.T. de 31 km en 220 kV que conecta la S.E. Central Parque Eólico Marcona con la S.E. Marcona existente.
- Con carta COES/D/DP-105-2014 del 27.01.2014 se aprobó el estudio de operatividad del Parque Eólico Marcona y su Línea de Transmisión.
- La R.M. Nº 301-2013-MEM aprobó la modificación de la Puesta en Operación Comercial para el 21.03.2014.
- Con Carta COES/D/DP-530-2014 del 23.04.2014 se aprueba la Operación Comercial del Parque Eólico Marcona desde las 00:00 horas del día 25.04.2014.
- El monto de inversión aproximado fue de 61,1 millones US$.

ESQUEMA UNIFILAR DE LA CENTRAL DE GENERACIÓN





Ubicación del Proyecto


Montaje de Palas


Aerogeneradores instalados


Transformador de 35 MVA – 220 kV

División de Supervisión de Electricidad
Unidad de Supervisión de Inversión en Electricidad - Marzo 2018

127

Nota: Información técnica del Parque Eólico Marcona, que incluye datos de la empresa concesionaria, características de los aerogeneradores, ubicación del proyecto y esquema de conexión. Tomado de OSINERGMIN, (2018) Unidad de Supervisión de Inversión en Electricidad, p. 127.

Figura 17

Ficha Técnica y esquema de conexión de la Central Eólica Wayra I.

Osinergmin

CENTRAL EÓLICA WAYRA I (PARQUE NAZCA) (126 MW)

EMPRESA CONCESIONARIA	ENEL GREEN POWER PERÚ S.A.

DESCRIPCIÓN

La central tendrá una capacidad de 126 MW, que se obtendrá mediante la instalación de 42 aerogeneradores de 3,15 MW. La conexión al SEIN se realizará a través de la L.T. 220 kV S.E. Flamenco - S.E. Poroma, de simple circuito de 0,685 km.

UBICACIÓN	
Departamento	Ica
Provincia	Nazca
Distrito	Marcona
Altitud	27 msnm

DATOS DE LA CENTRAL	
Potencia Instalada	126 MW
N° de circuitos	7

DATOS DEL AEROGENERADOR	
N° de unidades	42
Potencia Nominal	3,15 MW
Tensión de Generación	12 kV
Factor de Potencia	-
Marca	ACCIONA (Modelo AW3150)
Año de Fabricación	-

DATOS DEL TRANSFORMADOR	**Transformador de Potencia**	**Transformador del Aerogenerador**
Potencia Nominal	120/150 MVA	42x3,4 MVA
Relación de Transformación	33/220 kV	12/33 kV
Marca	Por definir	Por definir
Año de Fabricación	-	-

DATOS DE CONTRATO		**HITOS**	
Tipo de Contrato	Suministro RER (4ta Subasta)	Cierre Financiero	15.12.2015 (si)
Firma de Contrato	17.05.2016	Llegada de Equipos	13.09.2017 (si)
Energía Ofertada	573,00 GWh/año	Inicio de Obras	16.01.2017 (si)
Precio de la Energía Ofertada	37,83 US$/MWh	Inicio de Montaje	22.09.2017 (si)
Puesta en Operación Comercial	31.03.2018	POC	31.03.2018

INFORMACIÓN RELEVANTE

- La Concesión Definitiva para desarrollar la actividad de generación eléctrica en la futura Central Eólica Nazca de 126 MW, fue otorgada mediante R.M. N° 290-2016-MEM/DM del 18.07.2016.
- Con R.M. N° 314-2017-MEM/DM del 25.07.2017, se aprobó el cambio de nombre de la Central Eólica Nazca, por Central Eólica Wayra I.
- El 18.01.2018, el COES aprobó el Estudio de Operatividad del proyecto.
- El 26.01.2018, el COES autorizó la Conexión para las Pruebas de Puesta en Servicio de la Central.
- El 04.02.2018, se energizó por primera vez la L.T. 220 kV Poroma-Flamenco por pruebas.
- El 06.02.2018, se sincronizó por primera vez la C.E. Wayra I con el SEIN, como parte de sus pruebas de operación con una generación de 8 MW.
- La C.E. Wayra I, actualmente viene inyectando energía al SEIN.
- Actualmente se realizan pruebas de carga a los circuitos del 1 al 7.
- El avance físico global es de 97%.
- La POC estaba prevista para el 31.03.2018. La concesionaria solicitó ampliación de plazo para la POC hasta el 30.05.2018, la cual está pendiente de definición por el MINEM.
- El monto de inversión aproximado será de 165,8 MM US$, según lo indicado por la Concesionaria.
- La ruta crítica del proyecto estuvo en el montaje de los componentes de los aerogeneradores, debido a las condiciones especiales del viento, necesarios para el montaje de los nacelles, aspas y torres. Fuertes vientos en la zona de trabajo motivaron atrasos en el montaje de aerogeneradores, motivo por el cual la Concesionaria solicitó al MINEM la ampliación de plazo de la POC.

DIAGRAMA UNIFILAR





Ubicación


Aerogeneradores instalados


Montaje de aspas


Obras civiles Subestación Flamenco

División de Supervisión de Electricidad
Unidad de Supervisión de Inversión en Electricidad – Marzo 2018

92

Nota: Información técnica de la Central Eólica Wayra I que incluye datos de la empresa concesionaria, características de los aerogeneradores, ubicación del proyecto y esquema de conexión. Tomado de OSINERGMIN (2018), Unidad de Supervisón de Inversión en Electricidad, p. 92.

En ambos casos se puede observar que hay una gran inversión para poner en marcha estas Centrales Eólicas, dependiendo mucho, del contrato que se haya podido hacer con la concesionaria ganadora respectivamente.

El análisis que nace respecto a estas fichas resumen es que el costo es muy alto para este tipo de proyectos, y que si bien hay una inversión que favorece a ayudar al cuidado de nuestro medio ambiente con energía renovable, estos pueden aminorarse. Contribuyendo con laboratorios peruanos, sean particulares como de universidades (nacionales o particulares), puesto en el hecho de las palas de los aerogeneradores (tema principal de investigación), uno de los materiales compuesto y que alcanza un valor considerable, puede ser reemplazado por un material orgánico, como es el ichu. planta que crece en nuestra sierra peruana, y que ha sido probada con diferentes productos obteniendo un resultado favorable, y que será desarrollado con más detalle a medida que se sigue desarrollando el tema de investigación.

En cuanto a los ítems que se han descrito en este numeral de costos, en las fichas no especifican los montos detalladamente, dando un costo total y general. Así mismo, tampoco brindan un costo ni la explicación para el fin de vida de las palas de los aerogeneradores, o en sí, de los materiales que son usados para el ensamblaje de todo el aerogenerador.

Hay que tener en cuenta, que, también el poder calcular un monto exacto es muy complejo, pero si se pudiera tener en cuenta varios factores, como la inversión principal, la vida útil de las unidades, costos de operación y mantenimiento y potencia producida durante un año. Esto nos puede llevar a generar un costo – beneficio, si es bien empleado, tanto como para la concesionaria como para el Estado Peruano.

8. Beneficios de la Energía Eólica

Analizando, a grandes rasgos, la energía eólica tiene múltiples beneficios que ayudan tanto ambientalmente como socialmente, en este subtitulo se mencionará lo más resaltantes:

A. El viento no necesita estar generado por algún factor externo ni por intervención de un tercero, ni algún tipo de combustión, teniendo en cuenta que se puede saber con precisión la frecuencia y fuerza del viento en determinados lugares.
B. El viento presenta una continuidad que es muy poco variable, y dependiendo también de la estación del año, es un recurso inagotable.
C. La conversión del viento en energía eléctrica ha alcanzado un nivel de eficiencia muy considerable, que ha proporcionado electricidad a comunidades, relativamente pequeñas, abasteciendo la gran mayoría de sus necesidades.
D. Es una fuente energética renovable, lo cual aminora gastos en general.

E. El tiempo de instalación es mucho más corto.

F. Este tipo de energía tiene muy bajas emisiones de gases de efecto invernadero. Generando un muy bajo impacto ambiental y contribuye al desarrollo sostenible.

9. Impactos Ambientales

Si bien la energía eólica tiene múltiples beneficios, también se tiene consecuencias a lo largo del desarrollo, en este caso, desde la elaboración, implementación, instalación, mantenimiento y desmantelamiento de los aerogeneradores y en sí, de los parques eólicos.

Según Hernández, et al. (2018), el impacto ambiental que puede tener una instalación eólica depende, en gran medida, del tamaño del proyecto y de las características del entorno que lo rodea. No es el mismo impacto causado por aerogeneradores aislados, que el producido por un parque eólico a gran escala.

Los impactos ambientales que se pueden generar, a través de la indumentaria que ha sido utilizada en los aerogeneradores o las instalaciones eólicas, van a dañar la flora y fauna, la vista del paisaje que lo rodea, al ser llevados a vertederos también generan una combustión, generando una contaminación odorífera, es decir una contaminación por malos olores afectando la calidad del aire y salud de las personas y la fauna, adicionalmente la emisión de ruidos que estos aerogeneradores pueden causar.

9.1. Impacto Ambiental sobre flora y fauna

En general, el mayor impacto que se da hacia la flora y fauna se produce durante la construcción y operación, ya sea de un aerogenerador o de un parque eólico.

A. En la flora

En cuanto a este ítem, se ve afectada en el punto de que se tenga que hacer excavaciones, o procedimiento que netamente tenga relación con el suelo, y esto implica sacar de su hábitat a la flora que pueda existir alrededor, para poder implementar los cimientos, instalarlos, y también en el tiempo de hacer mantenimiento o desmantelamiento, la flora y más específico el suelo, será más afectado, puesto que las palas de los aerogeneradores están siendo “desechadas” cuando se entierran en el suelo en el radio de los aerogeneradores, teniendo elementos que no son biodegradables como es la FIBRA DE VIDRIO.

También son “desechados” en vertederos comunes, es decir, en la basura que normalmente es de la sociedad en general; por lo que, no es una manera adecuada de poder tratar este tipo de material como lo es la Fibra de vidrio.

B. En la fauna

Este ítem, también se ve afectado en el punto de que tengan que invadir hábitat de muchas especies, desde aves hasta insectos. Debido a que se tiene que hacer procedimientos de excavación, instalación, etc. Por lo cual, al hacer este tipo de procedimientos dejan sin su hábitat natural a muchas especies, desde aves, insectos, mamíferos, reptiles, entre otros. Así como también la ingesta de materiales dañinos para la salud de estas especies, alterando la cadena alimenticia que se presenta de manera natural. Por lo que genera un año muy poco favorable e irreversible para los animales que residen tanto en el lugar donde se está construyendo la Central como alrededor de esta misma.

A continuación, tenemos la figura 18 varios restos de aerogeneradores además de diversos tipos de residuos de diferentes tipos de materiales.

Figura 18

Residuos de palas de aerogeneradores depositados en vertederos durante su proceso de disposición final.



Fuente: Adaptado de Hernández-Gálvez et al. (2018).

En las figuras 19 y 20, se aprecia, igualmente, restos de palas, escombros, basura en convivencia con la naturaleza, causando impactos ambientales en la flora y fauna del lugar donde se han instalado, no siendo un lugar seguro para los seres vivientes, y al tener la FIBRA DE VIDRIO se demora mucho más en poder degradarse si están presentes en

vertederos. Estas imágenes pertenecen a la Central Eólica de Talara, la cual se encuentra muy próxima a la carretera colindando con centros poblados. Las imágenes fueron tomadas en febrero del año 2025.

Figura 19

Restos de escombros y basura cerca de la carretera Piura – Talara, Pampa "La Campana" muy cerca de poblados.



Nota: Fotografía tomada por la autora durante visita de campo, 2025.

Figura 20

Escombros y restos de basura cerca de aerogenerador de la Central Eólica Talara.



Nota: Fotografía tomada por la autora durante visita de campo, 2025.

9.2. Impacto Ambiental sobre el paisaje

Este tiene mucha relación con el impacto ambiental que se pueda realizar en el suelo y flora, involucrando de manera conjunta el impacto visual que se tiene. Este aspecto es suele ser cuestionable, ya que puede depender mucho de cada persona. Por un lado, el poder apreciar aerogenerador o parque eólico; pero, por otro lado, puede ocasionar molestias en cuanto al atractivo visual. También puede generar una molestia visual en cuanto al diseño y la estética de los aerogeneradores que están en los vertederos. Se refleja un ejemplo claro en la figura 19 y 20, donde se puede aprecia el impacto visual de paisaje que están generando las palas de los aerogeneradores.

Figura 21

Palas de aerogeneradores retiradas de operación y enterradas en el radio del parque eólico.



Nota: Tomada de "Turbinas eólicas, el nuevo desafío ambiental", por C. Martin, 2020, Mining Press. https://miningpress.com/nota/327452/turbinas-eolicas-el-nuevo-desafio-ambiental

9.3. Impacto Ambiental sobre la emisión de ruidos

Este aspecto es más que todo durante la construcción y ensamblaje del parque eólico, siendo lo más destacado el movimiento de maquinarias. En adición, cuando estos aerogeneradores están en funcionamiento, puede haber una molestia auditiva en cuanto a las turbinas, engranajes, transformadores, pero que no es de una intensidad muy alta, pero que, si puede afectar, a la fauna presente en ese espacio.

En las siguientes figuras, se puede observar una de las palas de un aerogenerador ubicado en la Central Eólica Talara en Piura, Perú, la cual permanece en el suelo. Estando sujeta a varias posibilidades como el descarte de la pala enterrándola alrededor de la Central, o como el mantenimiento de esta, pudiendo ser un detalle importante, que, no hay personal que esté cerca de esta pala, tal y como se puede apreciar en las imágenes, a pesar de que esta se encuentra muy cerca a la vaya de la puerta principal de la Central. Estas imágenes fueron tomadas con fecha 24 de febrero de 2025, es decir el presente año. Por lo que, en la actualidad

en nuestro país no se tiene un actuar definitivo para con estas palas en el sentido de poder buscar opciones que sean amigables con el medio ambiente y que es lo que se trata de llegar con este tema de investigación.

Figura 22

Pala de aerogenerador en la Central Eólica de Talara, en Piura, Perú; tendida en el suelo sin algún tipo de supervisión, señalización o advertencia.



Nota: Fotografía tomada por la autora durante visita de campo, 2025.

Figura 23

Pala de aerogenerador en la Central Eólica de Talara en Piura, Perú en la actualidad.



Nota: Fotografía tomada por la autora durante visita de campo, 2025.

Figura 24

Central Eólica Talara, ubicada en Talara, en Piura, Perú en la actualidad 2025.

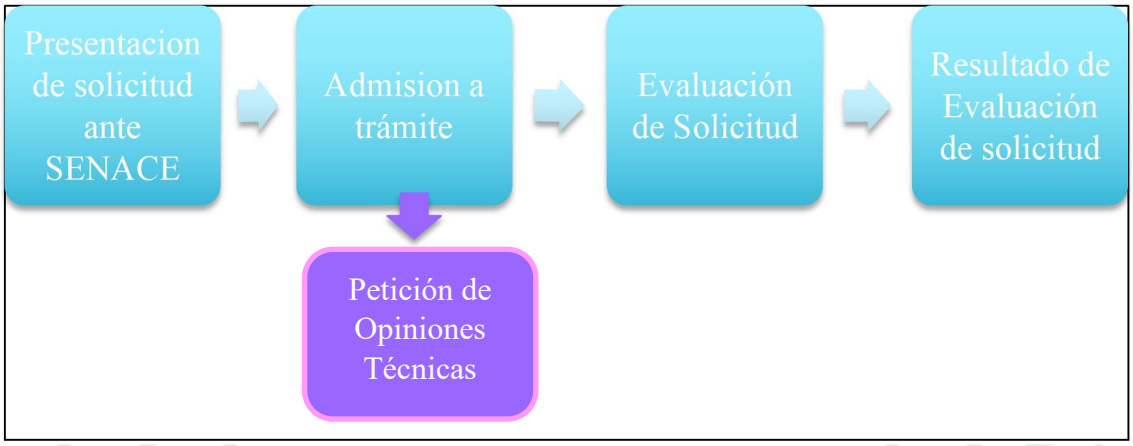


Nota: Fotografía tomada por la autora durante visita de campo, 2025.

10. Procedimiento para solicitar el funcionamiento de proyecto de parque eólico en Perú

Tabla 3

Procedimiento Único del Proceso de Certificación Ambiental del SENACE para las inversiones sostenibles.



Plazo del procedimiento de solicitud de funcionamiento de proyecto de Parque Eólico (Proyecto de Inversión): 30 días.

Nota: Elaboración propia en base al procedimiento único del proceso de certificación ambiental del SENACE para las inversiones sostenibles.

De acuerdo con la tabla 3, se va a explicar cómo es el procedimiento para poder solicitar el funcionamiento de proyectos de inversión, en este caso de Parques Eólicos, conforme al Decreto Supremo N° 013-2024-MINAM, Decreto Supremo que aprueba el Procedimiento Único del Proceso de Certificación Ambiental del Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles, denominado también PUPCA. (Decreto Supremo N° 013-2024- MINAM, 2024).

Todo el procedimiento tiene un plazo de 30 días, en el cual de computa desde que la solicitud se admite a trámite. Se inicia el procedimiento presentando una solicitud que contenga la naturaleza de las actividades de investigación, extracción o colecta de recursos forestales y de fauna silvestre o recursos hidrobiológicos que sean necesarios para elaborar la línea base ambiental, denominado como Evaluación Preliminar. Esta solicitud se presenta ante SENACE (Servicio Nacional de Certificación Ambiental), teniendo en cuenta los demás requisitos exigidos por ley, como son el tener el formulario brindado por la entidad, una versión digital de la Evaluación Preliminar (EVAP), versión digital de la propuesta de participación ciudadana, versión digital de la propuesta de los términos de referencia y el pago por derecho.

Para la admisión del trámite, el SENACE tiene un plazo no mayor de 5 días, en el cual va a revisar los requisitos exigidos ya mencionados, en caso haya observaciones se dan 2 días hábiles para poder subsanarlos los cuales son prorrogables.

Al momento de que se haya admitido a trámite, el SENACE puede pedir opiniones técnicas vinculante sobre la materia a las instituciones que tengan relación con el proyecto, como puede ser SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre), SERNANP (Servicios Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado), ANA (Autoridad Nacional del Agua), y demás, esto es así lo dispone en el informe. Se va a tener 18 días como plazo para poder emitir la opinión o formular observaciones, teniendo 7 días para poder subsanar estas observaciones.

Pasada esta etapa, se evalúa la solicitud. Es decir, una vez se haya admitido a trámite, el SENACE puede emitir un informe con otras observaciones o con el levantamiento de estas. En caso haya nuevamente observaciones, se va a presentar la subsanación de estas y la actualización de EVAP (Evaluación Preliminar), la propuesta de los términos de referencia y la propuesta de Participación Ciudadana.

Dentro de los 30 días que se ha indicado inicialmente, el SENACE debe de emitir una Resolución de acuerdo con todas las etapas de actuados como resultado de la evaluación de la solicitud de proyecto de inversión, ya que, los parques eólicos son parte de los proyectos de inversión que el Estado contempla.

11. Legislación comparada sobre el tratamiento de las palas de los aerogeneradores

En el ámbito internacional, se aprecia que diversos países han comenzado a desarrollar políticas públicas y marcos regulatorios orientados a la gestión sostenible de los componentes de los aerogeneradores, en específico de las palas de los aerogeneradores, incluyendo el tratamiento y disposición final. Europa destaca en el desarrollo de energía eólica, así como las medidas relacionadas con la economía circular, el reciclaje de materiales compuestos y el tratamiento al final de vida útil de los parques eólicos.

11.1. En Europa

A. España:

- Este país presenta una gran cantidad de aerogeneradores, de los cuales, aun se regulaban con Leyes que eran muy generales, por lo que los desechos de estos acaban en vertederos, teniendo en cuenta que a futuro iban a ser muy perjudiciales para el medio ambiente. Por lo que el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2021) aprobó el Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica de Energías

Renovables, Hidrógeno Renovable y Almacenamiento. El objetivo es fortalecer la transición energética mediante el desarrollo de tecnologías que estén vinculadas a la energía renovable. Específicamente, en el área eólica, y materia de esta investigación, se destaca *el reciclaje de palas.*

- El Ministerio para la Transición Ecológica y el reto Demográfico (2022) aprobó el Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica de Economía Circular, este proyecto promueve la reutilización, reciclaje y ecodiseño de los aerogeneradores, teniendo en cuenta que se va a desarrollar sistemas de desmantelamiento, simplificar el traslado de los residuos, implantar y desarrollar instalaciones que puedan reciclar los diferentes materiales de los aerogeneradores, todo esto, como parte de una economía circular.
- La Ley 21/2013, del 9 de diciembre de mismo año (Jefatura del Estado, 2013) regula la evaluación ambiental, en la cual se vela por que haya una adecuada gestión de residuos que se generan y los de su desmantelamiento, por lo que, el fin de vida de estos residuos de las infraestructuras estaría dentro de la gestión de economía circular.
- En la ley 7/2022 de residuos y suelos contaminados para una economía circular, juntamente con la Directiva 2018/851/CE, regulan la gestión de residuos que se van a generar del desmantelamiento, repotenciación, extensión de vida útil de los parques eólicos en general; además de que regulan la instalación correcta y legal de los generadores de energía eólica. (Jefatura del Estado, 2022; Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2018)

B. Dinamarca:

- Se establece la Ley del clima (Parlamento de Dinamarca, 2020), en la que se estipula una reducción de más de 60% de las emisiones de dióxido de carbono para el año de 2030, teniendo en cuenta que para 2050 este país debería de lograr que haya una neutralidad climática. Esta ley incluye bastantes puntos importantes, tales como: Invertir en las tecnologías verdes del mañana, transición verde de la industria, el uso eficiente de energía y sus renovaciones, entre otros.

11.2. En América

A. Argentina:

- La Ley 25.019 (1998), llamada Régimen Nacional de Energía Eólica y Solar, promulgada en el año 1998, en la cual se declara que es de interés nacional la generación de energía eléctrica de origen eólico y solar en todo el territorio nacional argentino. Teniendo en

cuenta que, si bien esta Ley contiene un régimen para la Energía Eólica, se involucra más el sector tributario que se puede ocasionar con este tipo de energías renovables.

- La Ley 27.191 (2015), llamada Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica, al igual que la primera ley que se ha mencionado, también trata de temas fiscales en cuanto a la energía renovable, y en específico para la energía eléctrica, beneficiando a los que son participes en estas tecnologías.
- El Estudio y Comparación de Alternativas de fin de vida aplicadas a palas de aerogeneradores, empleando, metodología de análisis de ciclo de vida, nos da unas opciones, que, si bien son costosas, pueden aligerar la carga de desmantelamiento de los aerogeneradores. Este estudio, se preocupa por el empleo de nuevos materiales para fabricar los aerogeneradores, como es que se podría tratar estos materiales al fin de su ciclo de vida usando diferentes tipos de reciclaje u obtener el mayor aprovechamiento de los materiales. Dando como opciones a posibilidades de finde vida como son es el incinerado, reciclado químico, relleno o vertedero, reciclado mecánico o reúso. (Rivarola et al., 2011).

B. Ecuador:

- Ley de Régimen del Sector Eléctrico y su Reglamento (1996), regula el sector eléctrico y las funciones de las instituciones que lo regulan. No obstante, esta legislación si bien toca un poco el tema de energía renovable como la eólica, también, al igual que Argentina, ve el lado tributario, eximiendo de impuestos a equipos y materiales que sean destinados para la inversión de sistema de energía renovable.
- Ley Orgánica para Impulsar la Iniciativa Privada en la Generación de Energía (2024). En esta nueva ley, y más reciente, se promueve soluciones de generación de generación de energía renovable y poder responder a la crisis energética. En esta ley, se les pide a las personas jurídicas que puedan ir haciendo una transición con tecnología de menos impacto ambiental, así como implementar sistemas de generación de energía renovables, todos estos cambios bajo una supervisión y con el debido procedimiento para poder solicitarlo a las autoridades competentes.
- Análisis del Potencial Eólico y solar para la implementación de un Sistema Hibrido de generación Eléctrica Ubicadas en una Comunidad Rural Oriental de la Provincia de Zamora Chinchipe, para este análisis su principal objetivo es el de cubrir la demanda de los diferentes tipos de energías renovables, brindando una variedad de alternativas para

las empresas que en este tipo de proyectos, todo esto realizado mediante un software del cual va a indicar si es compatible o no, los beneficios, desventajas, materiales a usar según las dimensiones del terreno a usar y con esto poder instalar instrumentos de energía eólica o fotovoltaico, o en su defecto un sistema híbrido, el cual combina dos o más tipos de energía renovables o no renovables. (Ministerios de Energía y Recursos Naturales No Renovables del Ecuador, 2020).

C. Brasil:

- Proyecto de Ley 576/2021 (Senado Federal de Brasil, 2021), orientado a la regulación de la energía eólica marina del país. Con este Proyecto de ley, buscan que se haga un camino para el sector eólico marino y contribuir a la energía renovable, segura y ecológica. Lo cual, favorece en muchos aspectos al país vecino, puesto que se va a expandir en el aérea turística, atrae inversionistas para poder realizar este proyecto, ya que, se ha visto que la costa de Brasil podría generar una gran cantidad de potencia de energía limpia que va a ayudar mucho a la sociedad del país, teniendo en espera más de cien solicitudes para poder empezar diversos proyectos de centrales eólicas; estos proyectos también van a favorecer en el campo laboral siguiendo un corte que ayude al cambio climático.

En término generales, en Sudamérica se promueven el empleo de energías renovables, más no vemos una legislación específica o al menos que sea favorable a los métodos que se pueda usar de reciclaje de los elementos de la energía eólica, específicamente en las palas de los aerogeneradores; estos países vecinos, ya se encuentran en la brecha de poder ir creando y desarrollando un sistema más tecnológico, tomando a estos como antecedentes. Van con el primer paso para poder tener un desarrollo sostenible con respecto a los aerogeneradores. Lo que no pasa en nuestro país, o en otros países sudamericanos que son un poco más desarrollados que el nuestro. Todos estos, se basan en legislaciones que ya han entrado en vigor, siendo una visión general, dejando en el aire muchos cabos sueltos sobre este tipo de energía; teniendo en cuenta que, en Perú, cada vez se están ensamblando más parques eólicos apoyando al cuidado del medio ambiente, pero como parte de este apoyo, también es necesario buscar opciones que puedan ayudar a contribuir, también, con la conservación del medio ambiente y el desarrollo sostenible. Brindando empleo, salud, convivencia, y desarrollo de nuestros propios materiales que pueden ayudar y servir en la implementación de diversos materiales que se emplean, en específico, en las palas de los aerogeneradores que han sido empleados en nuestro país.

A través de todo este análisis realizado en el anteriores apartados tanto del régimen jurídico nacional como internacional, se puede notar que se puede regular la gestión de ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores. Esto resulta como respuesta a una legislación general sobre residuos sólidos y siendo estos implementos de caracter industrial y muy específicos para la normativa peruana; por lo que, a continuación se desarrolla una propuesta normativa.

12. Alternativas de reciclaje de final de vida de las palas de los aerogeneradores

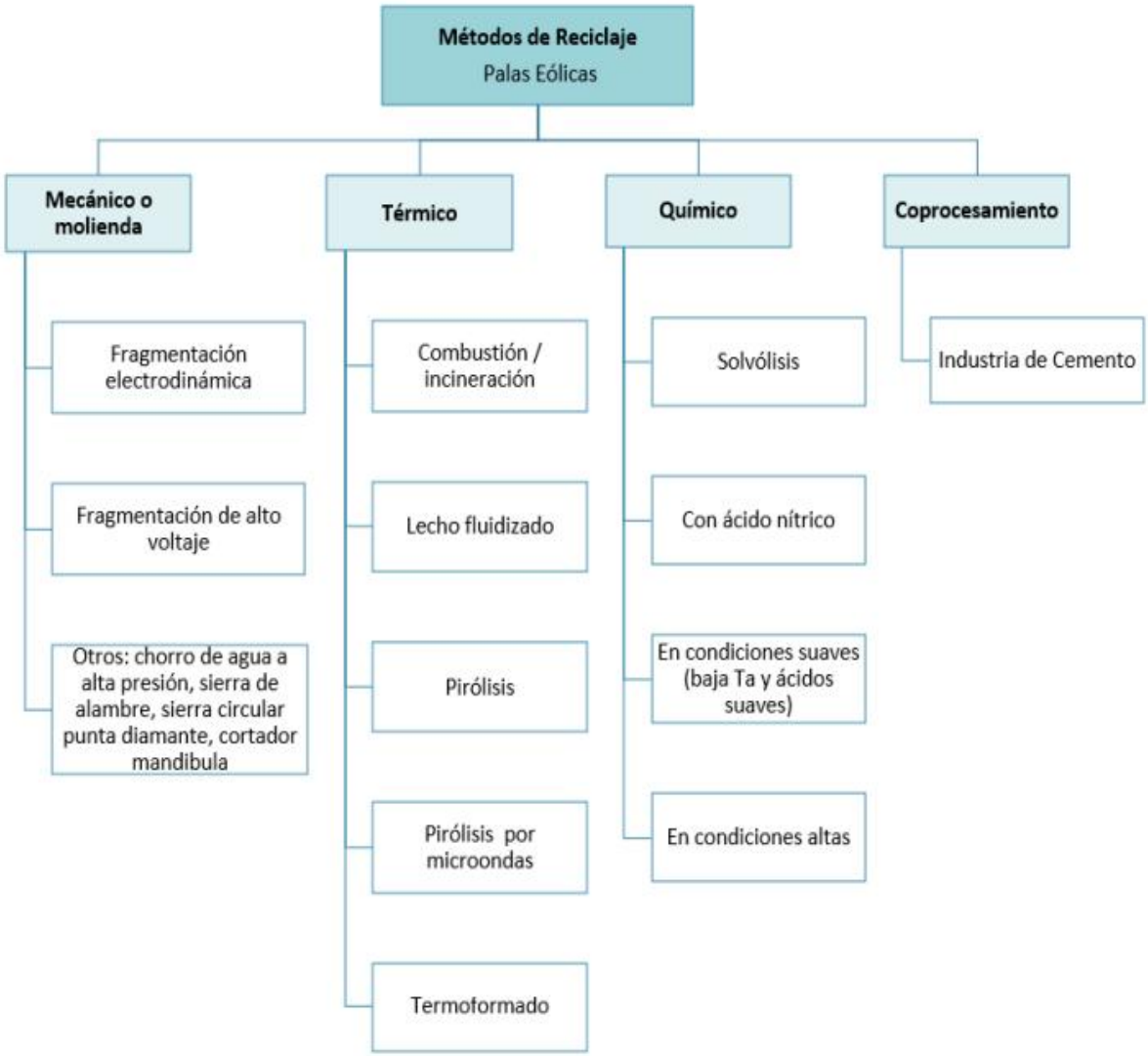
El material para usarse en las palas de los aerogeneradores, son compuestos, de las cuales la gran mayoría son resinas termoestables. Estas, siguen siendo materiales compuestos de los cuales no pueden ser fundidos individualmente, asimismo es muy difícil de separar los materiales que ya han sido integrados formando un material compuesto. Se podría decir, que es complicada la separación de la base de las palas de los aerogeneradores de las fibras que también están incluidas en estas. (International Renewable Energy Agency [IRENA], 2019). Por lo que, para poder reciclar la pala se mantiene con un alto porcentaje de complejidad, y las posibles alternativas no son del todo factibles en cuanto a una posible reducción de costes y cuidado del medio ambiente; y teniendo en cuenta que estas alternativas deberían de favorecer la reutilización de las materias primas que se han utilizado en la pala del aerogenerador.

Para Rivarola, et. al, (2011), brinda una clasificación de las principales alternativas de tratamiento de estos residuos; en la que, una de las principales bases es el Mecanizado de corte.

De esta, se desprenden diversos tipos de mecanizado de reducción de tamaño de palas de aerogeneradores, las cuales se van a desarrollar a continuación, de acuerdo con la figura 25:

Figura 25

Esquema de métodos de reciclaje de palas de aerogeneradores.



Nota: Tomado de Identificación de oportunidades de economía circular en el fin de vida de turbinas eólicas en Chile (p. 63), por Estefania Barra y Dariela Cisternas, 2022, Facultad de Ciencias, Ingeniería y Tecnología.

12.1. Reciclaje Mecánico o Molienda

Para Barra y Cisternas (2022), este método de reciclaje cambia la estructura molecular, se sustituye el polímero en la producción de fibra virgen, recuperando un material, pero de menor valor. Al tener el material reducido, se va a clasificar de acuerdo con los que posean mayor contenido de fibra, reciclados finos, gruesos, que contienen más resina. Esto se emplea como una etapa de pre-reciclaje, del cual se puede hacer secciones más pequeñas que serán más fáciles de transportar y tratar.

Dentro del reciclaje mecánico existen 2 subtipos de fragmentación sobre los residuos que se generan de este tipo de reciclaje:

12.1.1. Fragmentación Electrodinámica.

Se basa en una descarga eléctrica con un sólido entre dos electrodos sumergidos en agua, fragmentando los materiales compuestos. (CORDIS EU, 2014).

12.1.2. Fragmentación de Alto Voltaje.

Este proceso separa materiales compuestos en las matrices y sus fibras mediante la electricidad, de esta forma se recupera solo fibras cortas. (WindEurope, 2020).

12.2. Reciclado Térmico

Para Barra y Cisternas (2022) se utiliza el calor para descomponer material, el calor va a depender del tipo de resina que tenga el material, porque se podría carbonizar o disminuir el tamaño de las fibras que se han recuperado.

Trataremos algunas clasificaciones de reciclado térmico de manera muy general, teniendo en cuenta el lado jurídico que se requiere como parte de la investigación y que se abarca en el presente desarrollo:

12.2.1. Combustión o Incineración.

En este método se quema el material para obtener calor y con esto generar energía térmica. Según (Karuppannan Gopalraj y Kärki, 2020), este método posee una tasa de eficiencia de 35%, y el resto son cenizas, que finalmente acabarían en un relleno sanitario, perjudicando el progreso de una economía circular y disminuyendo la sostenibilidad de esta alternativa. Asimismo, Bank et al., (2021) resaltan que en muchas jurisdicciones están restringiendo la incineración en el uso de la tierra, esta sigue siendo el método más utilizado debido a su bajo costo. En este proceso se incinera el total de la pala del aerogenerador. Es decir, las palas son expuestas al calor en un horno de doble cámara, convirtiéndolo en cenizas y/o gases. A través de este método no se recicla la fibra, se recupera energía.

12.2.2. Proceso de Lecho Fluidizado.

Con este proceso un flujo rápido de aire caliente pasa a través de un lecho de arena de silice para descomponer el material a bajas temperaturas, separándose en fibras de carbono y vidrio. (Karuppannan Gopalraj y Kärki, 2020). Con este método, se puede reciclar solamente la fibra reforzada, útil para industria química y textil; pero

estas siguen siendo un poco difícil para poder implementarlas en otro uso para otro tipo de industria presentando limitaciones técnicas.

12.2.3. Pirolisis.

Las palas son cortadas en diferentes tipos de tamaño, luego pasan a una cámara donde son calentados a 400° C y 700° C sin oxígeno, de todo esto se obtiene aceite, gas, fibras, entre otros. Si bien, se puede recuperar el aceite y gas para emplearlo en otro tipo de industria, las fibras que se obtienen no son del todo "puras", por lo que se tendría que emplear otro método para poder obtener un mejor material que pueda ser usado (Karuppannan Gopalraj y Kärki, 2020).

12.3. Reciclaje Químico

Para Barra y Cisternas, (2022), consiste en desintegrar el material compuesto disolviéndolo en una solución química. La solución se elige dependiendo de la naturaleza del sustrato de polímero, es decir se podría usar acido, base o disolvente. Cuando la descomposición se ha realizado, las fibras que se han logrado reciclar son lavadas eliminando residuos menores de la superficie. La desventaja de este reciclaje es que la eliminación de los productos químicos restantes impacta ambientalmente al suelo, al agua, fauna, flora entre otros.

En este reciclaje, también hay tipos, de los cuales desarrollaremos, algunos, a continuación:

12.3.1. Solvólisis.

Esta técnica usa solventes como reactivos para romper la cadena de covalentes de polímeros, para esto se requiere de elevadas temperaturas y presión, sin embargo, se están desarrollando procesos que requieren de menores temperaturas para no afectar las propiedades mecánicas de la fibra (Cousins, 2018).

12.3.2. Reciclaje en condiciones suaves.

Se va a realizar un reciclaje a baja temperatura utilizando ácidos suaves, aumentando la degradación de la resina, obteniendo mejores resultados. (Karuppannan Gopalraj y Kärki, 2020).

12.4. Coprocesamiento

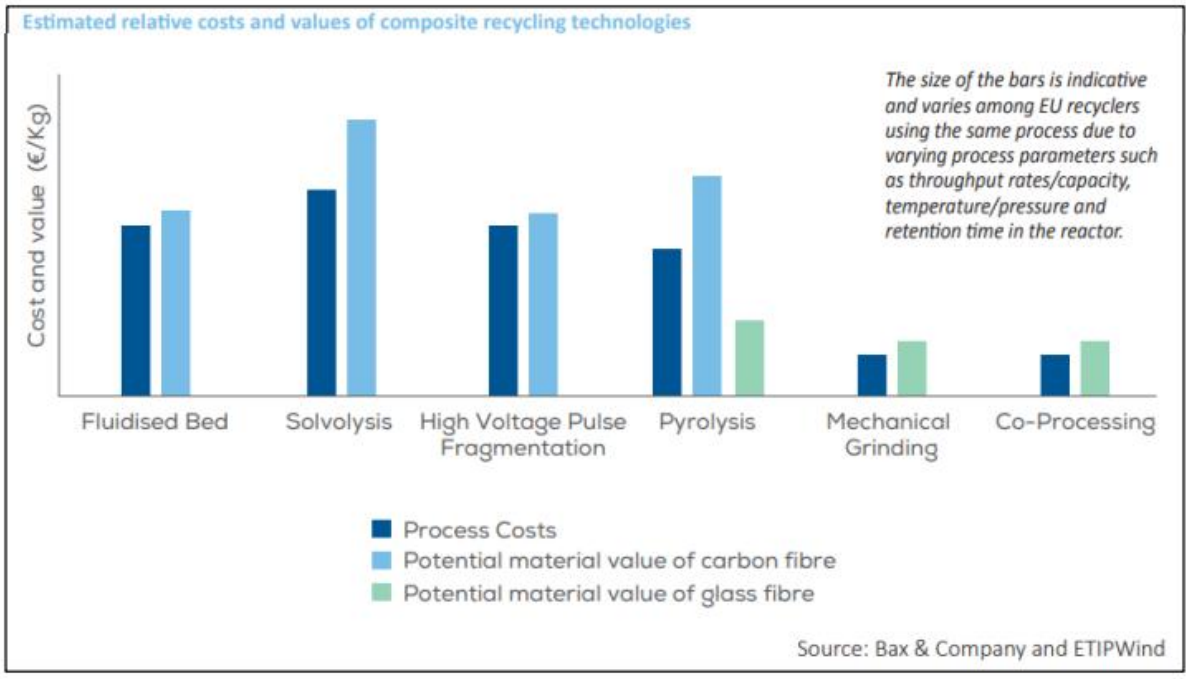
Mediante este proceso, la fibra de vidrio podría ser recuperada para la industria cementera. Siendo parte del *downcycling*, es decir, es un proceso que sirve para que los productos al final de su vida que no tienen como volver a su inicio, puedan transformarse en otro producto, pero con menor calidad, lo cual emplea un gasto de energía para poder reprocesar el material.

Estas alternativas de reciclaje aún están en desarrollo de laboratorios, sin conocimiento de que se puedan emplear a gran escala, y tampoco la viabilidad económica que esta involucra.

La imagen a continuación evalúa la posible estimación en cuanto a costos y valores de las alternativas de tecnologías de reciclaje de compuestos. Siendo que, el coprocesamiento y el reciclaje mecánico son los que tienen un costo más bajo en comparación de las demás alternativas. (Wind Europe, 2020; IRENA, 2019).

Figura 26

Cuadro de Costos y Valores relativos estimados de las tecnologías de reciclaje.



Nota: Tomado de Accelerating wind turbine Blade circularity/ recycling por WindEurope, con datos de Bax & Comapny y ETIPWind, 2018.

Debemos tener en consideración, que estas alternativas se han realizado, y se están realizando a lo largo de los principales países que tienen una gran cantidad de parques eólicos, que usualmente son los países primermundistas.

En el cuadro se observan las diferencias entre los métodos de reciclaje de palas de aerogeneradores, en términos de costo del proceso y valor potencial del material recuperado, los cuales son expresados en euros por kilogramo (€/kg).

En el caso del Lecho Fluidizado se puede ver que el costo del proceso es un poco menor al valor material potencial del material recuperado, en este caso de la fibra de carbono.

Igualmente, se ve una diferencia, amplia, en cuanto a la solvólisis, el costo del proceso es menor al valor material potencial de la fibra de carbono. Asimismo, en la Fragmentación de Alto Voltaje es muy parecido, en cuanto a sus valores al Lecho Fluidizado, es muy pequeña la diferencia de costo del proceso con el valor material potencial de la fibra de carbono.

Para el caso de la Pirolisis, el costo del proceso tiene un valor moderado en comparación con el valor potencial del material recuperado. Una comparación del costo de proceso con el valor material potencial de la fibra de carbono y de la fibra de vidrio en cuanto al método más utilizado de reciclaje de las palas de los aerogeneradores, nos muestra que la fibra de vidrio crea menos valor en cuanto a euro sobre kilogramo, sobre la fibra de carbono.

Pero si bien este tiene menores costos por procesos, y que es ya un beneficio, el método que se utilice para un posible reciclaje de la fibra de vidrio, es también, contaminante.

En cuanto a Molienda Mecánica y el Coprocesamiento, el valor del material potencial del material recuperado, fibra de vidrio, es mayor al costo del proceso. Siendo lo opuesto a los primeros métodos de reciclaje, convirtiéndolo en opciones económicamente más viables.

El cuadro de Costo y Valores se ha elaborado para estos mismos grandes países con grandes parques eólicos, es decir, va a ver una diferencia muy grande en cuanto sus costos y valores si estos fueran empleados en Sudamérica, especialmente en nuestro país, lo cual genera un gasto mucho mayor y alto, dejando con un poco de desventaja a la analogía de beneficio – precio. Consecuentemente, no se podría llegar a construir más parques eólicos en Perú, por lo mismo que la economía no abastecería para una energía renovable tan importante y que aún se puede emplear, con materiales eco amigables y producidos en Perú, y que estas favorecerían amuchas regiones de nuestro país en cuanto a investigación, implementación, mano de obra, entre otros. Los cuáles serán desarrollados a medida que seguimos con el trabajo de investigación.

13. Objetivos de Desarrollo Sostenible

Son metas globales que ha sido establecidas por la Asamblea General de las Naciones Unidas, estas están incluidas en la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible, llegando a ser 17 metas, u objetivos, globales. La finalidad de estas metas es que el mundo pueda llegar a tener más justicia, ser más inclusivo y sostenible (United Nations, 2015).

En función del tema de investigación, es que se va a tomar los Objetivos de Desarrollo Sostenible que puedan encajar con el tema de investigación, y poder hacer un análisis que pueda llevarnos a cumplir con ese objetivo o poder estar encaminados hacia ellos.

13.1. Energía Asequible y no contaminante (Objetivo N° 7)

Con este objetivo se buscar garantizar el acceso a toda la población a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna (United Nations, 2015).

Si bien nuestro país si ha empleado tecnología para energía renovable, no está regulada en su totalidad. Tampoco contribuye con materiales más eco amigables, que tienen mucha relación con el poder implementar una energía asequible y no contaminante.

Por lo que, al poder tener otro material orgánico en las palas de los aerogeneradores, y ser reemplazado por el ichu como "fibra natural", va a generar menos gastos, más posibilidades de poder reciclar o en su defecto el método que más convenga de reciclaje, y eso involucra costos también, y poder estar encaminados con este objetivo. Destacando también, los beneficios que este traería, como el impulso a la investigación y producción en universidades y laboratorios peruanos.

13.2. Industria, innovación e infraestructura (Objetivo N° 9)

Este objetivo contempla el poder construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación tecnológica (United Nations, 2015).

Para este punto, va a tener mucha relación con el objetivo anterior citado, el objetivo N° 7, puesto que para que pueda seguir creando o impulsando el uso de materiales orgánicos en grandes estructuras y obras que son parte de la energía renovable, en el caso de las palas de los aerogeneradores, favorecería mucho el poder impulsar y considerar los diversos estudios que se realizan en diferentes instituciones tecnológicas o universidades a lo largo del país, contribuyendo a la investigación e implementándolas para el cuidado y desarrollo sostenible.

13.3. Producción y Consumo Responsables (Objetivo N° 12)

Con este objetivo se busca garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles (United Nations, 2015).

Este objetivo también tiene mucha relación con los otros dos objetivos ya mencionados, el objetivo N° 7 y N° 9, puesto que al poder emplear materiales eco amigables y que aminoren el costo de producción, nos lleva a poder un consumo responsable, siempre dándole el debido impulso a nuestros productos peruanos sin comprometer a futuro, es decir, teniendo un desarrollo sostenible, equilibrado y adecuado.

El propósito de estos objetivos es poder cumplirlos al 2030, y que, si bien están destinados a cumplirse en conjunto y no de manera aislada, ya se trazaría una línea más productiva a poderse realizarse.

Los objetivos que se han mencionado son los más "resaltantes" para el tema de investigación, sin dejar de lado los demás objetivos, ya que, estos igualmente van a beneficiar en el campo que se desea cumplir, beneficiando a la sociedad sin comprometerla a futuro.

14. Materiales orgánicos como alternativas a la fibra de vidrio

Para este punto del tema de investigación que se está desarrollando, después de haber revisado los antecedentes de un aerogenerador, desde los primeros prototipos, el cómo es un aerogenerador, como es que este funciona, las partes que tienen y el elemento que se ve a más profundidad, que es la pala del aerogenerador y la fibra de vidrio que este contiene; las ventajas y desventajas de la energía eólica, el impacto ambiental que generan las palas de los aerogeneradores sea a la fauna y flora, las posibles opciones para poder desechar estas palas a través de diferentes métodos de reciclaje, los costos que estos métodos involucran, el cómo puede afectar al desarrollo sostenible; es que, se verá los diferentes materiales orgánicos que pueden ser considerados como alternativas a la fibra de vidrio, cuya eventual utilización dependerá de su viabilidad técnica, ambiental y normativa. Destacando uno de estos materiales orgánicos, que se encuentra en nuestro país, el cual puede traer múltiples beneficios; por ejemplo, que a futuro pueden generar una extensión favorable en el ámbito de las energías renovables.

Para Vargas (20209, Diversos estudios han identificado la posibilidad de usar fibras naturales como parte del refuerzo en materiales compuestos, brindando ventajas en términos de biodegradabilidad, menos impacto ambiental y potencial reducción de costos.

14.1. Fibra de Kenaf

La Hibiscus Cannabinus, o más conocido como Kenaf, es una especie de planta fibrosa, crecen en el centro-este de África y pueden llegar a medir entre dos metros y medio hasta cuatro metros y medio. Esta planta es utilizada para geotextiles, industria de papel, cordaje, hasta como cultivo de forraje verde, se está empleando como refuerzo en matrices poliméricas (Vargas, 2020). Posee valores de resistencia térmica esto combinado con la baja densidad que producen las fibras del Kenaf son un refuerzo excelente para utilizarse en paneles de aislamiento. El costo de esta planta sea para el procesamiento o empleabilidad como materia prima es muy bajo, siendo más rentable.

14.2. Fibra de coco

Esta fibra proviene de la cascara de coco. Según Zamora-Castro (2023), la cáscara posee lignina[1] por lo cual tiene una mayor duración antes de degradarse al compararse con otras fibras naturales.

14.3. Fibra de Yute

Para Cunalata y Jimenez, (2019), es una de las fibras naturales mayormente producidas en el mundo. Es una fibra reciclable y biodegradable. La fibra de yute ha sido utilizada para la fabricación de productos y herramientas que servían de protección para el hombre, sea en forma de textil, construcción, automotriz, entre otros. Es oriunda de India.

Según la FAO (2022) o llamada originalmente Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación o Food and Agriculture Organization, una característica fundamental del yute es la posibilidad de ser usado separadamente o mezclado con una gama de otras fibras y materiales. En muchos de estos usos se lo reemplaza con materiales sintéticos, pero cuando estos son inadecuados se usa el yute por su carácter biodegradable.

Si bien todos estos materiales orgánicos no son originarios de Perú, o puede que haya muy poca producción de estos se podría importar de otros países; teniendo en cuenta que, son materiales completamente biodegradables y aminorarían la contaminación con relación a las palas de los aerogeneradores que son desechadas de diferentes formas más no las ideales, involucran una inversión económica, que, a largo plazo, podría ser no tan beneficioso.

Sin embargo, hay un material orgánico, del cual se han hecho pruebas en menor escala pero que tienden a tener un resultado favorable para nuestro país tanto en el lado económico, de manufactura, de investigación, entre otros.

14.4. Ichu:

El material por implementarse y utilizarse como una parte de la presente investigación es el Ichu. Científicamente su nombre es Stipa Ichu, es un pasto que crece en la altura, que sirve como alimento de animales de pastoreo (Diaz Hoyos y Peralta Rodriguez, 2017).

Este material se ha experimentado en los que son los primeros prototipos de tablas de surf, dando resultados muy positivos en el ámbito de investigación, de cuidado del medio ambiente, desarrollo de materia prima y manufactura de esta.

[1] Lignina: Según la Asociación Española de Fabricantes de Agronutrientes, este es una sustancia natural que forma parte de la pared celular, en este caso, del coco. https://aefa-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/fibra-de-coco#:~:text=La%20fibra%20de%20coco%20contiene,cultivo%20idóneo%20para%20ser%20reutilizado.

Este prototipo fue realizado entre el año 2016 y 2017 por alumnos y docentes de la Universidad de Ingeniería y Tecnología o conocida por sus siglas UTEC, una universidad peruana. Emplearon cinco kilogramos de Ichu para poder crear dos tablas de surf. Según los alumnos que han elaborado este prototipo, coinciden con que, si bien existen otros tipos de fibras de plantas como el yute, cáñamo, o como las mencionada en líneas anteriores, no había un estudio con alguna planta netamente peruana, adicionalmente que, esta planta tiene características que se asemejan mucho a las fibras sintéticas (como la fibra de vidrio) y que los parámetros de elasticidad son bastante buenos. Asimismo, agregan que si bien este tipo de fibra de ichu es de un material renovable no cuentan con un porcentaje exacto de cuanto podría ser el impacto ambiental que pueda generar, rescatando que es un material mucho más eco amigable y el proceso de producción y extracción es amigable, puesto que, tienen en cuenta la altura donde cortar el ichu y cuáles serían los ideales para poder cortarlos, es decir dejar las verdes que aún están en desarrollo, y recolectar las de color amarillo sin perjudicar a un nuevo crecimiento de las mismas. En la misma línea, tienen en cuenta que, el ichu, en muchas localidades es visto como “mala hierba”, por lo que no tiene un valor comercial y se puede hallar libremente; por lo que, al hacer todo este proceso, obtiene un producto con valor agregado, pudiendo generar valor económico para los pobladores de las zonas altoandinas donde se encuentra esta planta.

Esto significa, que se podrían aminorar el precio del producto, que este caso, para el tema de investigación, son las palas de los aerogeneradores. Es decir, el reemplazo de la fibra de vidrio por fibra de ichu en las palas de los aerogeneradores, generando una menor contaminación.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLOGICO

Para la presente investigación, es importante poder desarrollar el marco metodológico empleado. Con estos datos se podrá analizar los resultados obtenidos, que serán detallados en el siguiente capítulo.

1. Enfoque y Diseño de la Investigación

Para Nizama Valladolid, Medardo y Luz Maria (2020), incluyendo las palabras de Aranzamendi (2008), la investigación cualitativa es de índole descriptiva por cuanto identifica los elementos que conforman un caso, hecho o fenómeno de relevancia jurídica, determinando sus conexiones entre sí, permitiendo describir procesos, contextos, instituciones, sistemas y personas.

Asimismo, la investigación cualitativa, reivindica la reflexividad, lo cual significa que debe prestarse especial atención a la forma que diferentes elementos lingüísticos, sociales, culturales, jurídicos, políticos, y teóricos que influyen de forma conjunta en el proceso de desarrollo del conocimiento. La reflexividad supone dirigir la mirada hacia las personas, hechos o fenómenos jurídicos que investiga, el reconocimiento de los supuestos teóricos y también personales (Aranzamendi, 2008).

La investigación se clasificaría como no experimental, ya que no implica la manipulación de variables ni la realización de experimentos (Reyes, 2022).

El sentido de la investigación será de enfoque cualitativo, diseño será el no experimental, teniendo un método de análisis normativo y derecho, puesto que no va a controlar variables, sino por el contrario, se analizará la información recabada a lo largo de un determinado periodo de tiempo con la finalidad de comprender la evolución y caracteres del fenómeno jurídico a tratarse, con el propósito de evaluar la suficiencia del marco legal ya existente y poder determinar la necesidad de una especifica regulación.

2. Instrumentos

El instrumento es utilizado para recolectar información clara y precisa y va a depender de la investigación el instrumento a utilizar.

Es una técnica donde el observador puede describir los sucesos exactos que están pasando en el momento de aplicar la técnica. En este caso el observador incluye datos de la forma cómo él los interpretó en el transcurso de la aplicación de los instrumentos o en la aplicación del método. (Urbano, P., 2016).

Por lo que, al tener este concepto en cuenta, para el presente trabajo de investigación se utilizará la observación documental, la cual incluye legislaciones internacionales, investigaciones, imágenes que están relacionadas con lo investigado.

3. Método de análisis de Datos

El análisis de datos cualitativos es el conjunto de operaciones empíricas y conceptuales mediante las cuales se construyen y procesan los datos con el fin de ser interpretados (Marín, Hernández & Flores, 2016; Taylor & Bogdan, 1992).

Se aplicará el método teleológico, con el cual pretendemos extraer el alcance y límites que debe de tener la manifestación de este derecho, sobre todo considerando la intangibilidad de los derechos fundamentales (Borjas, 2020).

En ese sentido, se analiza como antecedente las legislaciones que hay en diferentes países, juntamente con las imágenes que revelan la contaminación que se genera, además de los resultados que puedan llevar a una posible incentivación de más investigaciones.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS, DISCUSION y APORTE JURÍDICO

1. Resultados:

Los resultados se tendrán de acuerdo con los objetivos que se han analizado por separado de acuerdo con lo que está desarrollando en el presente trabajo de investigación, de la siguiente manera:

1.1. Primer Objetivo Específico

Identificar y analizar el marco normativo peruano aplicable a la generación de energía eólica, con especial énfasis en las obligaciones ambientales relacionadas con las palas de los aerogeneradores.

El análisis del marco normativo peruano permite determinar que la generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables se encuentra comprendida dentro de un conjunto de disposiciones de carácter constitucional, ambiental, energético y de gestión integral de residuos sólidos. Entre ellas se encuentran la Ley de Concesiones Eléctricas, la normativa de promoción de las energía renovables, la Ley General del Ambiente, el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, el Reglamento para la protección ambiental en las actividades eléctricas y el Decreto Legislativo N° 1278, entre otras disposiciones aplicables.

Desde el ámbito constitucional y ambiental, estas disposiciones reconocen la obligación de proteger el ambiente y prevenir los impactos ambientales negativos derivados de las actividades económicas. Asimismo, establecen principios y obligaciones relacionados con la prevención, la responsabilidad ambiental, la evaluación de impactos y la gestión adecuada de los residuos generados por las actividades productivas.

En el ámbito eléctrico, la normativa sectorial regula las actividades de generación de energía eléctrica y establece obligaciones para los titulares de los proyectos respecto del cumplimiento de las condiciones ambientales aplicables durante las etapas de construcción, operación, mantenimiento y abandono. En particular, el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas permite vincular la actividad de generación eólica con las obligaciones de prevención, manejo ambiental y cumplimiento de los instrumentos de gestión ambiental correspondientes.

Por su parte, la normativa sobre gestión integral de residuos sólidos establece disposiciones relacionadas con la minimización, segregación, almacenamiento, transporte, valorización y disposición final de los residuos que se generen durante las actividades eléctricas. Estas disposiciones resultan relevantes cuando determinados componentes de los aerogeneradores, incluidas las palas adquieren la condición jurídica de residuos sólidos.

En consecuencia, las palas de los aerogeneradores no se encuentran fuera del ámbito de aplicación del ordenamiento jurídico peruano. Su fabricación, incorporación a la infraestructura eléctrica, utilización, mantenimiento, sustitución y retiro se desarrollan dentro de una actividad sujeta a obligaciones ambientales y sectoriales, mientras que su gestión posterior se vincula con la normativa general de residuos sólidos cuando corresponda.

Por tanto, el marco normativo peruano vigente proporciona una base jurídica general para la protección ambiental de las actividades de generación eólica y para la gestión de los residuos que estas puedan generar. No obstante, la determinación de dichas disposiciones resultan suficientes para regular específicamente el ciclo de vida de las palas será desarrollada en el siguiente resultado, mediante el análisis de sus alcances, límites y nivel de articulación.

1.2. Segundo Objetivo Específico

Determinar la insuficiencia normativa existente respecto de la regulación del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores, considerando sus etapas de fabricación, utilización, mantenimiento, retiro y gestión posterior.

El análisis del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores permite determinar que el ordenamiento jurídico peruano contiene disposiciones aplicables a diferentes etapas relaciondas con estos componentes, principalmente a través de la normativa ambiental, eléctrica y de gestión integral de residuos sólidos. Sin embargo, dichas disposciones no conforman un régimen específico que articule de manera integral las obligaciones jurídicas correspondientes a las distintas etapas de su ciclo de vida.

En la etapa en que las palas forman parte de la infraestructura de generación eléctrica, la normativa vigente establece obligaciones generales vinculadas con la protección ambiental, la prevención de impactos y el cumplimiento de las condiciones ambientales aplicables a la actividad eléctrica. No obstante, no se identifican criterios sectoriales específicos referidos al seguimiento de su vida útil, la planificación de su sustitución o retiro, la documentación de las condiciones que determinen su reemplazo ni la gestión de las palas retiradas cuando todavía puedan ser destinadas a procesos de reutilización o valorización.

Esta situación adquiere particular relevancia debido a que las palas atraviesan una etapa jurídica previa a su condición de residuo sólido. Mientras permanecen incorporadas a la infraestructura eléctrica, se encuentran sujetas principalmente a las disposciones ambientales y sectoriales aplicables a la actividad de generación. Una vez que dejan de ser utilizadas y adquieren la condición de residuo, resultan aplicables las disposiciones generales sobre

gestión integral de residuos sólidos. Sin embargo, entre ambas situaciones no se advierten criterios sectoriales específicos que articulen de manera continua las obligaciones correspondientes al retiro, reutilización, valorización y gestión posterior de las palas.

Asimismo, el análisis realizado permite advertir que las disposiciones vigentes se encuentran distribuidas en diferentes cuerpos normativos y asignan competencias a distintas autoridades del ámbito eléctrico y ambiental, sin desarrollar criterios específicos para la gestión integral de las palas como componentes particulares de los aerogeneradores. Esta dispersión normativa dificulta establecer una secuencia jurídica uniforme para las actuaciones que deben desarrollarse desde la planificación de su retiro hasta su destino posterior.

Por tanto, la insuficiencia identificada no consiste en la inexistencia de normas aplicables a las palas de los aerogeneradores, sino en la ausencia de criterios sectoriales específicos y articulados que permitan regular de manera continua su ciclo de vida. Esta insuficiencia constituye el punto de partida para analizar, en el siguiente apartado, las consecuencias jurídicas que genera la aplicación fragmentada de las disposiciones existentes y la necesidad de establecer mecanismos de articulación normativa.

1.3. Tercer Objetivo Específico

Analizar comparativamente la regulación de otros ordenamientos jurídicos respecto de la gestión de las palas de los aerogeneradores, con el propósito de identificar criterios que puedan resultar aplicables al contexto peruano**.**

El análisis comparado de los ordenamiento jurídicos seleccionados permite identificar distintos mecanismos orientados a la gestión de los componentes y residuos derivados de las instalaciones de generación eólica, particularmente respecto de las obligaciones asociadas al final de su vida útil. La revisión de estos sistemas permite advertir que determinados aspectos que en el ordenamiento peruano se encuentran regulados de manera general han sido desarrollados mediante criterios específicos relacionados con la prevención, la planificación, la responsabilidad del titular, la trazabilidad y la valorización de los componentes retirados.

Entre los criterios identificados se encuentra la necesidad de considerar la gestión de los componentes desde etapas anteriores a su conversión en residuos, incorporando mecanismo de planificación y seguimiento que permita anticipar su retiro y determinar alternativas para su reutilización, valorización o gestión posterior. Asimismo, se observa la relevancia de

establecer responsabilidades claras para los titulares de las instalaciones respecto de la gestión de los componentes durante y después de su vida útil.

El análisis comparativo permite, además, identificar la utilidad de incorporar mecanismos de trazabilidad e información que permitan conocer las condiciones de los componentes retirados y su destino posterior. Estos criterios resultan relevantes para las palas de los aerogeneradores debido a sus características particulares, dimensiones, composición y dificultades asociadas a su gestión al finalizar su vida útil.

Sin embargo, los mecanismos identificados en los ordenamientos extranjeros no pueden ser incorporados directamente al sistema jurídico peruano. Su utilidad para la presente investigación consiste en proporcionar criterios regulatorios que pueden ser evaluados, y de resultar compatibles, adecuados al marco constitucional, ambiental, eléctrico e institucional peruano.

En consecuencia, el análisis comparado permite identificar criterios jurídicos que pueden contribuir a una regulación más articulada del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores en el Perú, particularmente en materia de responsabilidad del titular, planificación del retiro, trazabilidad, reutilización y valorización. Estos criterios constituyen referentes para el análisis de la regulación del ciclo de vida de las palas en el ordenamiento jurídico peruano y para la determinación de los elementos que resulten jurídicamente compatibles con su marco normativo.

1.4. Cuarto Objetivo Específico

Evaluar la viabilidad jurídica de implementar una regulación sectorial complementaria que establezca criterios para la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores y permita considerar alternativas materiales y tecnológicas ambientalmente favorables.

A partir del análisis del marco normativo peruano, de la insuficiencia identificada respecto de la regulación específica del ciclo de vida de las palas y de los criterios obtenidos mediante el análisis comparado, se determina que resulta jurídicamente viable implementar un regulación sectorial complementaria orientada a desarrollar y articular las disposiciones existentes. Esta regulación debe encontrarse subordinada al marco constitucional y legal

vigente y respetar las competencias atribuidas a las autoridades del sector eléctrico y ambiental.

La viabilidad jurídica de esta regulación se sustenta en que su finalidad no consiste en crear un régimen jurídico independiente ni sustituir las disposiciones ambientales, eléctricas o de gestión integral de residuos sólidos existentes, sino en desarrollar criterios específicos para las particularidades de las palas de los aerogeneradores y articular las obligaciones correspondientes a las diferentes etapas de su ciclo de vida.

En ese sentido, la regulación sectorial complementaria puede establecer obligaciones dirigidas principalmente a los titulares de las centrales eólicas respecto de la planificación, información, seguimiento, mantenimiento, retiro, reutilización, valorización y gestión posterior de las palas, manteniendo la aplicación de la normativa ambiental, eléctrica y de residuos sólidos que corresponda en cada caso. Asimismo, puede establecer mecanismos de articulación con las competencias de las autoridades sectoriales y ambientales existentes, sin generar una nueva estructura institucional.

Respecto de los materiales y tecnologías empleados en las palas, el análisis realizado permite determinar que una regulación sectorial puede incorporar criterios orientados a la evaluación de alternativas que contribuyan a reducir los impactos asociados a su ciclo de vida. En este contexto, la fibra de ichu constituye una alternativa material susceptible de evaluación; sin embargo, su eventual utilización debe encontrarse condicionada a la acreditación de su viabilidad técnica y ambiental y no puede establecerse como una sustitución obligatoria de la fibra de vidrio.

Por tanto, los resultados obtenidos permiten determinar que existe fundamento jurídico para una regulación sectorial complementaria que articule las disposiciones vigentes y establezca criterios específicos para la gestión integral del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores. La propuesta normativa formulada en la presente investigación constituye, en consecuencia, una alternativa de desarrollo regulatorio compatible con el ordenamiento jurídico peruano, cuya justificación se sustenta en la insuficiencia específica identificada y en la necesidad de articular las obligaciones aplicables a estos componentes.

1.5. Impacto jurídico de la insuficiencia normativa identificada

El análisis del marco normativo peruano realizado en la presente investigación permite determinar que la insuficiencia normativa identificada respecto del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores no deriva de la inexistencia de disposiciones jurídicas aplicables a las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica. Por el contrario, el ordenamiento jurídico peruano cuenta con normas ambientales, eléctricas y de gestión integral de residuos sólidos que resultan aplicables a dichas actividades. El problema jurídico identificado se encuentra en que estas disposiciones no desarrollan de manera específica y articulada las particularidades de las palas durante las diferentes etapas de su ciclo de vida.

Una primera causa de esta insuficiencia se encuentra en el carácter general de las disposiciones ambientales y de gestión de residuos aplicables al sector eléctrico. Estas normas establecen principios, obligaciones y procedimientos destinados a prevenir y controlar los impactos ambientales de las actividades eléctricas y a regular la gestión de los residuos sólidos; sin embargo, no contemplan de manera específica las características de componentes de gran dimensión y composición compleja como las palas de los aerogeneradores. En consecuencia, su aplicación a estos componentes de gran dimensión y composición compleja como las palas de los aerogeneradores. En consecuencia, su aplicación a estos componentes debe realizarse a partir de disposiciones generales que no permiten determinar con precisión, en todos los casos, las obligaciones específicas que corresponden al titular durante las distintas etapas de su vida útil.

Una segunda causa se relaciona con la transición jurídica que se produce entre la etapa en la que la pala constituye un componentes de la infraestructura de generación eléctrica y aquella en la que adquiere la condición de residuo sólido. Mientras forma parte del aerogenerador, la pala se encuentra vinculada principalmente con las obligaciones ambientales propias de la actividad eléctrica. Cuando es retirada y adquiere la condición de residuo, queda sujeta a las disposiciones correspondientes al régimen de gestión integral de residuos sólidos. Entre ambas situaciones pueden desarrollarse actuaciones de mantenimiento, reparación, sustitución, almacenamiento, reutilización o valorización que requieren criterios específicos de articulación para evitar una gestión fragmentada.

Una tercera causa corresponde a la distribución de competencias entre las entidades públicas que intervienen en la regulación, evaluación y fiscalización ambiental de las actividades eléctricas. La existencia de competencias diferenciadas entre el Ministerio de Energía y Minas, el Ministerio del Ambiente y los organismos encargados de la evaluación y fiscalización ambiental no constituye por sí misma una deficiencia jurídica. Sin embargo, cuando no

existen criterios sectoriales específicos que permitan articular dichas competencias respecto de un componente determinado, pueden generarse dificultades para establecer de manera uniforme las obligaciones del titular y los mecanismos de seguimiento aplicables durante el ciclo de vida de las palas.

Estas circunstancias generan consecuencias jurídicas relevantes. En primer lugar, pueden producir una aplicación fragmentada de las obligaciones existentes, de manera que el cumplimiento de las exigencias ambientales generales no necesariamente se traduzcan en un planificación específica respecto del retiro y destino posterior de las palas. En segundo lugar, la ausencia de criterios sectoriales específicos puede dificultar la trazabilidad de estos componentes desde su incorporación a la infraestructura hasta su retiro y gestión posterior. En tercer lugar, puede limitarse la adopción anticipada de medidas destinadas a favorecer la reutilización y valorización de las palas, debido a que estas alternativas no se encuentran desarrolladas específicamente dentro de la regulación sectorial eléctrica.

Desde una perspectiva jurídica, el principal problema de aplicación no consiste en determinar si las normas generales son aplicables a las palas, pues estas pueden resultar aplicables según la etapa y naturaleza de la actividad o del componente. El problema consiste en determinar si dichas normas resultan suficientes para establecer obligaciones claras, uniformes y articuladas respecto de la totalidad del ciclo de vida de las palas. El análisis efectuado permite sostener que dicha suficiencia no se alcanza plenamente.

Asimismo, la insuficiencia identificada no debe entenderse como una contradicción entre las normas existentes. Las disposiciones ambientales, eléctricas y de gestión de residuos pueden coexistir y ser aplicadas de manera complementaria. Lo que se evidencia es la necesidad de desarrollar criterios sectoriales que permitan concretar y articular las obligaciones ya previstas por el ordenamiento jurídico, atendiendo a las características particulares de las palas de los aerogeneradores.

En consecuencia, el impacto jurídico de la insuficiencia normativa identificada se manifiesta principalmente en la falta de una articulación específica de las obligaciones correspondientes a las diferentes etapas del ciclo de vida de las palas, situación que puede generar dificultades de interpretación, aplicación fragmentada de las disposiciones vigentes y ausencia de criterios uniformes para su planificación, seguimiento, retiro y gestión posterior.

Estos resultados permiten sustentar la necesidad de analizar una intervención regulatoria de carácter sectorial que, sin sustituir el marco jurídico vigente ni crear un régimen

independiente, permita desarrollar criterios específicos y articulados para la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores.

1.6. Determinación de la necesidad de una regulación sectorial complementaria

A partir de los resultados obtenidos mediante el análisis del marco normativo peruano, la determinación de su insuficiencia específica, el análisis comparado y la evaluación de la viabilidad jurídica de una regulación sectorial complementaria, se advierte la necesidad de desarrollar criterios normativos que permitan articular las obligaciones aplicables al ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores.

La necesidad de una intervención regulatoria no deriva de la inexistencia de normas aplicables a las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica, sino de la necesidad de desarrollar de manera específica aquellas obligaciones que actualmente se encuentran comprendidas de forma general en la normativa ambiental, eléctrica y de gestión integral de residuos sólidos. Los resultados muestran que las disposiciones vigentes pueden ser aplicadas a las diferentes situaciones relacionadas con las palas; sin embargo, no establecen una secuencia normativa específica que articule su planificación, mantenimiento, seguimiento, sustitución, retiro, reutilización, valorización y gestión posterior.

En ese sentido, una regulación sectorial complementaria permitiría precisar las obligaciones de los titulares de las centrales eólicas y establecer criterios uniformes para la gestión de las palas durante las distintas etapas de su ciclo de vida. Esta regulación no tendría por finalidad sustituir las normas ambientales, eléctricas o de gestión integral de residuos sólidos existentes, sino desarrollar sus disposiciones dentro del ámbito específico de la generación eléctrica mediante energía eólica.

Asimismo, los criterios identificados mediante el análisis comparado permiten considerar mecanismos relacionados con la responsabilidad del titular, la planificación del retiro, la trazabilidad y la priorización de alternativas de reutilización y valorización. Estos criterios pueden ser adaptados al ordenamiento jurídico peruano respetando sus principios, competencias institucionales y estructura normativa

Por tanto, los resultados de la investigación permiten determinar qu existe una necesidad jurídica de desarrollar criterios sectoriales específicos para la gestión del ciclo de via de las palas de los aerogeneradores. Dicha necesidad, conjuntamente con la viabilidad jurídica previamente determinada, constituye el fundamento para la formulación de una propuesta normativa complementaria orientada a fortalecer la articulación del acto jurídico vigente.

2. Discusión

Los resultados obtenidos permiten sostener que el ordenamiento jurídico peruano cuenta con un conjunto de disposiciones aplicables a las actividades de generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables, y específicamente, a las obligaciones ambientales derivadas de dichas actividades. La Constitución Política, la Ley General del Ambiente, la normativa del sector eléctrico, el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental y la normativa sobre gestión integral de residuos sólidos conforman un marco jurídico que permite establecer obligaciones de protección ambiental y de gestión de los impactos generados por las actividades eléctricas. En ese sentido, los resultados no permiten afirmar la inexistencia de regulación aplicable a las palas de los aerogeneradores.

Sin embargo, el análisis efectuado evidencia que la aplicación de estas disposiciones no alcanza a configurar un régimen jurídico específico que regule de manera articulada el ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores. Esta situación resulta relevante porque las palas presentan características particulares vinculadas con su composición, dimensiones, vida útil y dificultades asociadas a su reutilización, valorización y disposición final. Por ello, la aplicación de normas generales permite atender determinadas obligaciones ambientales, pero no necesariamente proporciona criterios sectoriales uniformes para abordar de manera continua las diferentes etapas por las que atraviesan estos componentes.

Esta insuficiencia debe ser comprendida desde una perspectiva de articulación normativa. El problema identificado no radica en una incompatibilidad entre las disposiciones ambientales, eléctricas y de gestión de residuos sólidos, sino en que estas regulaciones operan desde ámbitos distintos y no establecen criterios específicos que permitan conectar jurídicamente la etapa en que las palas forman parte de las infraestructura eléctrica con las actuaciones posteriores relacionadas con su retiro, reutilización, valorización o gestión como residuo. En consecuencia, la existencia de normas aplicables no garantiza por sí misma una regulación integral del ciclo de vida del componente.

Los resultados también permiten advertir que esta situación puede generar dificultades en la determinación de las obligaciones que corresponden al titular de una central eólica durante las diferentes etapas del ciclo de vida de las palas. Mientras estas se encuentran incorporadas al aerogenerador, las obligaciones se vinculan principalmente con la gestión ambiental de la actividad eléctrica; posteriormente, cuando son retiradas y adquieren la condición de residuo, resultan aplicables las disposiciones correspondientes al régimen de residuos sólidos. La ausencia de criterios sectoriales específicos entre ambas situaciones

puede generar una aplicación fragmentada de las obligaciones y limitar la planificación anticipada respecto del destino de estos componentes.

Desde esta perspectiva, la responsabilidad ambiental del titular adquiere especial importancia. La regulación sectorial existente permite atribuir responsabilidades respecto de los impactos ambientales derivados de las actividades eléctricas; no obstante, los resultados muestran la conveniencia de desarrollar criterios específicos que permitan concretar dicha responsabilidad respecto de la planificación, seguimiento, retiro y gestión posterior de las palas. Esto permitiría que la responsabilidad no se limite a la gestión del impacto ambiental producido en una etapa determinada, sino que se vincule con una gestión continua del componente durante su ciclo de vida.

Asimismo, el análisis comparado permitió identificar criterios que pueden contribuir a complementar el ordenamiento jurídico peruano, especialmente en materia de responsabilidad del titular, planificación del retiro, trazabilidad, reutilización y valorización. Estos elementos no deben ser trasladados automáticamente al contexto nacional, debido a las diferencias existentes entre los sistemas jurídicos analizados. No obstante, constituyen referentes útiles para determinar que mecanismos pueden ser incorporados a una regulación peruana compatible con el marco constitucional, ambiental, eléctrico e institucional vigente.

En relación a ello, los resultados permiten sostener que una eventual intervención regulatoria no requiere necesariamente la creación de un régimen jurídico autónomo. Por el contrario, la alternativa jurídicamente más coherente consiste en desarrollar una regulación sectorial complementaria que articule las disposiciones existentes y establezca criterios específicos para las palas de los aerogeneradores. De esta manera, la regulación propuesta puede complementar la normativa ambiental, eléctrica y de gestión de residuos sólidos sin sustituirla ni generar una nueva estructura institucional.

Respecto de las alternativas materiales tecnológicas, los resultados permiten considerar la posibilidad de incorporar dentro de la regulación criterios orientados a la evaluación de materiales que puedan contribuir a reducir los impactos asociados al ciclo de vida de las palas. En este contexto, la fibra de ichu puede ser considerada como una alternativa susceptible de evaluación; sin embargo, su utilización no puede establecerse jurídicamente como obligatoria mientras no se acredite previamente su viabilidad técnica y ambiental. Por ello, la propuesta normativa debe orientarse a permitir y promover la evaluación de alternativas, y no a imponer anticipadamente la sustitución de un material por otro.

En consecuencia, los resultados de la investigación guardan correspondencia con el objetivo de determinar la suficiencia del marco normativo peruano y la viabilidad de una regulación sectorial complementaria. El análisis realizado permite sostener que el ordenamiento vigente proporciona una base jurídica general para regular las actividades de generación eólica y los impactos ambientales asociados, pero presenta una insuficiencia especifica en cuanto a la articulación de criterios destinados a gestionar integralmente el ciclo de vida de las palas. Esta situación justifica jurídicamente la formulación de una propuesta normativa complementaria, cuyo contenido deberá orientarse a desarrollar las obligaciones existentes y establecer criterios específicos para la planificación, seguimiento, retiro y reutilización, valorización y gestión posterior de estos componentes. Estos hallazgos confirman la hipótesis planteada, en la medida en que se acredita tanto la insuficiencia normativa identificada como la viabilidad jurídica de una regulación sectorial complementaria.

3. Aporte Jurídico

La presente investigación permite determinar que el ordenamiento jurídico peruano cuente con disposiciones generales en materia ambiental, energética y de gestión integral de residuos sólidos; sin embargo, no desarrolla criterios específicos aplicables al ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores dentro de los proyectos de generación de energía eólica.

Se ha identificado que, la normativa vigente, regula aspectos vinculados a la gestión de residuos sólidos no municipales mediante el Decreto Legislativo N° 1278 y su reglamento, así como instrumentos complementarios tales como el Plan de Minimización y Manejo de Residuos Sólidos No Municipales. No obstante, dichas disposiciones se encuentran orientadas principalmente a la gestión de residuos ya generados y no contemplan obligaciones específicas relacionadas con los materiales utilizados en las palas de estos aerogeneradores, su mantenimiento, sustitución, trazabilidad y gestión durante todo su ciclo de vida útil.

Es que, en este sentido, el principal aporte jurídico de la investigación consiste en proponer la incorporación de una regulación sectorial complementaria, la cual, permita desarrollar criterios específicos aplicables al ciclo de vida de las palas de aerogeneradores, fortaleciendo la aplicación del principio de sostenibilidad y contribuyendo a una gestión ambiental más adecuada dentro del sector de generación de energía eólica.

Como resultado del análisis efectuado, se propone la implementación de un Reglamento Sectorial para la Gestión del Ciclo de Vida de las Palas de Aerogeneradores. Con la finalidad de complementar la regulación vigente mediante la incorporación de obligaciones específicas relacionadas con la identificación de materiales, mantenimiento, sustitución, trazabilidad y

gestión al término de la vida útil de los componentes desarrollados y analizados en el presente trabajo de investigación. La Propuesta normativa se adjunta como Anexo de la investigación.

Habiendo determinado el impacto jurídico de la insuficiencia normativa identificada y la necesidad de una regulación sectorial complementaria, corresponde desarrollar a continuación el sustento jurídico que respalda la propuesta normativa planteada como aporte de la presente investigación, el cual justifica su inclusión como anexo al final del documento.

3.1. Propuesta normativa para la implementación de un reglamento sectorial para la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores en las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica

3.1.1. Justificación jurídica de la propuesta normativa

La presente investigación tiene como finalidad evaluar la suficiencia del marco normativo aplicable a la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores utilizadas en las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica. Como resultado del análisis desarrollado en los capítulos precedentes, se determinó que el ordenamiento jurídico nacional cuenta con un conjunto de normas que regulas la protección del ambiente, la generación de energía eléctrica y la gestión integral de residuos sólidos; sin embargo, dichas disposiciones no desarrollan obligaciones específicas dirigidas a la gestión de las palas de los aerogeneradores durante las diferentes etapas que comprenden en su ciclo de vida.

En ese sentido, la insuficiencia normativa identificada no implica la inexistencia de una regulación ambiental o energética aplicable a las centrales eólicas, sino la ausencia de un desarrollo sectorial que establezca criterios específicos respecto de la incorporación, operación, mantenimiento, seguimiento, sustitución, retiro y gestión al término de la vida útil de uno de los componentes de mayor relevancia ambiental dentro de esta tecnología de generación eléctrica.

La propuesta normativa formulada en la presente investigación tiene como finalidad complementar el marco jurídico vigente mediante la implementación de un reglamento sectorial que desarrolle obligaciones específicas para la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores, manteniendo plena compatibilidad con las disposiciones constitucionales, legales y reglamentarias actualmente vigentes. En consecuencia, la regulación propuesta no modifica las competencias atribuidas a las entidades de la Administración Pública ni sustituye los instrumentos de gestión ambiental previstos en la legislación peruana, sino que desarrolla criterios técnicos y jurídicos

orientados a fortalecer la prevención de impactos ambientales asociados a dichos componentes.

La viabilidad jurídica de la presente propuesta encuentra sustento en el principio de desarrollo sostenible reconocido por la Constitución Política del Perú, así como en los principios de prevención, responsabilidad ambiental, mejora continua y economía circular desarrollada por la legislación ambiental nacional. Del mismo modo, la propuesta resulta compatible con el régimen jurídica de las actividades eléctricas y con la normativa aplicable a la gestión integral de residuos sólidos, debido a que con la normativa aplicable a la gestión integral de residuos sólidos, debido a que desarrolla obligaciones específicas dentro del ámbito sectorial de competencia del Ministerio de Energía y Minas, sin generar contradicción con el ordenamiento jurídico vigente.

En atención a ello, la presente propuesta normativa se estructura mediante un Proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Reglamento Sectorial para la Gestión del Ciclo de Vida de las Palas de los Aerogeneradores en las Actividades de Generación Eléctrica mediante Energía Eólica, elaborado con fines exclusivamente académicos como resultado de la presente investigación, con el propósito de demostrar la viabilidad jurídica de incorporar una regulación sectorial específica destinada a superar la insuficiencia normativa identificada.

3.1.2. Sustento constitucional de la propuesta normativa

La Constitución Política de Perú constituye el fundamento jurídico primario que legitima la implementación de una regulación sectorial orientada a la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores. Si bien la norma fundamental no es específica expresamente en este tipo de bienes, sí establece los principios y deberes estatales que permiten justificar la adopción de medidas normativas dirigidas a fortalecer la protección ambiental y garantizar el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

En este sentido, el artículo 2, inciso 22 de la Constitución reconoce el derecho fundamental de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida. Este derecho no solo impone obligaciones de abstención frente a conductas que puedan afectar el ambiente, sino que también exige la adopción de medidas positivas por parte del Estado destinadas a prevenir la generación de impactos ambientales y asegurar condiciones que permitan el desarrollo sostenible de las actividades económicas.

Complementariamente, el artículo 66 dispone que los recursos naturales constituyen patrimonio de la Nación y que el Estado es soberano en su aprovechamiento, correspondiendo establecer condiciones para su utilización racional mediante normas que garanticen su conservación y aprovechamiento sostenible. Si bien el recurso eólico constituye una fuente renovable de energía, la infraestructutra empleada genera impactos ambientales que deben ser regulados conforme a los principios establecidos por el ordenamiento constitucional.

Asimismo, el artículo 67 establece que corresponde al Estado determina la política nacional del ambiente y promover el uso sostenible de los recursos naturales. Esta disposición constituye uno de los principales fundamentos constitucionales de la presente propuesta normativa, en la medida en que faculta al Estado para desarrollar instrumentos regulatorios orientados a fortalever la protección ambiental dentro de sectores específicos, como ocurre con la generación eléctrica mediante energía eólica.

El artículo 68 impone al Estado el deber de promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas. Aunque esta disposición no se refiere directamente a la gestión de residuos derivados de la infraestructura energética, evidencia que la Constitución adopta una política de protección ambiental basada en la prevención y en la intervención normativa cuando resulta necesaria para evitar la degradación del ambiente.

3.1.3. Sustento jurídico de la propuesta normativa en la Ley General del Ambiente - Ley N° 28611

Esta Ley constituye el principal sustento legal de la propuesta normativa desarrollada en la presente investigación, debido a que establece los principios, derechos, obligaciones y lineamientos generales que orientan la protección del ambiente en el ordenamiento jurídico peruano. Esta norma proporciona el marco jurídico que permite desarrollar regulaciones sectoriales específicas destinadas a prevenir impactos ambientales derivados de determinadas actividades económicas.

Uno de los principales fundamentos de la propuesta se encuentra en el Artículo I del Título Preliminar, el cual reconoce que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y a la protección del ambiente. Esta disposición constituye el fundamento general de toda la legislación ambiental peruana y justifica que el Estado adopte mecanismos regulatorios orientados a

fortalecer la protección ambiental frente a nuevas problemáticas derivadas del avance tecnológico y del crecimiento de sectores productivos como la generación eléctrica mediante energía eólica.

En el artículo VI del Título Preliminar incorpora el principio de prevención, según el cual la gestión ambiental tiene como finalidad evitar la generación de impactos negativos sobre el ambiente antes que limitarse a corregir sus consecuencias una vez producidas. Este principio adquiere especial importancia respecto de las palas de los aerogeneradores, debido a que su gran dimensión, la composición predominante de materiales compuestos, que son principalmente fibra de vidrio y resinas termoestables, y la complejidad de su aprovechamiento al término de la vida útil exigen la implementación de medidas preventivas desde las primeras etapas del ciclo de vida del componente. Por lo que, la propuesta del Reglamento Sectorial incorpora obligaciones relacionadas con la planificación, el mantenimiento, el seguimiento y la gestión el retiro de las palas, procurando reducir la generación de riesgos ambientales antes de que estos se materialicen.

De igual forma, el artículo VIII del Título Preliminar desarrolla el principio de internalización de costos ambientales, el cual indica que quien genera impactos sobre el ambiente debe asumir los costos derivados de las medidas destinadas a prevenir, controlar o reparar dichos impactos. Este principio encuentra correspondencias con la propuesta normativa formulada, en la medida en que las obligaciones previstas en la propuesta de Reglamento Sectorial recaen sobre el titular de la actividad de generación eléctrica mediante energía eólica, quien deberá implementar mecanismo de planificación y gestión ambiental durante todo el ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores.

Asimismo, el artículo IX del Título Preliminar reconoce el principio de responsabilidad ambiental, el cual establece que el causante del deterioro ambiental debe adoptar las medidas necesarias para prevenir, reducir o reparar los daños ocasionados. La propuesta normativa no incorpora un régimen sancionador distinto al previsto por el ordenamiento vigente; sin embargo, desarrolla obligaciones específicas que permiten al titular ejercer una gestión responsable respecto de uno de los componentes de mayor incidencia ambiental dentro de una central eólica.

Respecto al artículo 74 de la Ley General del Ambiente, dispone que los titulares de actividades económicas son responsables por los mismos impactos ambientales derivados de sus operaciones y deben adoptar las medidas necesarias para prevenir,

minimizar y controlar dichos impactos. Esta disposición constituye uno de los fundamentos legales más importantes de la propuesta, ya que legitima la incorporación de obligaciones específicas dirigidas a la gestión del ciclo de vida de las palas, sin que ellos implique la creación de nuevas responsabilidades distintas de las ya previstas por la legislación ambiental.

En el mismo sentido, el artículo 75 establece que las medidas de prevención y protección ambiental deben de incorporarse durante todas las etapas de desarrollo de las actividades económicas. A partir de esta disposición puede sostenerse que la protección ambiental no debe de limitarse exclusivamente a la etapa de operación de una central eólica, sino comprender también las fases de instalación, mantenimiento, sustitución, retiro y gestión posterior de aquellos componentes cuya naturaleza pueda generar riesgos ambientales como ocurre con las palas de los aerogeneradores.

De esta interpretación, se puede decir que esta norma no impide la expedición de una regulación sectorial específica; por el contrario, proporciona los principios y fundamentos jurídicos necesarios para que el Estado desarrolle disposiciones complementarias destinadas a fortalecer la gestión ambiental en sectores económicos determinados, En consecuencia, la implementación de un Reglamento Sectorial para la Gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores resulta compatible con el marco legal vigente, en tanto que, constituye un desarrollo específicos de los principios de prevención, responsabilidad ambiental y desarrollo sostenible.

3.1.4. Sustento jurídico de la propuesta normativa en la Ley de Concesiones Eléctricas - Decreto Ley N° 25844

Mediante este Decreto Ley se constituye el principal marco jurídico que regula actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica en el Perú. Si bien esta norma fue concebida con el propósito de organizar el régimen jurídico de servicio eléctrico y promover el desarrollo del sector energético, su contenido también proporciona el sustento legal necesario para el desarrollo de disposiciones sectoriales orientadas a fortalecer la gestión ambiental en las actividades comprendidas dentro de su ámbito de aplicación.

Esta Ley reconoce que las actividades eléctricas constituyen actividades de interés nacional cuya ejecución debe desarrollarse conforme al ordenamiento jurídico vigente. Es así que, el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica mediante energía

eólica debe de cumplir con las obligaciones ambientales previstas por la legislación nacional.

La propuesta normativa no modifica el régimen jurídico establecido por la Ley de Concesiones Eléctricas, ni incorpora nuevos requisitos para el otorgamiento de concesiones eléctricas, Su finalidad consiste en desarrollar criterios específicos relacionados con la gestión ambiental de uno de los principales componentes de la infraestructura eólica, complementando las obligaciones ambientales que ya resultan aplicables a los titulares de estas actividades. Debe tenerse en cuenta que esta ley regula la actividad económica de generación eléctrica de manera general, sin distinguir las particularidades ambientales derivadas de cada tipo de tecnología de generación, ésta no desarrolla obligaciones diferenciadas respecto de los componentes específicos utilizados por las diferentes tecnologías. Por lo que, la ausencia de regulación específica constituye uno de los elementos que sustentan la insuficiencia normativa identificada en la presente investigación.

Es por ello que, la implementación de un Reglamento Sectorial destinado a regular el ciclo de vida de las palas no supone la modificación del régimen concesional ni altera los derechos y obligaciones derivados de la concesión eléctrica. Por el contrario, constituye un desarrollo reglamentario compatible con los objetivos de la propia Ley de Concesiones Eléctricas, que incorpora medidas destinadas a fortalecer la sostenibilidad ambiental de las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica. Bajo esta interpretación sistemática, la regulación propuesta busca integrar a la Ley de Concesiones Eléctricas y la Ley General del Ambiente, estableciendo criterios específicos para la gestión ambiental de las palas sin afectar la estructura normativa del régimen eléctrico nacional, por lo que, este Decreto Ley también sería parte de la compatibilidad con la propuesta normativa formulada en la investigación.

3.1.5. Sustento jurídico de la propuesta normativa en el Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas - Decreto Supremo N° 009-93-EM

Este reglamento desarrolla las disposiciones contenidas en el Decreto Ley N° 25844 y establece procedimientos administrativos y técnicos aplicables a las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica. No obstante, este instrumento normativo concentra su regulación en aspectos vinculados con el funcionamiento del servicio eléctrico, sin incorporar disposiciones específicas relativas a

la gestión del ciclo de vida de los bienes que integran la infraestructura de generación de energía eólica.

El Reglamento regula materias relacionadas con las autorizaciones administrativas, condiciones técnicas de las instalaciones, las obligaciones de los concesionarios y los mecanismos de supervisión propios del sector eléctrico. Sin embargo, no establece criterios específicos propios para la administración ambiental de componentes como las palas de los aerogeneradores, pese a que estos representan uno de los elementos estructurales de mayor complejidad durante las etapas de mantenimiento, sustitución y retiro.

En este contexto, la propuesta normativa formulada no modifica las disposiciones contenidas en el Reglamento de a Ley de Concesiones Eléctricas ni altera los procedimientos administrativos previstos pera el desarrollo de las actividades eléctricas, sino que va a actuar como una regulación complementaria orientada exclusivamente a desarrollar aspectos ambientales específicos relacionados con la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores.

3.1.6. Sustento jurídico de la propuesta normativa en el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas

Este Reglamento fue aprobado mediante Decreto Supremo N° 014-2019-EM, este constituye el principal instrumento normativo ambiental aplicable al subsector electricidad. La finalidad de este reglamento consiste en establecer las disposiciones destinadas a prevenir, controlar, mitigar y corregir los impactos ambientales derivados del desarrollo de las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, asegurando que dichas actividades se ejecuten conforme a los principios de protección ambiental y desarrollo sostenible. Se desarrolla obligaciones ambientales generales aplicables a los titulares de actividades eléctricas, regulando materias como la certificación ambiental, los instrumentos de gestión ambiental, las obligaciones del titular las medidas de prevención y control ambiental, el seguimiento de los compromisos ambientales y las acciones de supervisión. Pese a la amplitud de este reglamento, no incorpora disposiciones específicas dirigidas a la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores.

Esta circunstancia constituye uno de los principales fundamentos de la propuesta normativa formulada en la presente investigación. La ausencia de una regulación específica sobre las palas no implica una deficiencia en el Reglamento para la Protección

Ambiental en las Actividades Eléctricas, sino que responde a su naturaleza de norma general aplicable al sector eléctrico. Como consecuencia, resulta jurídicamente posible desarrollar una regulación sectorial complementaria que atienda las particularidades ambientales de una tecnología específica, sin modificar ni sustituir el contenido del reglamento vigente.

En este sentido, la propuesta de Reglamento Sectorial no pretende reemplazar las obligaciones ambientales previstas en el Decreto Supremo N° 014-2019-EM. Por el contrario, se concibe como una regulación complementaria, destinada a desarrollar criterios específicos para la gestión ambiental de las palas durante las etapas de incorporación, operación, mantenimiento, seguimiento, sustitución, retiro y gestión al término de su vida útil. Asimismo, el Reglamento Sectorial incorpora un Plan de Gestión del Ciclo de Vida de las Palas de los Aerogeneradores como un instrumento interno de gestión del titular, de naturaleza administrativa, cuya finalidad consiste en organizar el cumplimiento de las obligaciones ambientales específicas derivadas de la presente regulación. Dicho plan no constituye un Instrumento de Gestión Ambiental, razón por la cual no va a requerir de una aprobación por la autoridad ambiental ni modifica el procedimiento de certificación ambiental vigente, gracias a esto se proporciona herramientas específicas para una adecuada gestión ambiental de un componente que, por sus características técnicas y ambientales, requiere un tratamiento diferenciado.

3.1.7. Sustento jurídico de la propuesta normativa en el Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos

Este Decreto constituye uno de los principales referentes normativos para la presente propuesta, debido a que regula las obligaciones generales relacionadas con la prevención, minimización, valorización y manejo ambientalmente adecuado de los residuos sólidos generados en el territorio nacional. Su finalidad consiste en establecer un régimen jurídico que permita proteger la salud de las personas y el ambiente mediante una gestión integral de los residuos, promoviendo además la economía circular y el aprovechamiento eficiente de los recursos.

Analizando esta legislación, se puede advertir que se desarrolla un régimen general aplicable a los residuos sólidos municipales y no municipales, en la cual establece responsabilidades para los generadores y definiendo las competencias de las autoridades encargadas de su supervisión y fiscalización. Sin embargo, este Decreto no

regula de manera específica los componentes utilizados en las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica, ni desarrolla obligaciones particulares respecto del tratamiento de las palas de los aerogeneradores cuando estas alcanzan el fin de su vida útil.

Las palas de los aerogeneradores presentan características que las diferencian de otros residuos industriales. Su fabricación a partir de materiales compuestos, principalmente de fibra de vidrio y resinas termoestables, dificultan los procesos convencionales de reutilización y reciclaje, lo que exige la adopción de medidas de gestión que deben planificarse desde las etapas iniciales de operación de una central eólica y no únicamente cuando el componente se convierte en un residuo. Es así que, el Decreto Legislativo N° 1278 proporciona un marco general para la gestión de residuos sólidos, pero no desarrolla una regulación preventiva del ciclo de vida de los bienes utilizados en determinadas actividades económicas. La gestión prevista en esta norma se activa principalmente cuando el material adquiere la condición jurídica de residuo, mientras que la presente propuesta incorpora obligaciones que abarcan etapas anteriores como la planificación, mantenimiento, seguimiento técnico, sustitución y el retiro programado de las palas, procurando reducir la generación de impactos ambientales antes de que estas palas seas descartadas.

La propuesta normativa no pretende modificar el régimen jurídico previsto por el Decreto Legislativo N° 1278, ni establecer categorías distintas de residuos sólidos. Por el contrario, se limita a desarrollar obligaciones sectoriales específicas dentro del ámbito de competencia del Ministerio de Energía y Minas, mediante mecanismos preventivos aplicables exclusivamente a las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica. El propio Decreto reconoce la necesidad de que la gestión de residuos sólidos se articule con las regulaciones sectoriales correspondientes. Por lo que, la existencia de una regulación especializada para las palas de los aerogeneradores no genera conflicto alguno con el régimen general de residuos sólidos, sino que contribuye a su adecuada implementación dentro de un sector económico cuyas características técnicas requieren un tratamiento distinto. Asimismo, la propuesta del reglamento sectorial fortalece la aplicación de la política nacional de gestión integral de residuos sólidos mediante medidas preventivas dirigidas a uno de los componentes de mayor complejidad ambiental utilizados en la generación eléctrica renovable, teniendo en cuenta que incorpora

principios de economía circular compatibles con los objetivo del Decreto Legislativo N° 1278.

Es así que, se puede afirmar que el Decreto Legislativo N° 1278 no constituye un impedimento para la expedición de una regulación sectorial especializada; por el contrario, representa un fundamento legal que justifica la incorporación de obligaciones específicas orientadas a prevenir la generación de impactos ambientales derivados del manejo de las palas de los aerogeneradores durante todo su ciclo de vida, manteniendo una coherencia con la actual legislación analizada.

3.1.8. Sustento jurídico de la propuesta normativa en el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278

Este Reglamento desarrolla los procedimientos, obligaciones y criterios técnicos aplicables a la gestión de los residuos sólidos en el territorio nacional. Su finalidad consiste en asegurar la adecuada implementación de la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, estableciendo mecanismos que permitan prevenir riesgos para la salud y el ambiente derivados del manejo de los residuos. Este representa un instrumento normativo complementario de gran importancia, debido a que desarrolla las obligaciones generales que deben cumplir los generadores de residuos no municipales. Sin embargo, al igual que la Ley de Gestión de Residuos Sólidos su contenido se encuentra orientado al manejo de residuos una vez que estos adquieren dicha condición jurídica, sin desarrollar criterios específicos para la administración del ciclo de vida de los bienes utilizados en actividades industriales determinadas.

En el caso de las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica, las palas de los aerogeneradores no constituyen residuos durante toda su existencia. Por el contrario, durante la mayor parte de su vida útil forman parte de la infraestructura esencial de generación eléctrica y se encuentran sometidas a procesos continuos de inspección, mantenimiento, reparación, sustitución parcial y evaluación técnica. En consecuencia, limitar su regulación únicamente al momento en que adquieren la condición de residuo resulta insuficiente para garantizar una adecuada gestión ambiental.

Precisamente, uno de los principales aportes de la propuesta consiste en incorporar una visión preventiva del ciclo de vida de las palas, desarrollando obligaciones que estén dirigidas a planificar su mantenimiento, documentar su estado estructural, prever su retiro y establecer mecanismos de seguimiento antes de que dichas estructuras sean consideradas residuos sólidos; es así que, esta aproximación resulta compatible con los

objetos del Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, en tanto fortalece la prevención y minimización de impactos ambientales, principios que inspiran toda la política nacional de gestión de residuos. Además, que el Decreto Legislativo N° 1278 regula aspectos vinculados con el almacenamiento, transporte, valorización y disposición final de residuos sólidos; sin embargo, no contiene disposiciones específicas relativas a componentes industriales de gran dimensión cuya gestión requiere planificación desde etapas previas a su descarte definitivo.

Con este análisis de esta normativa, se constituye un fundamento jurídico adicional, el cual respalda la implementación de una regulación sectorial especializada. Lejos de generar una duplicidad normativa, la propuesta complementa el régimen general de gestión de residuos mediante obligaciones preventivas que fortalecen la protección ambiental dentro del sector eléctrico y contribuyen una gestión más eficiente del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores.

3.1.9. Sustento jurídico de la propuesta normativa en la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental - Ley N° 27446

La Ley N° 27446 constituye uno de los pilares del régimen jurídico ambiental peruano, al establecer el marco normativo para la evaluación previa de los impactos ambientales derivados de proyectos de inversión suceptibles de generar efectos significativos sobre el ambiente. Su finalidad consiste en garantizar que las decisiones relacionadas con la ejecución de proyectos incorporen criterios de prevención y protección ambiental desde las etapas iniciales de planificación.

Las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica se encuentran comprendidas dentro del ámbito de aplicación del SEIA, razón por la cual los titulares de estos proyectos deben obtener la correspondiente certificación ambiental antes del inicio de sus operaciones, conforme a la clasificación que resulte aplicable según la magnitud de los impactos previstos. En este análisis se evidencia que el SEIA regula principalmente la evaluación ambiental de los proyectos en su conjunto, sin desarrollar obligaciones específicas respecto de determinados componentes que integran la infraestructura de generación eléctrica. Por lo que, la evaluación ambiental considera los impactos derivados de la ejecución del proyecto, pero no establece criterios especializados para la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores.

En esta situación no se observa que haya una deficiencia normativa de parte del SEIA, pues su finalidad consiste en evaluar la viabilidad ambiental de proyectos de

inversión y no regular de manera exhaustiva cada uno de los bienes que la conforman. Es así, que el ordenamiento jurídico admite el desarrollo de normas sectoriales complementarias que permitan profundizar determinados aspectos técnicos y ambientales cuando la naturaleza de la actividad lo requiera.

La propuesta normativa formulada mantiene plena compatibilidad con el Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, debido a que no crea nuevos instrumentos de gestión ambiental ni modifica los procedimientos de certificación ambiental establecidos por la Ley N° 27446. Por el contrario, el reglamento sectorial propuesto parte del supuesto de que el titular ya cuenta con el instrumento de gestión ambiental correspondiente, y que desarrolla obligaciones específicas relacionadas con la administración del ciclo de vida de las palas durante la ejecución del proyecto.

Cabe destacar, que en la propuesta de reglamento sectorial se desarrolla un Plan de Gestión del Ciclo de Vida de las Palas de los Aerogeneradores, no constituye un Instrumento de Gestión Ambiental en los términos de la Ley del SEIA. Se trata de un instrumento de gestión interna del titular, cuya finalidad es organizar el cumplimento de obligaciones sectoriales específicas relacionadas con el mantenimiento, seguimiento, sustitución y retiro de las palas. Es por esto, que el plan no sustituye ni modifica los Estudios de Impacto Ambiental, las Declaraciones de Impacto Ambiental o cualquier otro instrumento regulado por el SEIA.

Esta diferencia resulta esencial para garantizar la coherencia del ordenamiento jurídico. Mientras que el SEIA mantiene su función de evaluar los impactos ambientales de los proyectos de inversión antes de su ejecución, la propuesta de reglamento sectorial desarrolla obligaciones operativas posteriores, destinadas a fortalecer la gestión ambiental de un componente específico durante la etapa de funcionamiento de la central eólica.

Es así que, esta Ley constituye otro fundamento jurídico que respalda la viabilidad de la presente propuesta normativa. La coexistencia entre ambos instrumentos no genera una superposición de funciones ni duplicidad de procedimientos administrativos; por el contrario; evidencia que existe una relación de complementariedad que fortalece la protección ambiental mediante el desarrollo de las obligaciones específicas para una tecnología de generación eléctrica cuya importancia continúa incrementándose dentro de la matriz energética nacional.

3.1.10. Sustento jurídico de la propuesta normativa en las competencias del Ministerio de Energía y Minas

En este punto corresponde determinar la autoridad administrativa competente para aprobar una regulación sectorial aplicable a las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica, es decir, analizar las competencias atribuidas al Ministerio de Energía y Minas, en la calidad de ente rector de las actividades energéticas desarrolladas en el territorio nacional.

El Ministerio de Energía y Minas forma parte del Poder Ejecutivo y ejerce competencias exclusivas en materia de energía, electricidad e hidrocarburos, siendo responsable de formular, dirigir, ejecutar y supervisar la política nacional correspondiente a dichos sectores, y asimismo, una de sus competencias de este Ministerio es que resulte jurídicamente viable desarrollar una regulación sectorial mediante Decreto Supremo.

Es así que, las competencias de este Ministerio no se limitan únicamente a aspectos técnicos relacionados con la producción de energía eléctrica; ya que, el ordenamiento jurídico peruano reconoce que las actividades energéticas deben desarrollarse en armonía con la protección del ambiente, razón por la cual participa en la formulación y aplicación de normas ambientales sectoriales destinadas a prevenir, controlar y mitigar los impactos derivados de las actividades de su competencia.

En este contexto, la propuesta de reglamento sectorial se ubica dentro del ámbito de actuación, este no regula materias ajenas al sector energía, ni pretende establecer obligaciones ambientales generales aplicable a todas las actividades económicas. El objeto de la propuesta se limita exclusivamente a desarrollar obligaciones específicas dirigidas a los titulares de centrales eólicas respecto de la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores, ya que es un componente esencial de una infraestructura cuya administración corresponde al subsector electricidad.

Desde la perspectiva del principio de especialidad administrativa, resulta jurídicamente razonable que la regulación de un componente técnico propio de la generación eólica sea desarrollada por la autoridad que posee el conocimiento especializado y la competencia sectorial para regular dicha actividad. Ello permite que las obligaciones incorporadas respondan a las particularidades técnicas de las centrales eólicas, evitando soluciones generales que podrían resultar insuficientes para atender las características propias de esta tecnología.

Debe precisarse que la propuesta no atribuye nuevas competencias al Ministerio de Energía y Minas ni modifica la distribución competencial prevista por el ordenamiento jurídico. Es más, parte del reconocimiento de las funciones que actualmente ejerce dicha entidad en materia de regulación del subsector electricidad y desarrolla un instrumento complementario destinado a fortalecer la gestión ambiental dentro del ámbito de sus competencias ya existentes.

De igual forma, en el caso de esta investigación, la expedición del reglamento sectorial sería mediante Decreto Supremo refrendado por el Ministerio de Energía y Minas, el cual resulta compatible con el principio de jerarquía normativa, toda vez que constituye un desarrollo reglamentario de la legislación vigente sin crear obligaciones que excedan el marco legal establecido por la Constitución, Ley General del Ambiente y Ley de Concesiones Eléctricas. Por lo que, el Ministerio de Energía y Minas constituye la autoridad competente para impulsar una regulación sectorial especializada respecto de la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores, y que dichas estructuras forman parte de la infraestructura utilizada en las actividades de generación eléctrica y que su regulación corresponde al subsector electricidad.

3.1.11. Sustento jurídico de la propuesta normativa respecto de las competencias del Ministerio del Ambiente

Uno de los aspectos que requiere mayor precisión jurídica consiste en determinar si la aprobación de un reglamento sectorial para la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores podría generar una superposición de competencias con el Ministerio del Ambiente, pero las funciones atribuidas a ambas entidades poseen naturaleza y alcances distintos.

El Ministerio del Ambiente ejerce la rectoría del Sistema Nacional de Gestión Ambiental y tiene como función principal formular la política ambiental nacional, establecer normas de carácter general en materia ambiental y coordinar las acciones destinadas a garantizar la protección del ambiente y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Es así que, sus competencias se orientan principalmente a la definición de políticas públicas, lineamiento generales y estándares ambientales aplicables a todos los sectores de la administración pública.

Por su parte, los ministerios con competencias sectoriales desarrollan dichas políticas dentro del ámbito de las actividades económicas que regulan. Esta distribución competencial responde al modelo de gestión ambiental adoptado por el ordenamiento

jurídico peruano, conforme al cual la rectoría ambiental corresponde al Ministerio del Ambiente, mientras que la aplicación específica de dichas políticas de desarrolla a través de las autoridades sectoriales competentes.

En este sentido, la propuesta del reglamento sectorial formulada en la investigación no invade las competencias del Ministerio del Ambiente. La propuesta no establece políticas ambientales nacionales, no modifica estándares de calidad ambiental, no incorpora nuevos límites máximos permisibles ni altera el régimen jurídico general de protección ambiental. Su contenido se limita a desarrollar obligaciones específicas aplicables a los titulares de actividades de generación eléctrica mediante energía eólica, dentro del ámbito material propio del Ministerio de Energía y Minas.

Se puede resaltar que la coordinación entre el Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Energía y Minas pueden mantener la conducción de la política ambiental nacional, respondiendo a la lógica de complementariedad prevista por el propio ordenamiento jurídico. Por lo que, la propuesta del reglamento sectorial fortalece el modelo de gestión ambiental previsto por el ordenamiento jurídico peruano, promoviendo la actuación coordinada entre la autoridad ambiental nacional y la autoridad sectorial competente, con el fin de garantizar la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores se desarrolle bajo criterios especializados, sin afectar la unidad de la política ambiental del Estado.

3.1.12. Sustento jurídico de la propuesta normativa respecto de las competencias del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA

Este Organismo tiene como función principal supervisar, fiscalizar y cuando corresponda, sancionar el cumplimiento de las obligaciones ambientales establecidas por el ordedh.ll.ht.fñhpho0y’402’namiento jurídico. Por lo que cualquier propuesta normativa ¿q2w}r/2que incorpore nuevas obligaciones ambientales dentro de un determinado sector debe analizarse considerando las competencias que la legislación vigente atribuye a esta entidad.

La propuesta de reglamento reconoce el rol institucional del OEFA y no pretende modificar las funciones que actualmente ejerce en materia de supervisión y fiscalización ambiental. Por lo que, parte del supuesto de que las obligaciones específicas incorporadas formarán parte del conjunto de obligaciones ambientales cuyo cumplimiento podrá ser objeto de supervisión por la autoridad competente, conforme a la legislación vigente y a

la distribución de competencias establecidas por el Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

La propuesta del reglamento sectorial no va a crear un nuevo organismo de supervisión ni establece procedimientos sancionadores autónomos, Tiene la finalidad de regular únicamente en desarrollar obligaciones específicas para los titulares de centrales eólicas respecto de la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores. Es así, que las labores de supervisión y fiscalización continuarán desarrollándose conforme al marco institucional vigente, evitando la duplicidad de funciones o la creación de estructuras administrativas inncecesarias.

Cabe destacar que, la propuesta resulta compatible con el principio de legalidad que rige el ejercicio de la potestad sancionadora administrativa, ya que no incorpora infracciones ambientales independientes ni modifica el régimen sancionador previsto en la legislación vigente. Las consecuencias derivadas del eventual incumplimiento de las obligaciones establecidas deberán aplicarse conforme a las normas que regulan la fiscalización ambiental dentro del subsector de electricidad y las competencias que tiene el OEFA. Es así que, la propuesta fortalece la función preventiva de la fiscalización ambiental; puesto que, que al establecer obligaciones claras relacionadas con la planificación, mantenimiento, seguimiento y retiro de las palas de los aerogeneradores se facilita la verificación objetiva de su cumplimiento, lo que contribuye a una supervisión más eficiente y reduce los riesgos asociados a la gestión de estos componentes. Afirmando que la propuesta normativa no altera las competencias de OEFA, es más, incorpora parámetros técnicos específicos cuya observancia podrá ser verificada dentro del marco jurídico vigente, sin modificar la estructura institucional del sistema nacional de fiscalización ambiental.

3.1.13. Sustento jurídico de la propuesta normativa respecto de las competencias del Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles - SENACE

El Servicio Nacional tiene como función principal evaluar y aprobar los Estudios de Impacto Ambiental detallados correspondientes a los proyectos de inversión comprendidos dentro de su ámbito de competencia, garantizando que dichos proyectos cumplan con las exigencias establecidas en el mismo SENACE. La intervención de esta institución se concentra principalmente en la etapa previa a la ejecución del proyecto de inversión, mediante la evaluación técnica de los instrumentos de gestión ambiental

presentados por el titular, es decir, que sus competencias se encuentran orientadas a determinar la viabilidad ambiental del proyecto antes del inicio de las actividades autorizadas.

En este contexto, la propuesta normativa no modifica ninguna de las funciones que son atribuidas a SENACE, ni incorpora procedimientos adicionales de certificación ambiental, por el contrario, ésta parte del supuesto de que la central eólica cuenta con la correspondiente certificación ambiental otorgada conforme a la legislación vigente y desarrolla obligaciones específicas aplicables durante la etapa de ejecución y operación del proyecto, particularmente respecto de la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores.

En la propuesta normativa se habla del Plan de Gestión del Ciclo de Vida de las Palas de los Aerogeneradores, esta plan no constituye un instrumento sujeto a evaluación o aprobación por parte del SENACE. Su naturaleza es distinta a la de los Instrumentos de Gestión Ambiental regulados por el SEIA, ya que se trata de un documento técnico-administrativo elaborado por el titular con la finalidad de organizar el cumplimiento de obligaciones sectoriales específicas durante la operación de la central eólica. Esta diferenciación evita la duplicidad de procedimientos administrativos y garantiza la coherencia del ordenamiento jurídico; mientras el SENACE mantiene sus competencias relacionadas con la certificación ambiental de proyectos de inversión, ls propuesta de reglamento desarrolla obligaciones de gestión posteriores a dicha certificación, sin afectar el procedimiento administrativo previamente concluido. Además, la propuesta contribuye indirectamente a mejorar la calidad de la información ambiental disponible durante el desarrollo de los proyectos de generación eólica, fortaleciendo la trazabilidad ambiental mediante la planificaión del ciclo de vida de las palas y el registro de acciones de mantenimiento, sustitución y retiro, lo cual favorece una gestión más ordenada y transparente de las actividades desarrolladas por el titular. La propuesta de reglamento complementa la regulación aplicable a la etapa operativa de las centrales eólicas, fortaleciendo la protección ambiental sin alterar la distribución de competencias previstas por el ordenamiento jurídico peruano.

3.1.14. Causas, consecuencias y problemas de aplicación derivados de la insuficiencia normativa

La insuficiencia normativa identificada en la presente investigación no deriva de la inexistencia de disposiciones jurídicas aplicables a las actividades de generación eléctrica

mediante energía eólica. Por el contrario, el ordenamiento jurídico peruano cuenta con un conjunto de normas ambientales, eléctricas y de gestión integral de residuos sólidos que resultan aplicables a estas actividades. El problema jurídico se encuentra en que dichas disposiciones no desarrollan de manera específica y articulada las particularidades de las palas de los aerogeneradores durante las diferentes etapas de su ciclo de vida.

Una primera causa de esta insuficiencia se encuentra en el carácter general de las disposiciones ambientales y de gestión de residuos aplicables al sector eléctrico. Estas normas establecen principios, obligaciones y procedimiento destinados a prevenir y controlar las impactos ambientales de las actividades eléctricas y a regular la gestión de los residuos sólidos; sin embargo, no necesariamente contemplan las características particulares de componentes de gran dimensión y composición compleja, como las palas de los aerogeneradores. En consencuencia, su aplicación a estos componentes debe realizarse a partir de disposiciones generales que no siempre permiten determinar con precisión las obligaciones específicas que corresponden al titular durante las distintas etapas de su vida útil.

Una segunda causa se relaciona con la diferencia jurídica existente entre la etapa en la que la pala constituye un componentes de la infraestructura de generación eléctrica y aquella en la que adquiere la condición de residuo sólido. Mientras forma parte del aerogenerador, la pala se encuentra vinculada a las obligaciones ambientales propias de la actividad eléctrica; cuando es retirada y adquiere la condición de residuo, se encuentra sujeta a las disposiciones correspondientes al régimen de gestión integral de residuos sólidos. Esta transición resulta jurídicamente relevante, debido a que entre ambas situaciones pueden existir actuaciones de reparación, sustitución, reutilización, almacenamiento o valorización que requieren criterios específicos para evitar una gestión fragmentada.

Una tercera causa corresponde a la distribución de competencias entre las entidades públicas que intervienen en la regulación evaluación, fiscalización y gestión ambiental de las actividades eléctricas. La existencia de competencias diferenciadas entre el sector Energía y Minas, el sector Ambiente y los organismos encargados de la evaluación y fiscalización ambiental no constituye por sí misma un problema jurídico. Sin embargo, cuando no existen criterio sectoriales específicos que articulen dichas competencias respecto de un componente determinado, pueden generarse dificultades

para establecer de manera uniforme las obligaciones del titular y los mecanismos de seguimiento aplicables durante el ciclo de vida de dicho componente.

Estas circunstancias generan consecuencias jurídicas y ambientales relevantes. En primer lugar, pueden producir una aplicación fragmentada de las obligaciones existentes, de manera que el cumplimiento de las exigencias ambientales generales no necesariamente se traduzca en una planificación específica respecto del retiro y destino posterior de las palas. En segundo lugar, la ausencia de criterios sectoriales específicos pueden dificultar la trazabilidad de estos componentes desde su incorporación a la infraestructura hasta su retiro y gestión posterior. En tercer lugar, puede limitarse a la adopción anticiáda de medidas destinadas a favorecer la reutilización y valorización de las palas, debido a que estas alternativas no se encuentras desarrolladas específicamente dentro de la regulación sectorial eléctrica.

Desde una perspectiva jurídica, el principal problema de aplicación no consiste en determinar si las normas generales son aplicables a las palas, pues estas pueden resultar aplicables según la etapa y naturaleza de la actividad o del componente. El problema consiste en determinar si dichas normas resultan suficientes para establecer obligaciones claras, uniformes y articuladas respecto de la totalidad del ciclo de vida de las palas. El análisis efectuado permite sostener que dicha suficiencia no se alcanza plenamente.

Esta insuficiencia tampoco deber ser entendida como una contradicción entre las normas existentes. Las disposiciones ambientales, eléctricas y de gestión de residuos pueden coexistir y ser aplicadas de manera complementaria. Lo que se identifica es la necesidad de desarrollar criterios sectoriales que permitan concretar y articular las obligaciones ya previstas por el ordenamiento jurídico, atendiendo a las características particulares de las palas de los aerogeneradores.

En consecuencia, la respuesta jurídica no requiere necesariamente la creación de una nueva ley ni la sustitución del régimen general de gestión de residuos sólidos. Resulta jurídicamente más coherente desarrollar una regulación sectorial complementaria que establezca criterios específicos para la planificación, mantenimiento, sustitución, retiro, reutilización, valorización y gestión posterior de las palas, manteniendo la aplicación del Decreto Legislativo N° 1278 y su normativa reglamentaria cuando estos componentes adquieran la condición de residuos sólidos.

La finalidad de dicha regulación sería, por tanto, reducir la fragmentación normativa, precisar las obligaciones de los titulares de las centrales eólicas y fortalecer la

articulación entre la regulación eléctrica y ambiental. De esta manera, la intervención normativa propuesta no sustituiría el maro jurídico vigente, sino que permitiría desarrollar sus disposiciones en atención a las características particulares de las palas de los aerogeneradores.

3.1.15. Justificación de la técnica normativa empleada

Un aspecto importante a determinar en la propuesta de reglamento es saber cual es el instrumento jurídico más adecuado más adecuado para incorporar una regulación específica respecto de la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores dentro del ordenamiento jurídico peruano. En este sentido, la técnica normativa no constituye una decisión meramente formal, sino que responde a los principios de jerarquía normativa, competencia administrativa, especialidad y coherencia del sistema jurídico.

Como se ha ido desarrollado en los apartados precedentes, el análisis del marco normativo vigente permitió determinar que el ordenamiento jurídico peruano cuenta con disposiciones generales aplicables a a protección ambiental, a la gestión integral de residuos sólidos y al desarrollo de las actividades de generación eléctrica. No obstante, dichas normas no contienen una regulación específica respecto de la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores, particularmente en las etapas de planificación, mantenimiento, seguimiento, sustitución y retiro de estos componentes.

Esta situación evidencia una insuficiencia normativa de carácter sectorial, más no un vacío absoluto del ordenamiento jurídico. Por lo que, la solución normativa no requiere la expedición de una nueva ley ni la modificación de las normas legales actualmente vigentes, pues el marco jurídico existente ya reconoce las competencias necesarias para desarrollar regulaciones especializadas dentro del subsector electricidad.

En el aspecto de la jerarquía normativa, la Ley General del Ambiente, la Ley de Concesiones Eléctricas y el Decreto Legislativo N° 1278 constituyen normas con rango legal que establecen principios, obligaciones y competencias generales. La propuesta formulada no pretende modificar el contenido de dichas disposiciones ni incorporar nuevas obligaciones de rango legal, sino desarrollar aspectos específicos relacionados con la gestión ambiental de un componente utilizado en un actividad económica determinada. Por lo que, el uso de un Decreto Supremo como instrumento normativo resulta compatible con el principio de jerarquía normativa, al tratarse de una disposición reglamentaria destinada a desarrollar el contenido de normas previamente existentes.

Adicionalmente, con la propuesta de reglamento no propone la modificación del Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas aprobado por Decreto Supremo N° 014-2019-EM, este contiene disposiciones ambientales generales aplicables al subsector electricidad y tiene como finalidad regular de manera integral todas las actividades eléctricas, por lo que no desarrolla obligaciones específicas relacionadas con las palas de los aerogeneradores.

En este contexto, la expedición de un Reglamento Sectorial mediante un Decreto Supremo constituye una alternativa jurídicamente más adecuada, toda vez que permite desarrollar una regulación especializada sin modificar la estructura del reglamento general actualmente vigente. Esta técnica normativa responde al principio de especialidad, conforme al cual las normas especiales desarrollan aspectos particulares dentro del ámbito regulado por disposiciones de carácter general, manteniendo una relación de complementariedad y no de sustitución. Tampoco resulta necesario la aprobación de una ley específica para regular el ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores.

Las materias objeto de la propuesta corresponden principalmente al desarrollo técnico y administrativo de obligaciones ambientales sectoriales, aspecto que puede ser válidamente regulado mediante normas reglamentarias siempre que exista la habilitación legal suficiente, como ocurre en el presente caso a partir de la Ley General del Ambiente, Ley de Concesiones Eléctricas y las demás normas que regulan las competencias del Ministerio de Energía y Minas.

En consecuencia, la utilización de un Proyecto de Decreto Supremo que aprueba un Reglamento Sectorial para la Gestión del Ciclo de Vida de las Palas de los Aerogeneradores en las Actividades de Generación Eléctrica mediante Energía Eólica constituye una técnica normativa más adecuada para atender la insuficiencia normativa identificada en la presente investigación. Esta alternativa respeta la jerarquía normativa, las competencias de las entidades involucradas, el principio de especialidad y la estructura del ordenamiento jurídico peruano, razón por la cual se considera jurídicamente viable y técnicamente adecuada para desarrollar la regulación propuesta.

CONCLUSIONES

PRIMERA: La energía eólica constituye una fuente de energía renovable que representa una alternativa frente a las fuentes de energía convencionales; sin embargo, su carácter renovable no implica que las actividades vinculadas a su generación se encuentren exentas de impactos ambientales. En particular, las palas de los aerogeneradores presentan dificultades asociadas a la gestión de los materiales que las componen, especialmente aquellos materiales compuestos como la fibra de vidrio, cuya gestión al término de su vida útil plantea limitaciones para su reutilización y valorización. En ese sentido, la problemática identificada evidencia la necesidad de considerar alternativas que permitan reducir los impactos asociados al ciclo de vida de las palas, entre ellas la evaluación de materiales de origen orgánico, siempre que estos resulten técnica, ambiental y jurídicamente viables.

SEGUNDA: El análisis comparativo de los ordenamiento jurídicos de España, Dinamarca y Argentina permitió identificar la existencia de criterios y mecanismos orientados a la gestión de los residuos y componentes asociados a la generación de energía eólica, particularmente respecto de aquellos que presentan dificultades para su reutilización o valorización. En contraste, el ordenamiento jurídico peruano cuenta con normas ambientales, sectoriales y de gestión integral de residuos sólidos que resultan aplicables a las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica, pero no desarrolla de manera específica y articulada la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores. Esta situación evidencia una insuficiencia normativa que justifica evaluar la implementación de disposiciones sectoriales específicas, tomando como referencia los criterios identificados en la legislación comparada y adecuándolos al ordenamiento jurídico peruano.

TERCERA: La fibra de ichu, por constituir un recurso natural disponible en diversas zonas de la sierra peruana, representa una alternativa material que puede ser objeto de evaluación para su eventual incorporación en la fabricación de componentes de los aerogeneradores, siempre que previamente se determine su viabilidad técnica y ambiental. Desde una perspectiva jurídica, la consideración de materiales alternativos resulta compatible con la necesidad de reducir los impactos ambientales asociados al ciclo de vida de las palas y con los principios de prevención, sostenibilidad y aprovechamiento de recursos. En consecuencia, la utilización del ichu no debe establecerse como una obligación ni como sustitución automática de la fibra de vidrio, sino como una alternativa cuya viabilidad puede ser evaluada dentro de un marco regulatorio que permita incorporar materiales y tecnologías

ambientalmente favorables, sin menoscabar las exigencias técnicas y de seguridad aplicables a las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica.

CUARTA: La investigación permitió determinar que el marco normativo peruano vigente, si bien resulta aplicable a las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica y contempla disposiciones ambientales y de gestión de residuos sólidos que alcanzan a las palas de los aerogeneradores cuando estas adquieren dicha condición, presenta una insuficiencia normativa respecto de la regulación específica y articulada de su ciclo de vida. En consecuencias, se determina la viabilidad jurídica de implementar una regulación sectorial complementaria que establezca obligaciones específicas para los titulares de centrales eólicas respecto de la planificación, mantenimiento, sustitución, retiro, reutilización, valorización y gestión de las palas, en concordancia con el Decreto Legislativo N° 1278, su reglamento y el reglamento para la protección ambiental en las actividades eléctricas, sin sustituir ni contradecir el marco normativo vigente.

QUINTA: La propuesta de regulación sectorial desarrollada en la presente investigación resulta jurídicamente compatible con el marco normativo e institucional vigente, en tanto se plantea como una regulación complementaria y no sustitutiva de las disposiciones ambientales, eléctricas y de gestión integral de residuos sólidos existentes, y respeta las competencias de las autoridades ambientales y sectoriales involucradas. Las obligaciones propuestas se dirigen principalmente a los titulares de las centrales de generación eléctrica mediante energía eólica e incorporan criterios de prevención, reutilización, valorización, trazabilidad y evaluación de alternativas materiales y tecnológicas, sin imponer una tecnología determinada ni crear un nuevo instrumento de gestión ambiental.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Recomendar que el Ministerio de Energía y Minas, en el marco de sus competencias, evaluar la implementación de una regulación sectorial complementaria destinada a establecer criterios específicos para la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores utilizados en las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica, articulándola con la normativa ambiental y de gestión integral de residuos sólidos vigente.

SEGUNDA: Recomendar que la regulación sectorial contemple obligaciones para los titulares de centrales eólicas relacionadas con la planificación del ciclo de vida de las palas, su mantenimiento, seguimiento de su vida útil, sustitución, retiro, reutilización, valorizaión y gestión posterior, con la finalidad de fortalecer la prevención y minimizar los impactos ambientales asociados a estos componentes.

TERCERA: Recomendar que la regulación establezca mecanismos que permitan mejorar la trazabilidad de las palas durante las etapas relevantes de su ciclo de vida, así como criterios que faciliten la coordinación entre las obligaciones ambientales correspondientes a la actividad eléctrica y aquellas aplicables cuando las palas adquieran la condición de residuos sólidos.

CUARTA: Recomendar que, en la evaluación de nuevas tecnologías, proyectos de renovación o sustitución de componentes, los titulares puedan considerar materiales al ternativos que contribuyan a reducir los impactos ambientales asociados al ciclo de vida de las palas, siempre que previamente se determine su viabilidad técnica, ambiental, de seguridad y normativa. En este contexto, la fibra de ichu constituye una alternativa susceptible de evaluación, mas no una sustitución obligatoria de la fibra de vidrio.

QUINTA: Como desarrollo de las recomendaciones precedentes, se propone la aprobación de un Decreto Supremo que apruebe el Reglamento Sectorial para la Gestión del Ciclo de Vida a las Palas de los Aerogeneradores en las Actividades de Generación Eléctrica mediante Energía Eólica, cuyo texto se desarrolla a continuación como propuesta normativa de la presente investigación.

PROPUESTA NORMATIVA

Proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Reglamento Sectorial para la Gestión del Ciclo de Vida de las Palas de los Aerogeneradores en las Actividades de Generación Eléctrica mediante Energía Eólica

1. Exposición de motivos del Proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Reglamento Sectorial para la Gestión del Ciclo de Vida de las Palas de los Aerogeneradores en las Actividades de Generación Eléctrica mediante Energía Eólica

La presente Exposición de motivos es de carácter académico y forma parte de la propuesta normativa formulada en esta investigación. La finalidad es jutificar jurídicamente la conveniencia de aprobar un Reglamento Sectorial para la gestión del Ciclo de Vida de las Palas de los Aerogeneradores en las Actividades de Generación Eléctrica mediante Energía Eólica, como desarrollo reglamentario compplementario del marco jurídico vigente.

1.1. Problemática que motiva la propuesta normativa

El ordenamiento jurídico peruano cuenta con normas orientadas a garantizar la protección del ambiente durante el desarrollo de las actividades económicas. No obstante, dichas disposiciones regulan de manera general las obligaciones ambientales de los titulares del proyectos de inversión y la gestión de los residuos sólidos, sin establecer mecanismos específicos aplicables a las palas de los aerogeneradores durante las distintas etapas de su siclo de vida.

Las obligaciones actualmente vigentes se concentran principalmente en la gestión ambiental general de las centrales eólicas y en el manejo de los residuos cuando estos adquieren dicha condición jurídica. Sin embargo, las palas permanecen durante varios años formando parte de la infraestructura de generación eléctrica, siendo objeto de mantenimiento, inspección, reparación, sustitución y finalmente, retiro. Estas etapas carecen de una regulación sectorial específica que establezca obligaciones claramente definidas para los titulares de las centrales eólicas. La ausencia de disposiciones especializadas dificulta la planificación del mantenimiento, el seguimiento de las condiciones estructurales de las palas, la documentación sobre su vida útil y la adopción de criterios uniformes para su retiro y gestipon ambiental. En consecuencia, la regulación vigente resulta insuficiente para abordar integralmente las particularidadess técnicas y ambientales asociadas a estos componentes.

1.2. Finalidad de la propuesta normativa

La propuesta tiene como finalidad fortalecer la protección ambiental en las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica a través de la incorporación de un Reglamento

Sectorial que desarrolle obligaciones específicas relacionadas con la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores.

Para ello, se propone estableceer disposiciones orientadas a regular la planificación, mantenimiento, seguimiento, sustitución, retiro y gestión ambiental de dichos componentes, promoviendo un manejo preventivo que permita reducir los riesgos ambientales asociados a su utilización y disposición final. Esta propuesta no pretende sustituir el marco jurídico vigente ni modificar las competencias de las entidades que participan en la gestión ambiental del subsector electricidad. Es decir, va a consistir en complementar la normativa existente mediante el desarrollo de obligaciones específicas dirigidas exclusivamente a las palas de los aerogeneradores.

1.3. Sustento Jurídico

La Constitución Política del Perú reconoce el derecho de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida, así como el deber del Estado de promover el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

La Ley General del Ambiente incorpora los principios de prevención, desarrollo sostenible y responsabilidad ambiental, estableciendo que la protección del ambiente debe integrarse durante el desarrollo de las actividades económicas.

La Ley de Concesiones Eléctricas y el Reglamento para la protección Ambiental en las Actividades Eléctricas regulan las actividades de generación eléctrica y las obligaciones ambientales generales de sus titulares, permitiendo el desarrollo de regulaciones sectoriales específicas cuando la naturaleza de una determinada actividad así lo requiera.

Asimismo, el Decreto Legislativo N° 1278 regula la gestión integral de residuos sólidos, mientras que la Ley del Sistema Nacioal de Evaluación del Impacto Ambiental establece los mecanismos de evaluación ambiental de los proyectos de inversión. Ninguna de estas normas resulta incompatible con la presente propuesta, debido a que el Reglamento Sectorial desarrolla obligaciones complementarias aplicables durante la etapa operativa de las centrales eólicas, sin modificar las disposiciones generales previstas por la legislación vigente.

1.4. Contenido de la Propuesta normativa

El Proyecto de Decreto Supremo propone la aprobación del Reglamento Sectorial para la Gestión del Ciclo de Vida de las Palas de los Aerogeneradores en las Actividades de Generación Eléctrica mediante Energía Eólica.

Por lo que es Reglamento desarrolla:

Cómo resultado del análisis desarrollado en la presente investigación, se propone la aprobación de un Reglamento Sectorial destinado a regular la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores utilizados en las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica, con la finalidad de desarrollar obligaciones específicas aplicables a los titulares de centrales eólicas respecto de la planificación, mantenimiento, seguimiento, sustitución y gestión ambiental de dichos componentes, complementando el marco jurídico vigente sin modificar las disposiciones generales previstas en la legislación ambiental y energética nacional.

En este sentido, se presenta el siguiente Proyecto de Decreto Supremo, como una propuesta normativa orientada a fortalecer la protección ambiental dentro del subsector electricidad mediante el desarrollo de un Reglamento Sectorial especializado. la aprobación a Proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Reglamento Sectorial para la Gestión del Ciclo de Vida de las Palas de los Aerogeneradores en las Actividades de Generación Eléctrica mediante Energía Eólica.

- Las Disposiciones generales aplicables a los titulares de centrales eólicas
- Los principios que orientan la gestión del diclo de vida a de las palas
- Las obligaciones relacionadas con la planificación y mantenimiento de estos componentes
- La implementación del Plan de Gestión del Ciclo de Vida de las Palas
- Las obligaciones de seguimiento, registro y documentación técnica
- Las medidas aplicables durante el retiro y sustitución de las palas
- Los criterios generales para su valorización, reutilización o disposición final conforme a la legislación vigente
- Los mecanismos de coordinación con las autoridades competentes.

1.5. Impacto esperado de la propuesta

La aprobación del Reglamento Sectorial permitirá fortalecer la gestión ambiental de las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica, proporcionando mayor seguridad jurídica a los titulares de centrales eólicas respecto de las obligaciones aplicables durante el ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores. Asimismo, va a contribuir a mejorar la planificación del mantenimiento y retiro de dichos componentes favorecerá la trazabilidad de la información técnica relacionada con su vida útili y promoverá una gestión ambiental preventiva compatible con los principios del desarrollo sostenible.

Desde el punto de vista institucional, la propuesta no genera nuevas entidades administrativas ni modifica las competencias atribuidas al Ministerio del Ambiente, al Ministerio de Energía

y Minas, al OEFA y/o al SENACE, sino que fortalece la actuación coordinada de dichas instituciones dentro del marco competencial previsto por el ordenamiento jurídico peruano.

Finalmente, la regulación propuesta constituye una herramiento que permitirá complementar el marco jurídico vigente frente al crecimiento progresivo de la generación eléctrica mediante energía eólica en el Perú, incorporando criterios especializados para la gestión ambiental de uno de los componentes más relevantes de esta tecnología.

2. Proyecto de Decreto Supremo

Cómo resultado del análisis desarrollado en la presente investigación, se propone la aprobación de un Reglamento Sectorial destinado a regular la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores utilizados en las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica, con la finalidad de desarrollar obligaciones específicas aplicables a los titulares de centrales eólicas respecto de la planificación, mantenimiento, seguimiento, sustitución y gestión ambiental de dichos componentes, complementando el marco jurídico vigente sin modificar las disposiciones generales previstas en la legislación ambiental y energética nacional.

En este sentido, se presenta el siguiente Proyecto de Decreto Supremo, como una propuesta normativa orientada a fortalecer la protección ambiental dentro del subsector electricidad mediante el desarrollo de un Reglamento Sectorial especializado. la aprobación a Proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Reglamento Sectorial para la Gestión del Ciclo de Vida de las Palas de los Aerogeneradores en las Actividades de Generación Eléctrica mediante Energía Eólica.

Decreto Supremo N° 001-2026-EM

Que aprueba el Reglamento Sectorial para la Gestión del Ciclo de Vida de las Palas de los Aerogeneradores en las Actividades de Generación Eléctrica mediante Energía Eólica.

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 2 inciso 22 de la Constitución Política del Perú reconoce el derecho fundamental de toda persona a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida, correspondiendo al Estado adoptar las medidas necesarias para garantizar su protección;

Que, los artículos 66,67 y 68 de la Constitución Política del Perú establecen la obligación del Estado de promover el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y la conservación del ambiente mediante políticas y normas que aseguren el desarrollo sostenible;

Que, la Ley N° 28611, Ley General del Ambiente, establece los principios y lineamientos que orientan la gestión ambiental en el territorio nacional, promoviendo la prevención de los impactos ambientales y la incorporación de medidas destinadas a garantizar el desarrollo sostenible de las actividades económicas;

Que, el Decreto Ley N° 25844, Ley Concesiones Eléctricas y su Reglamento regulan el desarrollo de las actividades de generación eléctrica, correspondiendo al Ministerios de Energía y Minas dictar las disposiciones necesarias para el adecuado funcionamiento del subsector electricidad;

Que, el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas, aprobado mediante Decreto Supremo N° 014-2019-EM, establece obligaciones ambientales generales aplicables a las actividades eléctricas, sin desarrollar disposiciones específicas relacionadas con la gestión del ciclo de vida de las palas de los aerogeneradores utilizadas en las centrales eólicas;

Que, el Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, regula la gestión integral de los residuos sólidos, correspondiendo a las autoridades sectoriales desarrollar medidas específicas destinadas a prevenir impactos ambientales dentro del ámbito de sus competencias;

Que, el incremento progresivo de las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica en el territorio nacional hace necesario incorporar mecanismos específicos orientados a la adecuada gestión ambiental de las palas de los aerogeneradores durantes todas las etpas de su ciclo de vida, fortalenciendo la protección ambiental y contribuyendo al desarrollo sostenible del subsector electricidad;

De conformidad con la Constitución Política del Perú; la Ley N° 28611, Ley General del Abiente; el Decreto Ley N° 25844, Ley de Concesiones Eléctricas; el Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos; la Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder Ejecutivo; y demás normas pertinentes;

DECRETA:

Artículo 1.- Objeto

Apruébese el Reglamento Sectorial para la Gestión del Ciclo de Vida de las Palas de los Aerogeneradores en las Actividades de Generación Eléctrica mediante Energía Eólica, que forma parte integrante del presente Decreto Supremo como anexo.

Artículo 2.- Finalidad

El presente Decreto Supremo tiene por finalidad fortalecer la protección ambiental en las actividades de generación eléctrica a través de energía eólica y mediante la incorporación de obligaciones específicas relacionadas con la planificación, mantenimiento, seguimiento, sustitución y gestión ambiental de las palas de los aerogeneradores durante todas las etapas de su ciclo de vida.

Artículo 3.- Ámbito de aplicación

Las disposiciones contenidas en el Reglamento Sectorial aprobado mediante el presente Decreto Supremo son aplicables a los titulares de centrales de generación eléctrica que utilicen aerogeneradores dentro del territorio nacional, sin perjuicio del cumplimiento de las demás obligaciones establecidas por la legislación ambiental y energética vigente.

Artículo 4.- Refrendo

El presente Decreto Supremo es refrendado por el Ministerio de Energía y Minas.

DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA FINAL

Única. El Reglamento Sectorial aprobado mediante el presente Decreto Supremo constituya una regulación especializada complementaria al marco jurídico vigente en materia ambiental y energética, debiendo interpretarse de manera sistemática con la Ley General del Ambiente, la Ley de Concesiones Eléctricas, el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas y las demás normas aplicables.

2.1. Propuesta de Reglamento Sectorial para la Gestión del Ciclo de Vida de las Palas de Aerogeneradores vinculadas a las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica.

Título I: Disposiciones Generales

Artículo 1.- Objeto

El presente reglamento tiene por objeto establecer disposiciones sectoriales específicas para la gestión del ciclo de vida de las palas de aerogeneradores vinculadas a las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica, con la finalidad de prevenir y minimizar los impactos ambientales asociados a su instalación, operación, mantenimiento, reparación, sustitución, retiro y gestión posterior.

Artículo 2.- Finalidad

La finalidad del presente reglamento es fortalecer la gestión ambiental de las actividades de generación eléctrica mediante energía eólica, promoviendo la prevención de impactos ambientales, la gestión adecuada de las palas durante su vida útil y la aplicación de criterios

de reutilización, valorización y disposición final ambientalmente adecuada cuando corresponda. .

Artículo 3.- Ámbito de aplicación

El presente reglamento es aplicable a los titulares de centrales de generación eléctrica mediante energía eólica ubicadas en el territorio nacional.

Las obligaciones establecidas en el presente reglamento se aplican sin perjuicio del cumplimiento de las obligaciones previstas en la legislación ambiental, eléctrica, de seguridad y de gestión de residuos sólidos.

Cuando las palas de los aerogeneradores o sus componentes adquieran la condición de residuos sólidos, su gestión se rige por el Decreto Legislativo N° 1278, su reglamento y las demás normas vigentes en materia de gestión integral de residuos sólidos.

Artículo 4.- Principios

La aplicación del presente reglamento se realiza conforme a los principios y criterios establecidos en la Constitución Política del Perú, la Ley General del Ambiente, la normativa de gestión integral de residuos sólidos y el reglamento para la protección ambiental en las actividades eléctricas, aprobado por Decreto Supremo N° 014-2019-EM y sus modificatorias. Considerándose, en cuanto resulten aplicable, los principios de:

a) Prevención
b) Desarrollo sostenible
c) Responsabilidad ambiental
d) Economía circular
e) Minimización de residuos
f) Valorización de materiales
g) Trazabilidad
h) Responsabilidad del titular.

Artículo 5.- Definiciones

Para efectos del presente reglamento, se entiende por:

a) Aerogenerador: Instalación destinada a transformar la energía cinética del viento en energía eléctrica mediante el empleo de componentes mecánicos y eléctricos interconectados.

b) Central Eólica: Instalación de generación eléctrica conformada por uno o más aerogeneradores y demás infraestructuras complementarias destinadas al aprovechamiento de la energía eólica para la producción de electricidad.

c) Ciclo de Vida: Conjunto de etapas por las que atraviesa una pala de aerogeneradores desde su fabricación e instalación hasta su sustitución, reutilización, valorización o disposición final.

d) Fibra de vidrio: Material compuesto utilizado en la fabricación de palas de aerogeneradores debido a sus propiedades de resistencia mecánica, durabilidad y ligereza.

e) Gestión del ciclo de vida: Conjunto de acciones de planificación, prevención, mantenimiento, seguimiento, sustitución, retiro, reutilización, valorización y gestión final aplicables a las palas.

f) Material compuesto: Material constituido por la combinación de dos o más componentes de distinta naturaleza física o química que, al integrarse, proporcionan propiedades mecánicas o estructurales específicas para la fabricación de palas de aerogeneradores.

g) Pala de aerogenerador: Componente estructural del rotor de un aerogeneradores encargado de captar la energía del viento y transformarla en energía mecánica para la generación de electricidad.

h) Reutilización: Acción mediante la cual una pala de aerogenerador o parte de ella es empleada nuevamente para fines compatibles sin alterar sustancialmente su estructura original.

i) Retiro: Actividad mediante la cual una pala es desmontada del aerogenerador donde fue instalada.

j) Titular: Persona natural o jurídica responsable de una central de generación eléctrica mediante energía eólica.

k) Trazabilidad: Capacidad de identificar y realizar el seguimiento de una pala de aerogenerador durante las distintas etapas de su ciclo de vida, incluyendo su mantenimiento, sustitución y gestión al término de su vida útil.

l) Valorización: Operación mediante la cual los materiales o componentes de una pala que ha adquirido la condición de residuo son aprovechados conforme a la legislación vigente.

m) Vida útil: Periodo durante el cual la pala puede cumplir las funciones para las cuales fue diseñada, de acuerdo con sus características técnicas y las condiciones de operación.

Título II: Gestión del ciclo de vida de las palas

Artículo 6.- Gestión integral del ciclo de vida

El titular debe incorporar criterios de gestión del ciclo de vida de las palas en la planificación y operación de la central eólica, considerando sus características técnicas, condiciones de funcionamiento, vida útil prevista y alternativas disponibles para su reutilización, valorización o gestión final.

Artículo 7.- Responsabilidad del titular

El titular es responsable de cumplir las obligaciones ambientales que le correspondan respecto de las palas vinculadas a su actividad de generación eléctrica, conforme al presente reglamento y a la legislación vigente.

Artículo 8.- Planificación

El titular debe considerar, desde la planificación de la actividad, las condiciones relacionadas con la vida útil de las palas, su mantenimiento, sustitución y retiro, así como las alternativas técnica y ambientalmente viables para su gestión posterior.

Artículo 9.- Información sobre las palas

El titular debe conservar información técnica y ambiental relevante sobre las palas utilizadas en la central, incluyendo, cuando se encuentre disponible:

a) Fabricante;
b) Modelo;
c) Fecha de instalación;
d) Materiales constitutivos;
e) Características técnicas;
f) Vida útil estimada;
g) Historial de mantenimiento;
h) Reparaciones relevantes;
i) Sustitución o retiro;
j) Destino posterior.

Título III: Plan de Gestión del Ciclo de Vida de las Palas de los Aerogeneradores

Artículo 10.- Plan de gestión del ciclo de vida de las palas

El titular debe contar con un plan de gestión del ciclo de vida de las palas, como instrumento de planificación interna destinado a organizar las medidas aplicables durante las diferentes etapas de vida de dichos componentes.

El Plan constituye un instrumento de gestión interna del titular y no tiene la naturaleza de un Instrumento de Gestión Ambiental, sin perjuicio de su articulación con las obligaciones y compromisos establecidos en el instrumento de gestión ambiental correspondiente.

Artículo 11.- Contenido mínimo

El plan debe contener, en lo que resulte aplicable y de acuerdo con la información técnica disponible, como mínimo:

a) Identificación de las palas existentes en la central.
b) Características y composición de los materiales, cuando esta información se encuentre disponible.
c) Vida útil estimada.
d) Programa de inspección y mantenimiento.
e) Criterios para determinar la necesidad de reparación, sustitución o retiro.
f) Procedimientos de desmontaje y transporte.
g) Identificación de alternativas de reutilización o valorización.
h) Procedimientos aplicables cuando la pala adquiera la condición de residuo sólido.
i) Identificación de los operadores autorizados que correspondan.
j) Sistema de registro y trazabilidad.

Artículo 12.- Actualización

El plan debe actualizarse cuando se produzcan modificaciones relevantes en las condiciones de operación de la central, en la composición o características de las palas, o cuando se produzca su sustitución o retiro.

Título IV: Mantenimiento y seguimiento

Artículo 13.- Inspección

El titular debe implementar mecanismos de inspección periódica de las palas de acuerdo con las características técnicas del aerogenerador, las recomendaciones del fabricante y las condiciones de operación.

Artículo 14.- Mantenimiento

Las actividades de mantenimiento deben ejecutarse conforme a criterios técnicos que permitan prolongar, cuando sea posible y seguro, la vida útil de las palas y prevenir su deterioro prematuro.

Artículo 15.- Registro

El titular debe mantener registros de las inspecciones, reparaciones, mantenimiento y sustituciones realizadas, de acuerdo con los plazos establecidos en la normativa sectorial aplicable.

Título V: Sustitución y retiro

Artículo 16.- Sustitución

La sustitución de una pala debe sustentarse en criterios técnicos, de seguridad, operativos o ambientales debidamente documentados.

Artículo 17.- Retiro

El retiro de las palas debe realizarse mediante procedimientos que garanticen condiciones adecuadas de seguridad y prevención de impactos ambientales.

Artículo 18.- Planificación del retiro

El titular debe prever las actividades necesarias para el desmontaje, manipulación, almacenamiento temporal y transporte de las palas retiradas.

Título VI: Reutilización, valorización y alternativas para la gestión del ciclo de vida

Artículo 19.- Reutilización

Las palas o sus componentes que, luego de ser retirados, mantengan condiciones técnicas que permitan su aprovechamiento pueden ser destinados a actividades de reutilización, siempre que ellos resulte técnica y ambientalmente viable.

Artículo 20.- Valorización

Cuando las palas o sus componentes adquieran la condición de residuo sólido, el titular debe considerar, cuando resulte técnica, económica y ambientalmente viable, las alternativas de valorización previstas en la normativa vigente de gestión integral de residuos sólidos.

Artículo 21.- Gestión de las palas fabricadas con materiales compuestos

El titular debe considerar las características técnicas y ambientales de los materiales compuestos que conforman las palas, así como las alternativas disponibles para su reutilización, valorización, tratamiento o disposición final, de acuerdo con la legislación vigente y las condiciones técnicas aplicables.

Artículo 22.- Evaluación de alternativas materiales y tecnológicas

En la planificación de nuevos proyectos, ampliaciones, renovaciones o sustituciones de componentes, los titulares pueden evaluar la utilización de materiales alternativos o tecnologías que permitan reducir los impactos ambientales asociados al ciclo de vida de las palas, siempre que su utilización resulte técnica, ambiental y normativamente viable.

Título VII: Gestión como residuo sólido

Artículo 23.- Condición de residuo sólido

Las palas o sus componentes adquieren la condición de residuo sólido cuando su poseedor se desprende o tiene la intención u obligación de desprenderse de ellos, conforme al Decreto Legislativo N° 1278 y su normativa reglamentaria.

Artículo 24.- Aplicación de la normativa de residuos sólidos

Una vez que las palas o sus componentes adquieran la condición de residuo sólido, su gestión se encuentra sujeta al Decreto Legislativo N° 1278, su reglamento, normas modificatorias, complementarias y conexas.

Artículo 25.- Operadores autorizados

Las actividades de manejo, valorización, tratamiento o disposición final de las palas que tengan la condición de residuos sólidos deben ser realizadas por operadores que cuenten con las autorizaciones correspondientes, de acuerdo con la legislación vigente.

Artículo 26.- Disposición final

La disposición final de las palas o sus componentes procede únicamente cuando no resulte técnica, ambiental o económicamente viable su reutilización, valorización o tratamiento, y debe efectuarse conforme a la normativa de residuos sólidos vigente.

Título VIII: Trazabilidad y registro

Artículo 27.- Sistema de trazabilidad

El titular debe implementar mecanismos que permitan identificar el recorrido de las palas desde su instalación hasta su retiro y destino posterior.

Artículo 28.- Información mínima

La información de trazabilidad comprende como mínimo:

a) Identificación de la pala
b) Fecha de instalación
c) Mantenimiento y reparaciones relevantes
d) Fecha y causa de retiro
e) Transporte
f) Destino
g) Reutilización, valorización o disposición final, según corresponda.

Artículo 29.- Conservación de información

El titular debe conservar la información relacionada con la gestión del ciclo de vida de las palas durante el periodo establecido por la normativa sectorial y ambiental aplicable.

Título IX: Obligaciones de los titulares

Artículo 30.- Obligaciones

Son obligaciones de los titulares:

a) Cumplir con el presente reglamento
b) Implementar y mantener actualizado el plan de gestión del ciclo de vida de las palas
c) Mantener registros actualizados

d) Realizar inspecciones y mantenimiento
e) Planificar la sustitución y retiro
f) Adoptar medidas de prevención de impactos ambientales
g) Gestionar adecuadamente las palas que adquieran la condición de residuo sólido
h) Utilizar operadores autorizados cuando corresponda
i) Facilitar las acciones de supervisión y fiscalización ambiental.

Título X: Fiscalización y supervisión

Artículo 31.- Fiscalización y supervisión

La fiscalización y supervisión del cumplimiento de las obligaciones ambientales establecidas en el presente reglamento se realiza por las autoridades competentes, de acuerdo con sus respectivas funciones y competencias y conforme a la normativa vigente.

Artículo 32.- Incumplimiento

El incumplimiento de las obligaciones establecidas en el presente reglamento genera las consecuencias administrativas correspondientes conforme al marco normativo aplicable y sin perjuicio de las responsabilidades civiles o penales que correspondan.

Título XI: Coordinación interinstitucional

Artículo 33.- Coordinación

Las entidades competentes coordinan, dentro del ámbito de sus respectivas competencias, las acciones necesarias para la aplicación del presente reglamento.

Artículo 34.- Competencias

La aplicación del presente reglamento se realiza respetando las competencias atribuidas al Ministerio de Energía y Minas, Ministerio del Ambiente, OEFA, SENACE y demás autoridades competentes, dentro del ámbito de sus respectivas competencias.

Título XII: Disposiciones Complementarias sobre los instrumentos de gestión ambiental

Primera.- Compatibilidad normativa

El presente reglamento se aplica de manera complementaria a la legislación ambiental, eléctrica y de residuos sólidos vigente.

Segunda.- Compatibilidad con los instrumentos de gestión ambiental

Las obligaciones establecidas en el presente reglamento se aplican sin perjuicio de las obligaciones contenidas, medidas y compromisos establecidos en los instrumentos de gestión ambiental aprobados para cada proyecto o actividad eléctrica, los cuales mantienen plena vigencia conforme a la legislación aplicable.

Tercera.- Aplicación de la normativa de residuos sólidos

Las disposiciones del presente Reglamento relacionadas con las palas o sus componentes que hayan adquirido la condición de residuos sólidos se aplican de manera complementaria al Decreto Legislativo N° 1278, su reglamento y demás normativa vigente en materia de gestión integral de residuos sólidos.

Cuarta.- Nuevos proyectos

Los titulares de nuevos proyectos de generación eléctrica mediante energía eólica deben considerar las disposiciones del presente reglamento desde la etapa de planificación del proyecto, en lo que resulte aplicable.

Quinta.- Centrales existentes

Los titulares de centrales eólicas que se encuentren en operación a la entrada en vigencia del presente reglamento deben implementar progresivamente las obligaciones relacionadas con el Plan de gestión del ciclo de vida y la trazabilidad de las palas, conforme al plazo que establezca la disposición transitoria correspondiente.

DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS TRANSITORIAS

Primera.- Adecuación

Los titulares de centrales eólicas existentes cuentan con un plazo de (12) doce meses, contando desde la entrada en vigencia del presente reglamento, para implementar el Plan de Gestión del Ciclo de Vida de las Palas.

Segunda.- Información existente

Los titulares pueden utilizar la información técnica disponible sobre las palas instaladas antes de la entrada en vigencia del presente reglamento, debiendo completar progresivamente aquella información que razonablemente pueda ser obtenida.

Tercera.- Palas próximas al retiro

Las obligaciones de planificación del retiro se aplican considerando las condiciones reales de cada central y el estado de las palas, sin exigir la prolongación de su vida útil cuando ellos resulte contrario a criterios de seguridad o técnicos.

REFERENCIAS

American Clean Power Association. (2023). *Clean power annual market report 2023*. https://cleanpower.org/

Aranzamendi, J. (2008). *Metodología de la investigación jurídica.* Grijley.

Arias, F. G. (2012*). El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (6.a ed.). Caracas: Editorial Episteme.

Asociación Empresarial Eólica. (2021). *La energía eólica y sus retos: materiales y reciclaje*.

Asociación Empresarial Eólica. (2021). *Materiales compuestos en la industria eólica*. https://www.aeEólica.org

Asociación Empresarial Eólica. (2022). *Opciones de fin de vida de las palas de los aerogeneradores.*

Bank, L., et al (2021). *Recycling and disposal of wind turbine blades*.

Barra Ampuero, E. & Cisternas Callejas, D. (2022). *Identificación de Oportunidades de Economía Circular en el Fin de Vida de Turbinas Eólicas en Chile.* [Tesis de maestría, Universidad Mayor de Chile].

Bisquerra, R. (2004). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid: La Muralla.

Borjas, J. (2020). *Interpretación jurídica y derechos fundamentales*. https://e-revistas.uc3m.es/index.php/eunom/es/article/view/2213

Brasil. (2021). *Proyecto de Ley N° 576/2021 sobre energía eólica marina.*

Brueck, H. (2018, 18 de septiembre). *Así es el parque eólico marino más grande del mundo: 87 turbinas que superan la extensión de Barcelona*. Business Insider España. https://www.businessinsider.es/tecnologia/parque-Eólico-marino-grande-mundo-87-turbinas-303765.

Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional. (s.f.). *Estatuto del COES*. https://www.coes.org.pe

Constitución Política del Perú [Const.]. Art. 66. (29 de diciembre de 1993). https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/#/detallenorma/H682678.

Constitución Política del Perú [Const.]. Art. 67. (29 de diciembre de 1993). https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/#/detallenorma/H682678.

Constitución Política del Perú [Const.]. Art. 68. (29 de diciembre de 1993). https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/#/detallenorma/H682678.

Copenhagen Infrastructure Partners. (2024). Zhong Neng offshore wind project. https://cip.com

CORDIS (2014). *High-voltage fragmentation of composite materials.* European Commission.

Cousins, D. (2018). *Recycling of composite materials used in wind turbine blades*. CORDIS.

Cunalata Sanchez E. F., & Jimenez Abarca C. A., (2019). *Caracterización de un material compuesto de matriz poliéster reforzada con fibra de yute pre-cargada mediante moldeo por comprensión*. [Tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.]

Climate Act. (2020). Parliament of Denmark. https://climate-laws.org/document/the-climate-act_dae7.

Danish Energy Agency & State of Green. (2021). *De negro a verde: Una historia danesa de crecimiento energético sostenible*. Copenhague: Danish Energy Agency.

Decreto Legislativo N° 757. (1991). *Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada.* Poder Ejecutivo del Perú.

Decreto Legislativo N°. 1002. (2008). *Decreto Legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables.* Poder Ejecutivo del Perú.

Decreto Legislativo N°. 1278. (2016). *Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.* Poder Ejecutivo del Perú.

Decreto Ley N° 25844. (1992). *Ley de Concesiones Eléctricas*. Poder Ejecutivo del Perú.

Decreto Supremo N° 009-93-EM. (1993). *Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas.* Ministerio de Energía y Minas.

Decreto Supremo N°. 029-94-EM. (1994). *Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas.* Ministerio de Energía y Minas.

Decreto Supremo N°. 012-2009-MINAM. (2009). *Política Nacional del Ambiente.* Ministerio del Ambiente.

Decreto Supremo N°. 002-2013-MINAM. (2013). *Estándares de Calidad Ambiental para Suelo.* Ministerio del Ambiente.

Decreto Supremo N°. 011-2017-MINAM. (2017). *Actualización de Estándares de Calidad Ambiental para Suelo.* Ministerio del Ambiente.

Decreto Supremo N° 013-2024-MINAM. (2024). *Decreto Supremo que aprueba el Procedimiento Único del Proceso de Certificación Ambiental del Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles – SENACE (PUPCA).* Ministerio del Ambiente.

Decreto Supremo N°. 019-2009-MINAM. (2009). *Reglamento de la Ley N°. 27446, Ley de Sistema nacional de Evaluación de Impacto Ambiental*. Ministerio del Ambiente.

Diaz Hoyos, L. M. & Peralta Rodriguez L. R. (2017). *Estudio Comparativo de la Capacidad de Acumulación para Cadmmio y Plomo de Scirpus californicus (Totora) y Stipa ichu (Ichu)*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María, Perú.]

Directiva (UE) 2018/851 (2018). *Se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos.* Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea, de 30 de mayo de 2018. Diario Oficial de la Unión Europea.

Ecuador. (1996). *Ley de Régimen del Sector Eléctrico*. Publicada en el Registro Oficial del Ecuador, Suplemento 43 de 10 de octubre de 1996.

Ecuador. (2024). *Ley orgánica para impulsar la iniciativa privada en la generación de energía.* Publicada en el Registro Oficial del Ecuador, Suplemento 673 de 28 de octubre de 2024.

Fundación ENDESA. (2021). *La energía eólica: funcionamiento y beneficios*. Madrid: Endesa.

Food and Agriculture Organization. (s.f.). *Jute and allied fibres* https://www.fao.org

Gestión. (2021). *La inversión mundial en energía crecería 10% en 2021.* https://gestion.pe/economia/la-inversion-mundial-en-energia-creceria-10-en-2021-noticia/

Global Wind Energy Council. (2017). *Global wind report 2016: Annual market update.* https://gwec.net/global-wind-report-2016/

Global Wind Energy Council. (2023). *Global Wind Report 2023.* https://gwec.net/global-wind-report-2023/

Gobierno de Dinamarca. (2019). *Climate Act.* Ministry of Climate, Energy and Utilities.

Góngora, J. (2020). *Procesos de elaboración de la fibra de vidrio. Revista de Materiales Industriales*, 12(2), 45-58.

Hernández-Galvez, G., Pampillón-González, L. & Hernández-Almenares, L. (2018). *Impactos ambientales de la energía eólica*. Revista de divulgación científica. (Vol. 24, Núm. 50), 15-22. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.a ed.). Mexico D.F.: McGraw-Hill.

Ibedrola. (2022). *¿De qué están hechas las palas de los aerogeneradores?* https://ibedrola.com

International Energy Agency. (2023). *Renewables 2023: Analysis and forecast to 2028.* IEA. https://iea.org/reports/renewables-2023

International Renewable Energy Agency. (2019). *Futures of wind: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects*. IRENA.

International Renewable Energy Agency. (2022). *Futures of wind: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects*. IRENA.

International Renewable Energy Agency. (2023). *Renewable capacity statistics 2023.* IRENA. https://www.irena.org/publications/2023/Mar/Renewable-capacity-statistics-2023

Justavino Jaime, J. (2013). *Estudios sobre contaminación por fibra de vidrio*. Universidad Tecnológica de Panamá.

Karuppannan Gopalraj, S., & Kärki, T. (2020). *A review on the recycling of wind turbine blades.*

Kerlinger, F.N., & Lee, H.B. (2002). *Investigación del comportamiento. Métodos de investigación en ciencias sociales* (4.a ed.). México: McGraw-Hill.

Ley 25.019. (1998). *Régimen Nacional de Energía Eólica y Solar.* Congreso de la Nación de Argentina. https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/50000-54999/53790/texact.htm#:~:text=Declárase%20de%20interés%20nacional%20la,Parcialmente%3A%20Octubre%2019%20de%201998.

Ley 27.191. (2015). *Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía.* Congreso de la Nación Argentina. https://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/250000-254999/253626/norma.htm.

Ley 21/2013. (2013). *Ley de evaluación ambiental.* Cortes Generales de España. *(*BOE, núm. 296, de 11 de diciembre de 2013). https://www.boe.es/eli/es/l/2013/12/09/21/con

Ley 7/2022. (2022). *Ley de residuos y suelos contaminados para una economía circular.* Cortes Generales de España. (BOE, núm. 85, 09 de abril). https://www.boe.es/eli/es/l/2022/04/08/7/con

Ley N°. 26821. (1997). *Ley orgánica para el aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales.* Congreso de la República del Perú.

Ley N° 27446. (2001). *Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental*. Congreso de la República del Perú.

Ley N°. 28245. (2004). *Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.* Congreso de la República del Perú.

Ley N°. 28546. (2005). *Ley de promoción y utilización de recursos energéticos renovables no convencionales en zonas rurales, aisladas y de frontera del país.* Congreso de la República del Perú.

Ley N.° 28611. (2005). *Ley General del Ambiente*. Congreso de la República del Perú.

Ley N.° 29325. (2009). *Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (SINEFA).* Congreso de la República del Perú.

Ley N.° 29763. (2011). *Ley Forestal y de Fauna Silvestres.* Congreso de la República del Perú.

Ley N.°. 29968. (2012). *Ley de creación del Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE).* Congreso de la República del Perú.

Machuca, Y. (2021, noviembre 21). *Duna y Huambos es la primera central eólica en los Andes del Perú* [Fotografía]. La República.

Marín, A., Hernández, R., &Flores, M. (2016). *Metodología de la investigación cualitativa*.

Manwell, J., McGowan, J., & Rogers, A. (2010). *Wind energy explained: Theory, design and application* (2nd ed.). Wiley.

Ministerio de Energía y Minas. (2023). *Centrales eólicas en operación en el Perú.* https://www.gob.pe/minem

Ministerio de Energía y Minas. (2024). *Estadísticas del subsector electricidad.* https://www.gob.pe/minem

Ministry of New and Renewable Energy, Government of India. (2023). *Annual report 2022-2023.* Government of India. https://mnre.gov.in

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2022). *Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica en Economía Circular (PERTE EC).* Gobierno de España. https://www.miteco.gob.es/eu/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/perte-en-ec.html

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021). *Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica de Energías Renovables, Hidrógeno Renovable y Almacenamiento (PERTA ERHA).* Gobierno de España. https://planderecuperacion.gob.es/como-acceder-a-los-fondos/pertes/perte-de-energias-renovables-hidrogeno-renovable-y-almacenamiento

Mori Chuquizuta, S. (2018). *Diseño del proceso de producción de fibras técnicas de ichu usando diseño de experimentos*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].

Nicolini, M. A. (2025, marzo 28). *Transición con fecha de caducidad. Energiminas.* https://energiminas.com/2025/03/28/transicion-con-fecha-de-caducidad/

Nizama Valladolid, M., &Nizama, L. M. (2020). *Metodología de la investigación jurídica y social.*

OSINERGMIN. (2018). *Ficha Técnica del parque eólica Marcona*. https://www.osinergmin.gob.pe

OSINERGMIN. (2018). *Ficha Técnica del parque eólica Wayra I.* https://www.osinergmin.gob.pe

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y minería. (2024). *Compendio de proyectos de generación eléctrica no convencional con estudios de pre-operatividad aprobados por el COES.*

Ørsted. (2024). *Greater Changhua 1 & 2a offshore wind farms*. https://orsted.com

Ørsted. (2024). *Hornsea offshore wind farm*. https://orsted.com

Ørsted. (2024). *Walney offshore wind farm*. https://orsted.com

Price, T. J. (2005). James Blyth, Charles Brush and the history of wind power generation. *Wind Engineering,* 29 (3), 191-200. https://doi.org/10.1260/030952405774354921.

Projeto de Lei N°. 576/2021. (2021). *Marco regulatorio de la energía eólica marina.* Congreso Nacional do Brasil. https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/146793.

Power Technology. (s.f.). *Greater Changhua offshore wind farms, Taiwan.* https://www.power-technology.com/projects/greater-changhua-offshore-wind-farms/

Ramos Rodriguez, M, (s.f.). *Proyecto fin de carrera sobre tecnología de aerogeneradores*. Universidad Politécnica de Madrid. https://oa.upm.es/42996/1/PFC_Miguel_Ramos_Rodriguez.pdf

Rivarola, A., Torres, L., Rivarola, A. M., Berrios, G., Gardey, M. C., Gatica, P., y Arena, P. (2011). *Estudio y comparación de Alternativas de Fin de Vida Aplicadas a palas de Aerogeneradores, empleando Metodología de Análisis de Ciclo de Vida.* Avances de Energías Renovables y Medio Ambiente, (Vol. 15). Argentina: ASADES.

Resolución Ministerial N° 223-2010-MEM/DM. (2010). *Lineamientos para la participación ciudadana en las actividades eléctricas.* Ministerio de Energía y Minas.

Reyes, A. (2022). *Metodología de la investigación científica*. Editorial Académica Española.

Sampieri, R.H., Collado, C.F., & Baptista, P.L. (2010). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill.

Smith, T. (2011). Wind turbines installed in northern Gansu Province, China [Fotografía]. En K. Schneider, New wind and solar sectors won't solve China's water scarcity. Grist. https://grist.org/renewable-energy/2011-02-24-new-wind-and-solar-sectors-wont-solve-chinas-water-scarcity/

ScottishPower Renewables. (2023). Whitelee wind farm. https://www.scottishpowerrenewables.com/

Tamayo y Tamayo, M. (2004). El proceso de la investigación científica. México: Limusa.

Taylor, S.J., & Bogdan, R. (1992). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación: La búsqueda de significados.* Editorial Paidós.

Terra-Gen. (2023). *Alta Wind Energy Center.* https://terra-gen.com/

United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development.*

U.S. Department of Energy. (2021). *Wind Energy technologies office: Wind turbine components.* https://www.energy.gov/

U.S. Department of Energy. (2022). *Wind Energy technologies office report.*

U.S. Energy.Information Administration (2023). *Wind Explained: Wind Energy in the United States.* https://www.eia.gov/energyexplained/wind/

Vargas Guzman, A. C, (2020), *Materiales Naturales Alternativos a la fibra de vidrio en los PRFV en Función de su Aislamiento Acústico*. Monografía para optar el título de Especialista en Gestión Ambiental, Fundación Universidad de América, Colombia.

Vargas, X. (2020). *Fibras naturales como refuerzo en materiales compuestos.*

Villarrubia, Miguel. (2014). *Ingeniería de la Energía Eólica.* (1.a ed.). España: Marcombo.

Wald, M. L. (2012, septiembre 22). *Wind sprints to the cliff*. Green Blog, The New York Times.https://archive.nytimes.com/green.blogs.nytimes.com/2012/09/22/wind-sprints-to-the-cliff/

Zamora-Castro, S., et al. (2023). *A review of the use of coconout fiber in cement composites*. Polymers, 15 (5).