



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
MAGÍSTER EN GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN AMBIENTAL
PROGRAMA INTERFACULTADES

EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA POTENCIAL EÓLICO *OFFSHORE* EN LA REGIÓN DE COQUIMBO

Proyecto de grado presentado como parte de los requisitos para optar al grado de
Magíster en Gestión y Planificación Ambiental

JAVIERA ISIDORA VELÁSQUEZ ARAYA

Profesor guía: Cristián Mattar B.

Santiago, Chile
2020

**EVALUACIÓN MULTICRITERIO PARA POTENCIAL EÓLICO *OFFSHORE* EN
LA REGIÓN DE COQUIMBO**

Proyecto de grado presentado como parte de los requisitos para optar al grado
de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental

Profesor Guía

Cristián Mattar B.

Nota: 6,8

Firma:

Profesor consejero:

Eduardo Astorga J.

Nota: 6,5

Firma:

Profesor consejero:

Horacio Bown I.

Nota: 6,5

Firma:

AGRADECIMIENTOS

A mis familias.

A mi familia de sangre, **Nidia, Jorge, Joaquín y María Jesús**: con su amor, su apoyo y su “sobre estimación”, he podido siempre estudiar y desarrollarme en lo que he sentido que es correcto, sin buscar más recompensa que el crecimiento personal y aportar un granito de arena al mundo desde cualquier flanco. Incluso en este, en el que (al fin) no me pudieron llenar de libros, pero vaya que me mostraron videos y noticias relacionadas, “para motivar”.

A mi compañero de vida **Matías**, quien me ha llevado a ser/estar “desde tan alto como un águila, a tan pequeño como una hormiga”. Con apapachos, arengas y reproches, pizzas y pandemia, tampoco me dejó abandonar esta ruta.

Sospecho que se confabularon para llegar a este día.

A **Flavio y Lorena**, quienes, además de ser el mejor equipo con el que he trabajado, son “mi otra familia”. Dentro y fuera del MGPA me han apoyado, aconsejado, e inspirado a seguir siempre adelante.

GRACIAS

LABORA. *Todo es trabajo en la naturaleza, y tu misión es contribuir, en la medida de tus fuerzas, a la perfección de este trabajo. No te resignes a ser siervo de la máquina, ni esclavo del músculo. Dignifica el trabajo, embellécelo, purifícalo.*

ESTUDIA. *Que el libro sea tu mejor amigo, tu consejero, tu guía. Nunca sabremos bastante. Quien añade ciencia, añade anarquía. Investiga por ti mismo, aclara los misterios que te rodean. Instrúyete, edúcate. Esta es la única herencia que debes dejar en la Vida.*

AMA. *La ciencia no pone piedras en el corazón. Un amor puro y humano hace penetrar en nosotros. Por alejados que estén, por distanciados que se hallen, cada ser es un amado nuestro.*

–José Antonio Emmanuel–

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general.....	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1. Energía eólica en el mundo	5
3.1.1. Tendencia Mundial de la energía eólica	6
3.1.2. Parques eólicos	9
3.1.3. Parques <i>onshore</i> y <i>offshore</i>	11
3.2. Energía <i>offshore</i>	13
3.2.1. Estado actual.....	13
3.2.2. Turbinas flotantes: experiencias pioneras	14
3.2.3. Impactos ambientales.....	16
3.3. Percepción remota.....	19
3.4. Energía eólica en Chile.....	21
3.4.1. Potencial eólico.....	21
3.4.2. Parques eólicos en Chile	25
3.5. Sección final.....	25
4. MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	32
4.1. Materiales	32
4.1.1. Coberturas vectoriales.....	32
4.1.2. Imágenes ráster.....	34
4.2. Metodología	34
4.2.1. Etapa 1: Identificar criterios relacionados con la aptitud eólica de un sitio <i>offshore</i>	34

4.2.2. Etapa 2: Construir un modelo SIG multicriterio para determinar la aptitud de sitios.....	35
5. RESULTADOS.....	39
5.1. Etapa 1: Identificar criterios relacionados con la aptitud eólica de un sitio <i>offshore</i>	39
5.1.1. Criterios asociados al medio biótico	39
5.1.2. Criterios asociados al medio humano.....	44
5.1.3. Criterios asociados a aspectos técnicos.....	47
5.1.4. Puntuación de criterios	47
5.2. Etapa 2: Construir un modelo SIG multicriterio para determinar la aptitud de sitios.....	50
5.2.1. Modelación de escenarios	50
5.2.2. Análisis de escenarios modelados.....	56
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
6.1. Conclusiones Objetivo Específico 1: Identificar criterios relacionados con la aptitud eólica de un sitio <i>offshore</i>	58
6.2. Conclusiones Objetivo Específico 2: Construir un modelo SIG multicriterio para determinar la aptitud de sitios.....	60
7. BIBLIOGRAFÍA.....	61
7.1. Publicaciones.....	61
7.2. Recursos Web	69
8. ANEXOS	73
8.1. Centrales eólicas en operación.....	73
8.2. Ubicación de áreas protegidas <i>onshore</i> y <i>offshore</i>	76
8.3. Ubicación áreas urbanas costeras y caletas artesanales	79
8.4. Resultados Escenario 1	81
8.5. Resultados Escenario 2.....	83
8.6. Resultados Escenario 3.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1: Fuentes de generación eléctrica, proyección 2018-2050.....	7
Figura 3-2: Proyección de ERNC para la generación eléctrica 2018-2050.	7
Figura 3-3: Factores de planta promedio por país/región y fuente de energía, período 2008-2012.....	8
Figura 3-4: Partes de un aerogenerador.....	9
Figura 3-5: Principales componentes de una góndola.....	10
Figura 3-6: Diagrama de conexión de aerogenerador a línea de transmisión.....	11
Figura 3-7: Turbinas fijas: (a) Monopila, (b) Por gravedad (GBS), (c) Jacket, (d) Trípode, (e) Tripila. Turbinas flotantes: (f)Tipo spar, (g) y (h) Plataforma de piernas tensionadas (TLP), (i) semi-sumergible. ...	12
Figura 3-8: Modelo GIS-DANP-MABAC.....	31
Figura 5-2: Resultados evaluación E1.....	51
Figura 5-3: Resultados evaluación E2.....	53
Figura 5-4: Resultados evaluación E3.....	55
Figura 5-5: Evaluación en distintos escenarios.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Capacidad neta instalada en Chile (MW) a octubre de 2020....	2
Tabla 3-1: Potencial eólico <i>offshore</i>	12
Tabla 3-2: Parques eólicos <i>offshore</i> más grandes del mundo.....	13
Tabla 3-3: Impacto ambiental de una central eólica.....	17
Tabla 3-4: Satélites utilizados para la medición de vientos.....	20
Tabla 3-5: Resultados de Mattar y Guzmán-Ibarra (2017).....	25
Tabla 3-6: Centrales eólicas en Chile, a octubre de 2020.....	25
Tabla 3-7: Restricciones utilizadas por Gigović <i>et al.</i> , 2017.....	28

Tabla 3-8: Evaluación de criterios utilizadas por Gigović <i>et al.</i> , 2017.	30
Tabla 4-1: Escala de Saaty para la comparación pareada entre criterios “P” y “Q”.	36
Tabla 4-2: Índice aleatorio de consistencia según cantidad de alternativas.....	37
Tabla 5-1: Áreas protegidas en comunas costeras de la región de Coquimbo.....	39
Tabla 5-2: Áreas protegidas costeras en la región de Coquimbo.	41
Tabla 5-3: Restricciones por atributo.	47
Tabla 5-4: Puntaje de aptitud de criterios.	49
Tabla 5-5: Resultados Etapa 2: Superficies evaluadas.	57

RESUMEN

El emplazamiento de parques eólicos *offshore* requiere considerar múltiples criterios, tanto técnicos como ambientales. El siguiente trabajo propone una metodología de evaluación multicriterio apoyada en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para determinar los sitios más adecuados, de acuerdo a los criterios que el evaluador estime relevantes.

Dado que los criterios y prioridades cambian en el tiempo, de acuerdo cambia la sociedad y su cultura, así como la información disponible, el modelo propuesto persigue además ser adaptable en el tiempo,

Basado en metodologías multicriterio de análisis cuali-cuantitativo, se ha obtenido un modelo ajustable a las condiciones e información disponibles en el futuro, en el que se asegura la consistencia de la ponderación de los criterios escogidos, aun cuando ésta varíe de acuerdo al sesgo de quien evalúe.

1. INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son utilizados para recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica, de manera que ésta sea leída y comprendida dentro de un contexto territorial. Es por ello que su aplicación se ha masificado en distintos rubros, incluidos la planificación territorial y la toma de decisiones para la inversión en proyectos de infraestructura de distinta índole, ya sea infraestructura vial, de salud o incluso de energía, así como para la localización y administración de recursos naturales.

Por otra parte, según señala la Comisión Nacional de Energía (CNE), la capacidad eléctrica instalada en Chile a octubre de 2020 es de 25.374,90 MW, donde más del 75% proviene de fuentes convencionales, como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 1-1: Capacidad neta instalada en Chile (MW) a octubre de 2020.

Fuente	Potencia neta (MW)	Potencia neta (%)
Convencional	19.131,20	75,39%
Carbón	3.876,91	15,28%
Carbón - Petcoke	701,72	2,77%
Cogeneración	18,42	0,07%
Fuel Oil Nro. 6	144,12	0,57%
Gas Natural	4.211,93	16,60%
Hidráulica Embalse	3.421,53	13,48%
Hidráulica Pasada	2.988,68	11,78%
Mini Hidráulica Pasada	19,43	0,08%
Petcoke	20,50	0,08%
Petróleo Diesel	3.713,50	14,63%
Propano	14,46	0,06%
ERNC	6.243,70	24,61%
Biogas	55,98	0,22%
Biomasa	327,92	1,29%
Biomasa-Petróleo N°6	88,00	0,35%
Eólica	2.140,19	8,43%
Geotérmica	39,70	0,16%
Hidráulica Pasada	43,15	0,17%
Mini Hidráulica Pasada	500,89	1,97%
Solar	3.047,87	12,01%
Total general	25.374,90	100,00%

Fuente: elaboración propia, a partir de Energía Abierta, Comisión Nacional de Energía (CNE).

El aumento de Proyectos de energías renovables no convencionales (ERNC), en particular centrales eólicas y solares, ha permitido alcanzar en el año 2020 la meta propuesta para el año 2025, esto es, que la producción de electricidad por centrales de ERNC alcance un 20%. Sin perjuicio de lo anterior, la meta N° 6 de la Política de Energía 2050 plantea la participación de ERNC en un 60% de la matriz al año 2035, y el 70% el año 2050.

En general, los proyectos de generación de energía eléctrica se emplazan en zonas alejadas de las áreas urbanas, para evitar la alteración sobre la planificación territorial y el medio humano, por lo que es de particular interés el recurso eólico *offshore*, esto es, el viento en superficie marítima, el cual, además de ser una ERNC, tiene menor impacto ambiental sobre los medios biótico y humano.

El presente trabajo propone un modelo de trabajo que conjuga los SIG con la evaluación multicriterio para determinar las mejores locaciones para el emplazamiento de parques eólicos *offshore* en la región de Coquimbo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Generar un modelo SIG para la determinación de lugares aptos para la extracción de energía eólica *offshore* en la Región de Coquimbo, desde su costa hasta 100 km mar adentro,

2.2. Objetivos específicos

- Identificar criterios relacionados con la aptitud eólica de un sitio *offshore*.
- Construir un modelo SIG multicriterio para determinar la aptitud de sitios.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Energía eólica en el mundo

La energía eólica es un tipo de energía renovable no convencional basado en el aprovechamiento del viento para mover las aspas de un molino, y utilizar esta energía cinética de forma mecánica (molienda, bombeo de agua), o bien de forma eléctrica. Schroeder (2010) plantea que la energía eólica es una variante de la energía solar, puesto que el viento es producto del calentamiento irregular de la superficie terrestre, sumado a la rotación de la Tierra, por lo que su aprovechamiento requiere estimar las variaciones del viento en un determinado espacio geográfico, considerando tanto las variaciones diurnas/nocturnas, estacionales y las que se relacionan con la superficie y relieve. La energía eólica como recurso para la generación eléctrica tiene entre sus ventajas:

- Es un recurso inagotable,
- Su instalación no requiere de una intervención profunda en el medio y, por tanto, en algunos casos puede ser fácilmente reversible.
- En operación no emite contaminantes a la atmósfera, tales como gases de efecto invernadero (GEI) o material particulado, por lo que no contribuyen al cambio climático. Sin embargo, puede generar emisiones de GEI, principalmente en la construcción y transporte de aspas y turbinas, pero en

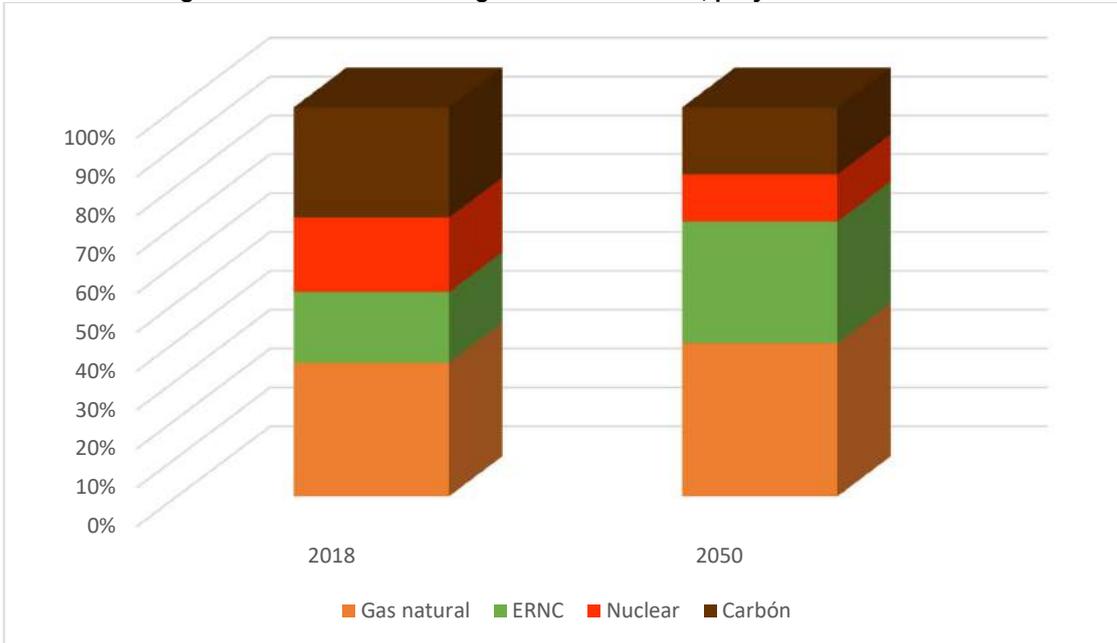
cantidades poco significativas: se estima que una turbina de 1 MW genera 2.360 toneladas de CO₂.

Por otra parte, es necesario considerar sus posibles impactos negativos sobre la población humana (acústico y visual), así como su eventual impacto en las rutas de las aves, pues como plantea Letcher (2017), aves y murciélagos se consideran proporcionalmente más propensas a ser cazadas por gatos domésticos, antes que a colisionar con turbinas eólicas.

3.1.1. Tendencia Mundial de la energía eólica

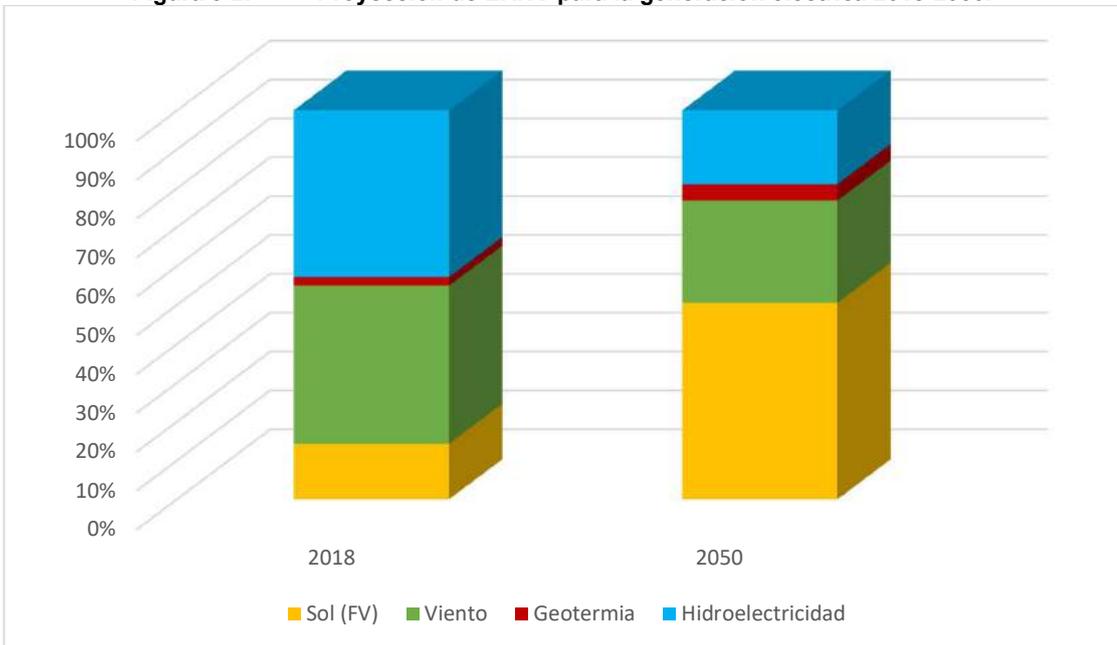
De acuerdo al *Annual Energy Outlook* (2019), el uso de ERNC al 2018 se estimó en un 18% del total mundial, proyectando para el 2050 alcance un 31%, donde la energía eólica representaría una cuarta parte de ésta, superada solamente por la energía solar fotovoltaica (figura 3-1).

Figura 3-1: Fuentes de generación eléctrica, proyección 2018-2050.



Fuente: Elaboración propia, con base en *U.S. Energy Information Administration, (EIA). (2019).*

Figura 3-2: Proyección de ERNC para la generación eléctrica 2018-2050.

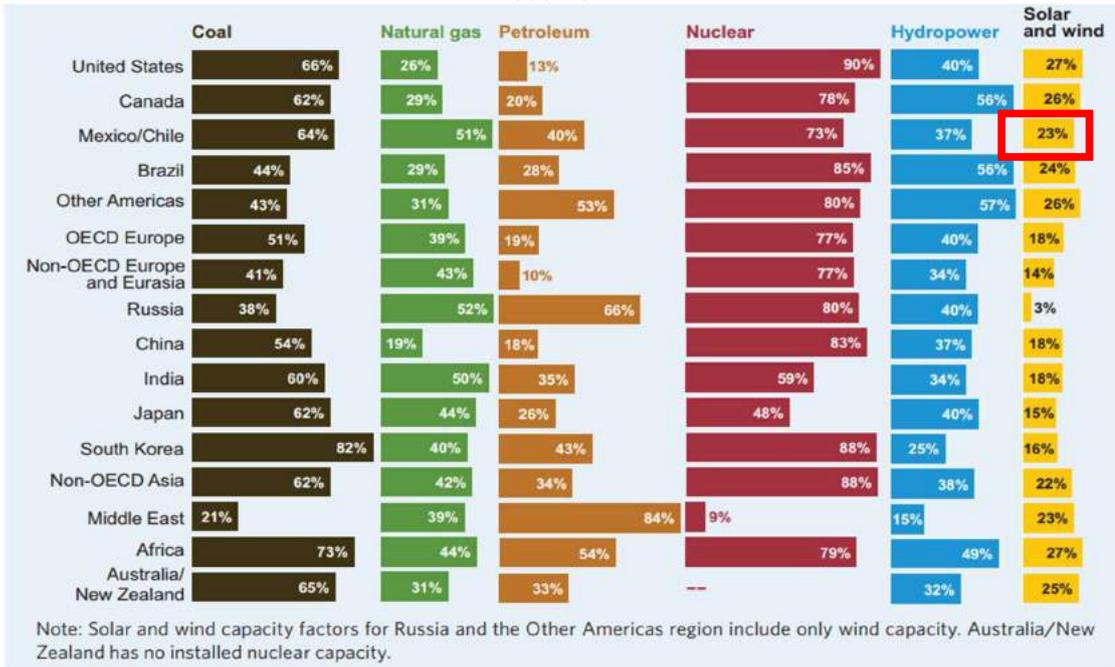


Fuente: Elaboración propia, con base en *U.S. Energy Information Administration, (EIA). (2019).*

La figura 3-3 presenta los factores de planta promedio para la generación de electricidad, por región y por fuente de energía, entre el año 2008

y 2012, de acuerdo a la *U.S. Energy Information Administration*, (EIA, 2016). De acuerdo a ésta, la energía solar y eólica presentaron en Chile, en conjunto, un 23%, ubicándose sobre el promedio de las regiones contempladas.

Figura 3-3: Factores de planta promedio por país/región y fuente de energía, período 2008-2012.



Fuente: *U.S. Energy Information Administration*, (EIA). (2016).

3.1.2. Parques eólicos

El Servicio de Evaluación Ambiental señala que un **parque eólico** es una central de generación eléctrica que comprende “un conjunto de **aerogeneradores** instalados y distribuidos en una superficie de terreno” (SEA, 2012). Cada aerogenerador consta de:

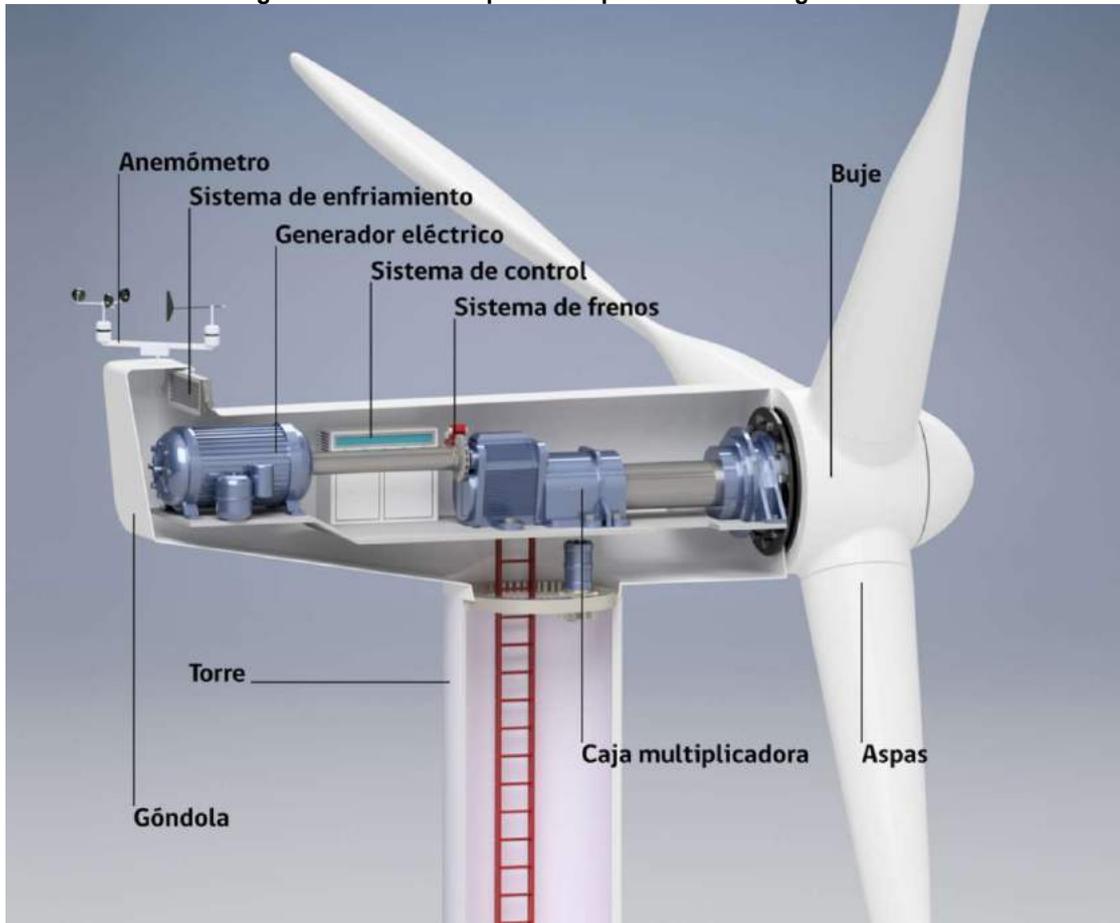
- Torre: consistente en 2-3 tubos de acero unidos
- Generador: instalado en el extremo de la torre, convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica.
- Góndola y rotor: consiste en las aspas y el eje que las une. Comúnmente son 2-3 aspas.

Figura 3-4: Partes de un aerogenerador.



Fuente: Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de Centrales Eólicas de Generación de Energía Eléctrica (SEA, 2012).

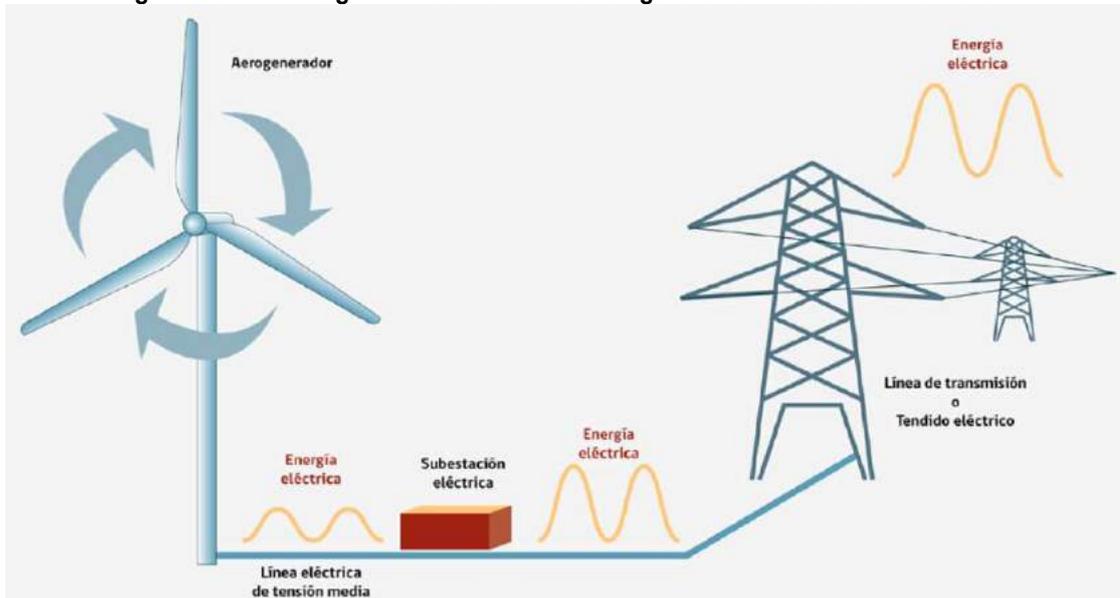
Figura 3-5: Principales componentes de una góndola.



Fuente: Guía para la Descripción de Centrales Eólicas de Generación de Energía Eléctrica en el SEIA (SEA, 2020).

La energía eléctrica se transporta desde cada aerogenerador hasta una subestación eléctrica, a través de una red de media tensión, donde se suman las potencias de todos los generadores que componen el parque.

Figura 3-6: Diagrama de conexión de aerogenerador a línea de transmisión.



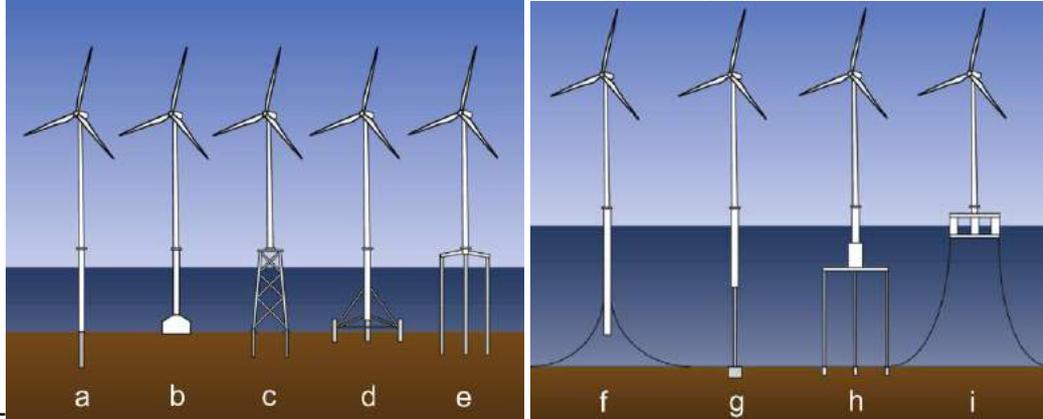
Fuente: Guía para la Descripción de Centrales Eólicas de Generación de Energía Eléctrica en el SEIA (SEA, 2020).

Al parque eólico instalado en tierra firme se denomina **parque eólico onshore**, y al instalado en el mar, **parque eólico offshore**, siendo estos últimos los objetos de estudio en este trabajo.

3.1.3. Parques *onshore* y *offshore*

Los parques eólicos se pueden clasificar según su emplazamiento: en tierra firme (*onshore*) o en superficie bajo el mar (*offshore*). Estos últimos pueden conformarse por estructuras fijas al suelo marino, o bien flotantes, de acuerdo presenta la figura 3-7.

Figura 3-7: Turbinas fijas: (a) Monopila, (b) Por gravedad (GBS), (c) Jacket, (d) Trípole, (e) Tripila. Turbinas flotantes: (f) Tipo spar, (g) y (h) Plataforma de piernas tensionadas (TLP), (i) semi-sumergible.



Fuente: Koh, 2016.

De acuerdo a *Wind Europe* (EWEA, 2017), el potencial *offshore* se concentra en aguas con profundidad igual o mayor a 60m, donde las estructuras flotantes tienen mayor factibilidad técnica y económica que las fijas. La tabla 3-1 presenta una estimación de la concentración de capacidad eólica *offshore*, en función de la profundidad del mar.

Tabla 3-1: Potencial eólico *offshore*.

País/Región	Profundidad del mar	
	≥ 60m (estructuras flotantes)	<60m (estructuras fijas)
Europa	80%	20%
EEUU	60%	40%
Japón	80%	20%

Fuente: elaboración propia, basado en EWEA (2017).

Bhatti y Kothari (2003) señalan que los parques *offshore* tienen ventajas técnicas sobre los parques *onshore*, entre ellas: el aprovechamiento de vientos de mayor velocidad y baja turbulencia debido a la ausencia de barreras topográficas, el menor impacto visual y acústico a la población, y la posibilidad de instalarse cerca de ciudades costeras con menor costo de transmisión.

Esta última característica es ventajosa para el caso de Chile, ya que, salvo la Región Metropolitana, el resto de sus regiones posee ciudades costeras.

3.2. Energía *offshore*

3.2.1. Estado actual

A nivel mundial, los parques eólicos *offshore* se han instalado principalmente en Reino Unido (59%), seguido por Dinamarca (18%) y Bélgica (8%). Los seis parques eólicos más grandes del mundo se encuentran principalmente en Reino Unido, de acuerdo a la tabla 3-2:

Tabla 3-2: Parques eólicos *offshore* más grandes del mundo.

Parque eólico	Tipo	Capacidad instalada (MW)	País	Entrada en operación
Walney Extension	Fijo – Monopila	659	Reino Unido	2018
London Array	Fijo – Monopila	630	Reino Unido	2013
Gemini	Fijo – Monopila	600	Países Bajos	2017

Parque eólico	Tipo	Capacidad instalada (MW)	País	Entrada en operación
Beatrice	Fijo – Monopila	588	Reino Unido	2019
Gode Wind 1 y 2	Fijo – Monopila	582	Alemania	2017
Parque Gwynt y Môr	Fijo – Monopila	576	Reino Unido	2015
Race Bank	Fijo – Monopila	573	Reino Unido	2018
Greater Gabbard	Fijo – Monopila	504	Reino Unido	2012
Borkum Riffgrund 2	Fijo – Monopila	450	Alemania	2019
Horns Rev 3	Fijo – Monopila	407	Dinamarca	2019

Fuente: elaboración propia, basado en 4C *Offshore* (<http://www.4coffshore.com/windfarms>).

Los actuales proyectos son encabezados principalmente por Reino Unido. Cabe destacar que los proyectos mencionados son de tipo fijo, puesto que la implementación de turbinas flotantes ha sido fundamentalmente a escala piloto. Sin embargo, empresas como StatOil e Ideol se encuentran desarrollando actualmente proyectos *offshore* flotantes a escala comercial, cuya operación se estima para fines 2020.

3.2.2. Turbinas flotantes: experiencias pioneras

Con respecto a los parques eólicos *offshore*, el desarrollo de turbinas flotantes es prácticamente a nivel de pilotos y pruebas, en los que destacan las experiencias pioneras de Blue H Technologies y Hywind.

3.2.2.1. Blue H Technologies

De acuerdo señala el sitio “4C *Offshore*”, la compañía Blue H Technologies trabajó en la adaptación de las *Tension Leg Platforms* (TLP) de la industria del petróleo, para el soporte de turbinas eólicas, resistentes a las variaciones climáticas y condiciones ambientales propias del mar. Así es como el año 2008 se instaló un prototipo de pequeña escala (80 kW), conformado por una única turbina de 2 aspas en el mar Adriático, a 22 km de Apulia, Italia, en una zona de 113 metros de profundidad, siendo ésta la primera turbina eólica *offshore* flotante en el mundo.

Tras el éxito del prototipo, se diseñó el Blue H FCU (“*First Commercial Unit*”), la primera unidad comercial flotante, con una turbina eólica de 2 MW, y posteriormente, se desarrollaron pruebas con una turbina de 5 MW, entre 2009 y 2010, con objeto de determinar la factibilidad económica y técnica del diseño TLP. Sin embargo, el proyecto no ha sido llevado a cabo, producto del cese de actividades de la empresa el año 2012.

3.2.2.2. Hywind

El año 2009 Hywind-demo, también conocido como “Karmoy”, es la primera turbina eólica flotante de gran capacidad (2,3 MW), utilizando un *spar floater*, instalada a 100 km de Rogaland, Noruega. Al año 2010 generó 7,3 GWh, soportando olas de hasta 11 metros de altura; de acuerdo a la consultora 4C *Offshore*, al año 2014 su factor de planta fue de 41,4% y en lo que respecta a

emisiones de GEI, se estima que su reducción de CO₂ es de 3.292 ton/año, mientras que la de SO₂ es de 77 ton/año.

Actualmente, se encuentra en operación el parque Hywind 2, llamado también “*Hywind Scotland Pilot Park*”, a 25 km de Peterhead, al noreste de Escocia. El parque, propiedad de Equinor ASA (ex StatOil ASA) y Masdar consta de 5 turbinas Siemens modelo SWT-6.0-154 de 6 MW, operando desde noviembre de 2017, con vientos de 10,1 m/s en promedio, y en una zona de 95 m de profundidad, con una vida útil estimada de 25 años.

3.2.2.3. Eolmed (Ideol)

De acuerdo al sitio 4C *Offshore*, el parque EolMed, desarrollado por Eolmed SAS y administrado por Quadran Energies Marines, consta de 4 turbinas modelo 6.2M152, de 6,2 MW cada una, en el mar Mediterráneo, a 18 km del pueblo costero de Gruissan, Francia. Dicho parque se encuentra en etapa de obtención de autorizaciones, y se estima que funcione a lo menos 20 años, a partir del año 2021.

3.2.3. Impactos ambientales

El Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) publicó el año 2012 una guía para la evaluación e impacto ambiental de centrales eólicas. En ella, identifica las partes y obras susceptibles de generar impacto ambiental:

Tabla 3-3: Impacto ambiental de una central eólica.

Fase	Parte u obra	Impacto
Construcción	Establecimiento de plataformas y sus respectivas cimentaciones subterráneas y montaje de los aerogeneradores.	Afectación del valor paisajístico.
	Construcción de fundaciones de los aerogeneradores.	Alteración de la calidad del aire.
Operación	Operación del parque eólico (conjunto de aerogeneradores).	Afectación del valor paisajístico.
		Riesgo para la salud por efecto sombra parpadeante.
		Alteración de sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos por efecto disco.
	Altura de los aerogeneradores y movimiento de las aspas.	Pérdida de individuos o ejemplares de aves y/o quirópteros por colisión y muerte.
	Movimiento de las aspas de los aerogeneradores (ruido aerodinámico) y operación de la turbina de la unidad de generación de energía eléctrica (ruido mecánico).	Perturbación de la avifauna por emisiones de ruido y vibraciones.
Alteración de sistemas de vida y costumbres de los grupos humanos por emisiones de ruido y vibraciones.		
		Afectación del valor turístico por emisiones de ruido y vibraciones.

Fuente: elaboración propia, basado en SEA, 2020.

Los parques eólicos *offshore* se consideran “limpios” porque, salvo durante su construcción, no generan emisiones a la atmósfera, por lo que no alteran la calidad del aire. De este modo, si se utilizara en vez de las fuentes tradicionales, se pueden evitar problemas de salud asociados a la contaminación del aire, e incluso, ayudar en la lucha contra el cambio climático (Schroeder, 2010). Además, a diferencia de las centrales termoeléctricas (a carbón y/o gas

natural) y de las centrales nucleares, los proyectos eólicos no requieren el uso de agua como refrigerante en ninguna de sus fases. Asimismo, los parques *onshore* pueden generar ruidos y vibraciones, afectando a la población aledaña (Norton *et al.*, 2014), tanto en sus sistemas de vida y costumbres como en el valor turístico de la zona, problema que los parques *offshore* flotantes pueden evitar, dado su distanciamiento a asentamientos humanos.

Con respecto al paisaje, estudios como el de Krueger *et al.* (2011) han buscado contrastar el costo del impacto visual y sus consecuencias en el costo de las propiedades, actividades recreativas y turísticas de sectores costeros, con respecto al costo de instalación de parques *offshore* a distintas distancias. Cabe considerar que en Chile, la evaluación del impacto ambiental sobre la componente paisaje se debe realizar de acuerdo a la “Guía para la evaluación del impacto paisajístico en el SEIA”, publicada el año 2019 por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), donde se indica, entre otros aspectos, la metodología para determinar el área de influencia de la componente paisaje, por lo que los resultados en otros países podrían diferir.

Estos impactos son determinantes para definir el emplazamiento de parques eólicos, dado que inciden no solamente en los ecosistemas terrestres, sino que afectan fuertemente a la población y la opinión pública (Thomsen, 2016). Esta condición no se presenta en las instalaciones *offshore*, donde si bien sería necesario estudiar a fondo los posibles efectos sobre los ecosistemas marinos, en un balance mayor los parques *offshore* podrían ser menos costosos que los

onshore (Koh y Ng, 2016). Sin embargo, cabe señalar que en parques tanto *onshore* como *offshore* existe riesgo de interrumpir/alterar rutas migratorias de aves, e incluso, de muerte de aves por colisión con las aspas de las turbinas, de modo que, si se trata de disminuir o evitar impactos ambientales, este es un elemento a considerar.

Por otra parte, de acuerdo a Rodrigues *et al.* (2015) las turbinas flotantes (*spar* y semi sumergibles) prácticamente no afectan a los ecosistemas marinos, especialmente en sus fases de construcción y de desmantelamiento, pues evitan los procesos de apilamiento de otros modelos de turbinas eólicas *offshore*, y por tanto, no alteran el fondo marino ni los ecosistemas asociados a éste.

3.3. Percepción remota

Existen distintos métodos para medir el viento mediante, tanto in situ como por percepción remota, de forma complementaria o independiente, de acuerdo a su factibilidad económica. Para los vientos *offshore* se trabaja con percepción remota, ya sean **desde la superficie** (en boyas o turbinas eólicas ya instaladas) o mediante **satélites espaciales**.

Los **métodos satelitales** obtienen información mediante sensores instalados en satélites, tales como los sensores SAR (Radar de Apertura Sintética) y escaterómetros. La tecnología SAR es un sistema activo que permite la penetración atmosférica y mejor resolución espacial, pudiendo obtener la

dirección de los vientos observados; el escaterómetro es un sensor activo de menor resolución espacial, por lo que puede abarcar una mayor área, y obtener la velocidad y dirección de sus vientos.

Tabla 3-4: Satélites utilizados para la medición de vientos.

Satélite	Tipo	Resolución	Inicio operación	Estado actual
Sentinel-1	SAR	5m x 20m	3/04/2014	A la fecha sigue activo.
Radarsat-2	SAR	1m x 3m	14/12/2007	A la fecha sigue activo.
QuickSCAT-1	Escaterómetro	25m	20/06/1999	Término de operación el 23/11/2009 Utilizado para sectores costeros; limitado en zonas más distantes de la costa.
ASCAT	Escaterómetro	25 km	15/05/2007	A la fecha sigue activo.

Fuente: Elaboración propia.

Courtney y Hasager (2016) plantean que la elaboración industrializada de instrumentos debería llevar a la mejora de la calidad y oferta de software dedicado para los equipos de teledetección instalados en turbinas *offshore*, y posteriormente, para los instrumentos de escaneo. Igualmente, los equipos flotantes siguen desarrollándose, por lo que en los próximos años se debería robustecer esa tecnología. Por otra parte, los equipos de percepción remota, tanto SAR como escaterómetros, han dado buenos resultados, por lo que es probable que sigan utilizándose en el corto y mediano plazo.

3.4. Energía eólica en Chile

3.4.1. Potencial eólico

De acuerdo a Mattar y Borvarán (2016), para simular el potencial eólico, es posible utilizar las siguientes herramientas:

- Percepción remota, para insumo de datos locales.
- Modelos numéricos de predicción meteorológica, para la simulación y modelación de vientos (dirección y magnitud).
- Análisis/reanálisis, para el pronóstico de vientos (dirección y magnitud) a escala global, con base en los datos históricos.

La información eólica en Chile ha sido recopilada desde principios de la década de 1990, mediante diversas iniciativas, las cuales han rendido frutos en el desarrollo del proyecto Eolo (1993), el cual evaluó el recurso eólico del país, entre las regiones I y IX (actualmente, de Arica y Parinacota, hasta la Región de la Araucanía). Dicho proyecto derivó en el primer Explorador Eólico (2009), accesible para toda la población, cuya cobertura solamente contemplaba el Norte grande, con una resolución espacial horizontal de 3 km y una cobertura temporal de 4 meses del año 2006. Este Explorador permitía la visualización de datos tales como series de datos meteorológicos de diversos sitios de interés, así como de mapas de viento, y reportes para la evaluación del recurso viento. Actualmente, el Explorador Eólico contempla información de todo Chile, con una resolución espacial horizontal de 1 km y una mayor resolución vertical en la sección de

mayor interés para desarrollos energéticos. Así mismo, la información del recurso eólico está a libre disposición, permitiendo a cualquier persona la prospección energética de manera libre y gratuita, y por medio de un navegador web estándar.

Los siguientes estudios han sido clave para el desarrollo del Explorador Eólico, herramienta fundamental para el diseño de parques eólicos:

- “Evaluación del potencial eólico nacional”, del proyecto EOLO (CORFO y DGF1, 1993)
- “Mejoría del conocimiento del recurso eólico en el norte y centro del país” (CNE2 y DGF, 2003).
- “Selección de sitios de interés para prospección eólica en el sistema interconectado del Norte Grande - Etapas I y II” (CNE, GIZ3 y DGF, 2008)
- “Modelación de alta resolución para fines de prospección de energías renovables no convencionales en el norte de Chile” (CNE, GIZ y DGF, 2009)
- “Ámbitos de investigación necesarios para el desarrollo eólico en Chile relacionados con el comportamiento del recurso viento” (MINENERGIA, GIZ y DGF, 2011)

¹ Departamento de Geofísica (DGF) de la Universidad de Chile

² Comisión Nacional de Energía (CNE), actualmente parte del Ministerio de Energía (MINENERGIA)

³ Departamento de Geofísica (DGF) de la Universidad de Chile

Por otra parte, para la estimación del potencial eólico *offshore* en Chile se han publicado cuatro estudios: Mattar y Villar-Poblete (2014), Mattar y Borvarán (2016), Mattar y Guzmán-Ibarra (2017) y González-Alonso de Linaje, Mattar y Borvarán (2019).

Mattar y Villar-Poblete (2014) estimaron el potencial eólico a 80 m.s.n.m. para generadores de 3,6, 5,0 y 8,0 MW, considerando información de escaterómetro QuickSCAT (QS) complementado con ERA-Interim (ERA)¹, a partir de información de una grilla global de campos de viento (dirección y magnitud) de 0,75 x 0,75°, resolución temporal de 6 horas, a 10 m.s.n.m., utilizando los correspondientes al período 1999-2012. Con ello se concluyó que el factor de planta (FP) en Chile sería, generalmente, superior al 30%, con la salvedad de la zona norte, en que el FP llega a valores bajo el 10%, sin diferencias significativas para los aerogeneradores indicados a lo largo de la costa de Chile.

Posteriormente, Mattar y Borvarán (2016) compararon datos obtenidos in situ en la estación Faro Carranza (FCS)² con datos simulados a partir del modelo predictivo a mesoescala *Weather Research and Forecasting Model* (WRF), extrapolando los datos para una altura de 140 m.s.n.m. De esto, se estimó que existe un alto potencial eólico *offshore* para la zona, entre 745 y 1240

¹ ERA-interim (ERA) Reanalysis es un modelo de asimilación de datos preparado por el "European Centre for Medium Range Weather Forecasts" (ECMWF)

² La estación FCS fue instalada por la Comisión Nacional de Energía entre enero de 2006 y junio de 2007, entregando información sobre del viento cada 10 minutos, en particular, su dirección a 20 m.s.n.m., y su velocidad a 20, 30 y 40 m.s.n.m.

$W \text{ m}^2$, y se corroboró que el modelo WRF es adecuado, por lo que podría utilizarse en zonas sin datos.

De este modo, se justificaría la realización de más estudios que, eventualmente, deriven en la implementación de parques eólicos *offshore* en Chile, y así diversificar y descarbonizar la matriz eléctrica del país.

Posteriormente Mattar y Guzmán-Ibarra (2017) actualizaron el potencial nacional, y analizaron la factibilidad técnica y económica de la generación *offshore*, considerando la densidad de energía eólica, con datos sobre la velocidad del viento, de ERA-Interim, y datos de costos utilizados en estudios internacionales (Myhr *et al.*, 2014; Moné *et al.*, 2015). De este modo, se estimó el **potencial eólico** según su densidad en un período de tiempo, para así obtener el **factor de planta** y **rendimiento** para las turbinas consideradas, y finalmente, obtener datos de análisis económico como el **costo de energía nivelado (LCOE)**, valor actual neto y tasa interna de retorno, considerando una vida útil de 25 años. Todos estos valores fueron comparados con estándares internacionales, para determinar áreas de interés en función de estas variables.

El estudio concluye que el área de mayor interés para la energía eólica *offshore* en Chile se encuentra entre los 30°S y 32°S de latitud, dados los factores de planta y rendimiento obtenidos. Señala también dos barreras para el desarrollo de este tipo de proyectos en Chile: (1) la falta de información sobre el potencial eólico y factibilidad técnica y económica, y (2) incentivos económicos, con los que se podrían obtener valores de LCOE competitivos.

Tabla 3-5: Resultados de Mattar y Guzmán-Ibarra (2017).

	Factor de planta	Rendimiento
Valores aceptables	≥ 20%	≥ 10%
Valores obtenidos	40% – 60%	27% – 35%

Fuente: elaboración propia, basado en Mattar & Guzmán-Ibarra, 2017.

3.4.2. Parques eólicos en Chile

La Comisión Nacional de Energía indica que, a octubre de 2020, Chile contó con 2.003,91 MW de potencia neta generada por parques eólicos, de los cuales el 99,72% es inyectada al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), el 0,16% al Sistema Eléctrico de Aysén (SEA), y el 0,13% restante al Sistema Eléctrico de Magallanes (SEM). Sin embargo, estas centrales corresponden exclusivamente a proyectos *onshore* (anexo 8.1).

Tabla 3-6: Centrales eólicas en Chile, a octubre de 2020.

Etiquetas de fila	En Operación			En Pruebas		
	Potencia neta (MW)		Cantidad	Potencia neta (MW)		Cantidad
SEN	1.998,24	99,72%	34	136,28	100,00%	2
SEA	3,12	0,16%	4	-	0,00%	0
SEM	2,55	0,12%	3	-	0,00%	0
Total general	2.003,91	100,00%	39	136,28	100,00%	4

Fuente: Elaboración propia, basado en CNE, 2019.

3.5. Sección final

Determinar las zonas aptas para el emplazamiento de parques eólicos requiere integrar los datos de vientos con las restricciones propias de los proyectos, para así facilitar el diseño de parques, filtrando a priori los sectores aptos para ello. Los criterios a utilizar se suelen escoger en función de las prioridades de interés en cada zona de estudio.

El criterio principal es el meteorológico y geográfico, conjugando los datos de viento con las características tanto de geomorfología como de uso y características de superficie, identificando las zonas que cumplen con las características técnicas necesarias (Latinopoulos y Kechagia, 2015; Cristea & Jocea, 2016), considerando en algunos casos una ponderación diferenciada para distintas variables geográficas y meteorológicas (Noorollahi y Mohammadi, 2016).

Cavazzi y Dutton (2016) han integrado esta información con la evaluación de la rentabilidad de proyectos a priori, generando un modelo más complejo para el caso específico de Reino Unido, llamado OWE-GIS. Este modelo combina las variables de costo propias de estos proyectos el conocimiento sobre las áreas disponibles, y así determinar los mejores sitios para la instalación de parques eólicos tanto a futuro como en el presente, considerando los costos de construcción, operación y mantenimiento, así como la vida útil de los proyectos y los vientos disponibles. Para ello, se trabajó sobre el polígono que determina la zona exclusiva para el desarrollo de energías renovables de Reino Unido, sobreponiendo en un SIG las zonas de exclusión técnicas y políticas, relacionadas con parques eólicos existentes, infraestructura y cableado submarino, áreas de anclaje y zonas de protección. De esta manera, obtuvieron las zonas disponibles para la instalación de parques eólicos *offshore*. Luego se aplicó a estas zonas la estimación de costos de inversión y de operación, considerando entre otros factores, la distancia con respecto a la costa

(relacionado con la longitud de cable necesario para conectar a la red eléctrica) y de mano de obra, así como la ganancia por la generación eléctrica estimada.

Por otra parte, Akbari *et al.* (2017) considera los criterios de instalación de infraestructura portuaria, pues ésta facilitaría la instalación de parques eólicos *offshore*, dado que podría disminuir los costos de transporte de piezas y partes para la instalación de turbinas, abaratando costos de construcción.

Gigović *et al.* (2017) establece el modelo GIS-DANP-MABAC para el análisis espacial multicriterio de zonas para parques eólicos *offshore*, combinado tanto los datos geográficos como las preferencias para la toma de decisiones, de cuatro fases:

- **Fase 1: estudios preliminares.** Determina el problema, área de estudio, restricciones y criterios a considerar para la aptitud de la ubicación, con la participación de especialistas de las áreas de energía, planificación territorial, economía y medio ambiente.

Una vez determinado el problema y su área de estudio, deben establecerse las restricciones a considerar (Tabla 3-7), y luego, sobre las zonas obtenidas se deben determinar los criterios a evaluar (Tabla 3-8), los cuales pueden ser de carácter ambiental, espacial, social y técnica.

- **Fase 2: coleccionar y transformar datos a formato digital.** Los datos provienen principalmente de cartografía existente, planes e informes

estadísticos, así como de información obtenida en terreno. Comúnmente se convierten en formato ráster y a una misma resolución, de manera que el área de estudio se analiza -en píxeles.

- **Fase 3: elaboración de un mapa de restricciones y evaluación de criterios.** Dadas las restricciones establecidas en la primera fase, para cada una se obtiene un mapa con las zonas aptas y no aptas para la instalación de parques *offshore*. Dichos mapas se unen para conseguir una vista de todas las zonas disponibles. Luego, se evalúa la ponderación o peso de cada criterio con respecto al total de éstos, asignándole un valor de importancia cada uno de los criterios establecidos en la primera fase. Posteriormente, éstos son evaluados en las zonas aptas con un puntaje en escala continua, para determinar qué sitios son más deseables bajo ese criterio. Finalmente, los criterios evaluados y ponderados se unen para generar un mapa con las zonas disponibles y su aptitud bajo este análisis multicriterio.

Tabla 3-7: Restricciones utilizadas por Gigović *et al.*, 2017.

Restricción	Descripción	Valoración	
		0	1
(C1)	Velocidad del viento (promedio)	< 3,5 m/s	≥ 3,5 m/s
(C2)	Uso/cobertura de suelo	Superficie artificial, áreas húmedas o cuerpos de agua	Otros
(C3)	Áreas urbanas (buffer 500m)	Dentro de buffer	Fuera de buffer
(C4)	Áreas protegidas (buffer 2.000m)	Dentro de buffer	Fuera de buffer
(C5)	Red eléctrica (buffer 200m)	Dentro de buffer	Fuera de buffer

Restricción	Descripción	Valoración	
		0	1
(C6)	Pendiente	> 7%	≤ 7%
(C7)	Caminos (buffer 200m)	Dentro de buffer	Fuera de buffer
(C8)	Redes de telecomunicaciones (buffer 250m)	Dentro de buffer	Fuera de buffer
(C9)	Aeropuertos (buffer 3.000m)	Dentro de buffer	Fuera de buffer
(C10)	Sitios turísticos (buffer 1.000m)	Dentro de buffer	Fuera de buffer
(C11)	Instalaciones militares (buffer 5.000m)	Dentro de buffer	Fuera de buffer

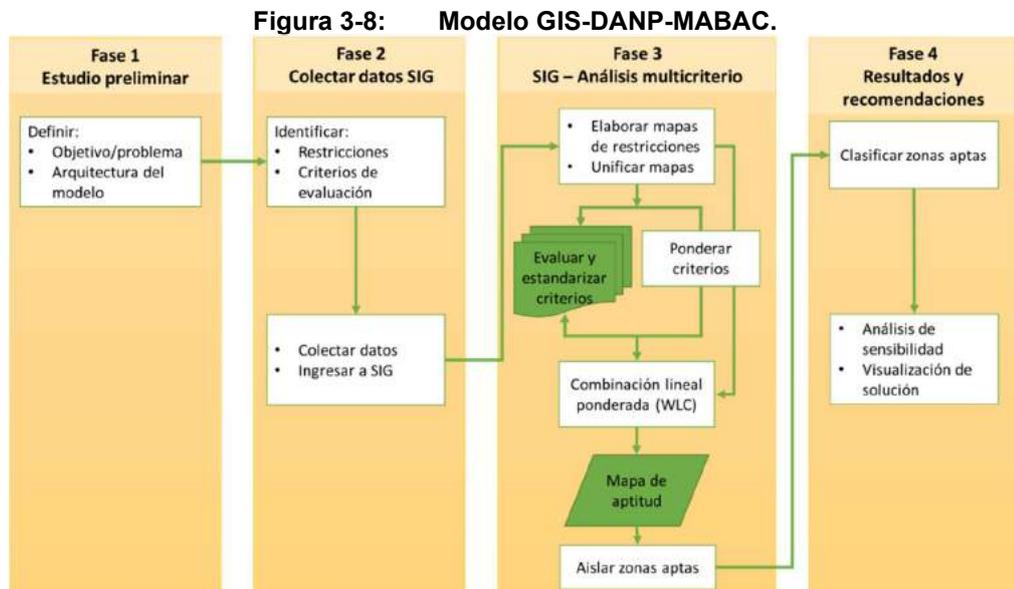
Fuente: Elaboración propia, basado en Gigović *et al.*, 2017.

Tabla 3-8: Evaluación de criterios utilizadas por Gigović *et al.*, 2017.

Criterio	Descripción	Nivel de aptitud							
		1 Muy baja	2 Baja	3 Moderada baja	4 Moderada	5 Moderada alta	6 Alta	7 Muy alta	
Ambiental	En1	Velocidad promedio del viento (m/s)	3,5 – 4,0	-	4,1 – 4,5	-	4,6 – 5,0	-	> 5,0
	En2	Uso/cobertura de suelo (código de tipo)	221, 222	211	242	243	324	321, 331	231
	En3	Distancia de áreas urbanas (m)	500 – 1.000	1.001 – 1.500	1.001 – 1.500	1.501 – 2.500	2.501 – 3.000	3.001 – 3.500	> 5.000
	En4	Distancia de áreas protegidas (m)	2.000 – 2.500	2.501 – 3.000	3.001 – 3.500	3.501 – 4.000	4.001 – 4.500	4.501 – 5.000	> 5.000
Económico	Ec1	Distancia de redes eléctricas (m)	> 2.000	1.701 – 2.000	1.401 – 1.700	1.101 – 1.400	801 – 1.100	501 – 800	200 – 500
	Ec2	Pendiente (%)	6 – 7	5 – 5,9	4 – 4,9	3 – 3,9	2 – 2,9	1 – 1,9	<1
	Ec3	Distancia de red vial primaria (m)	> 2.000	1.701 – 2.000	1.401 – 1.700	1.101 – 1.400	801 – 1.100	501 – 800	200 – 500
	Ec4	Orientación	W	NW	SW	N, S	NE	SE, llano	E
Social	Soc1	Distancia a redes de telecomunicaciones (m)	250 – 500	501 – 750	751 – 1.000	1.001 – 1.250	1.251 – 1.500	1.5001 – 2.000	> 2.000
	Soc2	Distancia de infraestructura turística (m)	1.001 – 1.500	1.501 – 2.000	2.001 – 2.500	2.501 – 3.000	3.001 – 3.500	3.501 – 4.000	> 4.000
	Soc3	Densidad poblacional (hab/km ²)	> 110	90 – 110	70 – 90	50 – 70	30 – 50	10 – 30	< 10

Fuente: Elaboración propia, basado en Gigović *et al.*, 2017.

- Fase 4: ordenar y clasificar las zonas disponibles**, de acuerdo con los valores obtenidos por aptitud multicriterio. Para ello se realizan análisis de sensibilidad al modelo, y se obtiene un mapa que permite visualizar este ranking. Gigović *et al.* (2017) proponen determinar los pesos de las variables normalizadas utilizando DANP-MABAC, un híbrido de los métodos DEMATEL (*Decision Making Trial and Evaluation Laboratory*), ANP (*Analytic Network Process*), y MABAC (*Multi-Attributive Border Approximation Area Comparison*), para analizar la sensibilidad del modelo variando los pesos relativos de los criterios. Finalmente, se podrán visualizar los resultados tanto en cartografía SIG como en tablas, gráficos, u otros que puedan aplicar.



Fuente: Elaboración propia, basado en Gigović *et al.*, 2017.

4. MATERIALES Y METODOLOGÍA

La metodología a utilizar se basa en el estudio de Gigović *et al.* (2017), adaptado para el trabajo en SIG, con insumos en formato *shape* y *ráster*, y acotado a la información que, a la fecha, se ha publicado para la realidad de Chile. El acápite 4.2 presenta la metodología aplicada en el presente trabajo.

4.1. Materiales

Con respecto a la información del viento, se trabajará con las imágenes utilizadas por Mattar y Guzmán-Ibarra (2017). Por otra parte, las restricciones serán definidas mediante coberturas en formato *shape*, publicadas en el sitio “Infraestructura de Datos Geoespaciales de Chile” (IDE), o en caso de ser necesario, obtenidas mediante solicitud de transparencia.

4.1.1. Coberturas vectoriales

Se ha utilizado información oficial de las distintas entidades públicas del país, disponible en el sitio “Infraestructura de Datos Geoespaciales de Chile” (IDE), tanto para determinar el área de estudio como para definir los criterios de restricción en formato vectorial.

4.1.1.1. Área de estudio

El área de estudio abarca una distancia de 100 km desde la costa de la región de Coquimbo hacia el poniente. La capa *shape* se ha elaborado

mediante un buffer lineal de 100 km de la cobertura “Región” de la información publicada por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE).

4.1.1.2. Criterios de restricción

Los criterios de restricción son aquellos atributos que se utilizarán para determinar la aptitud eólica de un sitio *offshore*. Primeramente, para cada atributo se definirá un valor con el que se calificará si un sitio es apto para el emplazamiento de un parque eólico *offshore* (valor de aptitud igual a 1), distinguiéndolo de los sitios no aptos (valor de aptitud igual a 0).

La superposición de las capas de atributo valoradas por aptitud permitirá identificar y obtener sitios en los que todos los atributos tengan valor de aptitud igual a 1: este resultado se presentará en una capa llamada “Sitios aptos”.

Para efectos del presente estudio, se han escogido seis atributos, de los cuales cinco corresponden a restricciones normativas en formato *shape*:

- **Áreas protegidas costeras *onshore***. Obtenidas de las coberturas publicadas en el sitio Registro de Áreas Protegidas (BDRDAP), corresponde.
- **Áreas protegidas *offshore***. Obtenidas de la cobertura Áreas marinas protegidas (AMP), publicada por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA).
- **Áreas urbanas costeras**. Obtenidas a partir de la “Cartografía Censo 2017 Región de Coquimbo”, del Instituto Nacional de Estadísticas (INE).

- **Caletas pesqueras artesanales.** Obtenidas de la cobertura “Caletas Pesqueras Artesanales Decretadas 2017”, del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA).

4.1.2. Imágenes ráster

Las imágenes a trabajar presentan la magnitud de la velocidad del viento a 10 m.s.n.m., con resolución de $0,125^{\circ} \times 0,125^{\circ}$, y contienen los valores promedio mensuales del período 1979 a 2014, resolución temporal de 3 horas.

Cada píxel corresponde a una velocidad determinada, por lo que se aislarán aquellos que cumplan con un valor mínimo de 3,5 m/s.

4.2. Metodología

Para el logro de los objetivos específicos, se ha adaptado el modelo GIS-DANP-MABAC de Gigović *et al.* (2017), contemplando dos etapas para resolver los objetivos específicos planteados.

4.2.1. Etapa 1: Identificar criterios relacionados con la aptitud eólica de un sitio *offshore*.

La etapa 1, correspondiente a la fase 1 y parte de la fase 2 del modelo propuesto por Gigović *et al.* (2017), responde al objetivo 1 de este trabajo. Se trata de determinar los criterios de restricción relacionados con la aptitud eólica de un sitio *offshore*, e identificar los recursos disponibles.

La bibliografía revisada contempla criterios asociados a la protección del medio biótico (áreas protegidas por normativa), del medio humano (calidad de vida y actividades económicas) y a la factibilidad técnica para las turbinas eólicas. Cabe señalar que se tratan principalmente de estudios para parques *onshore*, por lo que se han revisado dichos aspectos en la región de Coquimbo, adaptados a las condiciones *offshore*.

4.2.2. Etapa 2: Construir un modelo SIG multicriterio para determinar la aptitud de sitios.

Una vez identificadas las zonas de restricción, se evaluará la aptitud de las zonas aptas (no restringidas) utilizando una puntuación en escala 1 a 7. La ponderación de criterios se realizará mediante proceso de jerarquía analítica (AHP por sus siglas en inglés, *Analytic Hierarchy Process*), contemplando tres escenarios, correspondientes a distintos posibles enfoques de evaluación, de acuerdo a la metodología AHP de comparación pareada de criterios, propuesta por Saaty (1994), donde se evalúa de 1 a 9 la preferencia de un criterio (“P”) con respecto a otro criterio (“Q”):

Tabla 4-1: Escala de Saaty para la comparación pareada entre criterios “P” y “Q”.

Valor	Descripción
1	El criterio P es igual de preferible que el criterio Q
2	El criterio P es entre igualmente y moderadamente preferible sobre el criterio Q
3	El criterio P es moderadamente preferible sobre el criterio Q
4	El criterio P es entre moderadamente y fuertemente preferible sobre el criterio Q
5	El criterio P es fuertemente preferible sobre el criterio Q
6	El criterio P es entre fuertemente y muy fuertemente preferible sobre el criterio Q
7	El criterio P es muy fuertemente preferible sobre el criterio Q
8	El criterio P es entre muy fuertemente y extremadamente preferible sobre el criterio Q
9	El criterio P es extremadamente preferible sobre el criterio Q

Fuente: Elaboración propia, basada en Saaty, 1994.

Considerando la escala de Saaty, se genera una matriz de comparación pareada A:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad \text{Donde} \quad \begin{aligned} a_{ij} &= \text{criterio } C_i \text{ sobre } C_j \\ a_{ji} &= \frac{1}{a_{ij}} \\ i = j &\Rightarrow a_{ij} = 1 \end{aligned}$$

La tabla de comparación pareada ente criterios es llevada a una matriz N, de comparación pareada normalizada en función de sus columnas:

$$N = \begin{bmatrix} n_{11} & \dots & n_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ n_{n1} & \dots & n_{nn} \end{bmatrix}, \quad \text{donde } n_{i1} = \frac{a_{i1}}{\sum a_{i1}}, n_{i2} = \frac{a_{i2}}{\sum a_{i2}}, \dots, n_{in} = \frac{a_{in}}{\sum a_{in}}$$

A partir de esta matriz se obtiene un vector de ponderación W:

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} \\ \vdots \\ w_{n1} \end{bmatrix}, \quad \text{donde } w_{n1} = \frac{\sum n_{nj}}{n}$$

Y de este modo, de obtiene el valor de ponderación para cada criterio, donde w_{i1} es el peso relativo del criterio C_i .

Para corroborar la consistencia de la ponderación obtenida, se estimará la tasa de consistencia (TC): si ésta es mayor a 0,1 se deberá rectificar la matriz de comparación A, reevaluando la comparación pareada entre criterios.

$$TC = \frac{IC}{IA}$$

Donde:

IC: Índice de consistencia (IC)

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad \lambda_{max} = S \cdot W$$

S: Vector suma de columnas de matriz de comparación pareada A

$$S = [\sum a_{i1} \quad \sum a_{i2} \quad \dots \quad \sum a_{in}]$$

IA: Índice aleatorio de consistencia, definido por Saaty (1994):

Tabla 4-2: Índice aleatorio de consistencia según cantidad de alternativas.

N° de alternativas	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IA	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,58

Fuente: Elaboración propia, basada en T. Saaty, 1994.

A partir de la evaluación multicriterio se obtendrán dos productos para cada modelo:

Cartografía de zonas aptas para parques *offshore*. Se obtendrán zonas aptas de tipo preliminar, y su respectiva evaluación de acuerdo al modelo elaborado. Cabe señalar que, dada la poca información existente a la fecha, los resultados del presente trabajo no son concluyentes para la instalación de parques, sino que revisten carácter de prueba del modelo obtenido.

Modelo de proceso en SIG para la evaluación multicriterio de sitios aptos para parques *offshore*. La principal característica de este modelo es la capacidad de incluir nuevos criterios, en la medida que se genere más información relacionada a criterios útiles para este tipo de proyectos.

5. RESULTADOS

5.1. Etapa 1: Identificar criterios relacionados con la aptitud eólica de un sitio *offshore*

5.1.1. Criterios asociados al medio biótico

De acuerdo al Registro Nacional de Áreas Protegidas, las comunas costeras de la región de Coquimbo presentan 18 Áreas protegidas, bajo distintas categorías, según presenta la tabla 5-1 y el anexo 8.2.

Tabla 5-1: Áreas protegidas en comunas costeras de la región de Coquimbo.

ID	Designación	Nombre	Comuna
WDPA-064	Reserva Marina	Islas Choros - Damas	La Higuera
WDPA-115	Reserva Nacional	Pingüino de Humboldt	La Higuera
WDPA-033	Parque Nacional	Bosque Fray Jorge	Ovalle
WDPA-181	Santuario de la Naturaleza	Humedales de Tongoy	Los Vilos
WDPA-122	Santuario de la Naturaleza	Laguna Conchalí	Los Vilos
BNP-016	Bien Nacional Protegido (BNP)	Humedales de Tongoy	Coquimbo
ICP-119	Iniciativa de Conservación Privada (ICP)	Santuario de la Naturaleza y sitio Ramsar Laguna Conchalí	Los Vilos
RAM-014	Sitio Ramsar	Humedales Costeros de la Bahía Tongoy	Coquimbo
RAM-009	Sitio Ramsar	Laguna Conchalí	Los Vilos
RAM-013	Sitio Ramsar	Las Salinas de Huentelauquén	Canela
SP1-008	Sitio Prioritario (Ley 19.300 art. 11, letra d)	Punta Teatinos-Caletas Hornos/Sector costero al Norte de la Serena	La Higuera
SP1-009	Sitio Prioritario (Ley 19.300 art. 11, letra d)	Red de Humedales Costeros de Comuna de Coquimbo	La Serena

ID	Designación	Nombre	Comuna
SP2-027	Sitio Prioritario (Estrategia Regional de Biodiversidad)	Desembocadura Río Choapa	La Higuera
SP1-011	Sitio Prioritario (Ley 19.300 art. 11, letra d)	Cerro Santa Inés y Costa de Pichidangui	La Serena
SP1-012	Sitio Prioritario (Ley 19.300 art. 11, letra d)	Reserva Marina Punta Choros	Los Vilos
SP2-028	Sitio Prioritario (Estrategia Regional de Biodiversidad)	Desembocadura Río Quilimarí	Ovalle
SP2-124	Sitio Prioritario (Estrategia Regional de Biodiversidad)	Chañaral de Aceituno (Ampliación Reserva Marina)	Canela
SP2-026	Sitio Prioritario (Estrategia Regional de Biodiversidad)	Desembocadura Río Limarí	Los Vilos

Fuente: Base de datos del Registro Nacional de Áreas Protegidas.

A partir de esta información, es posible distinguir dos tipos de áreas protegidas: las áreas *offshore*, las cuales abarcan superficie oceánica, asociadas a las áreas marinas protegidas, y las áreas *onshore*, emplazadas en el borde costero continental.

5.1.1.1. Áreas protegidas costeras *onshore*

Las áreas costeras *onshore* se conforman por áreas protegidas designadas como Reservas Nacionales, Parques Nacionales, Santuarios de la Naturaleza, y Sitios Prioritarios, así como por áreas declaradas (Tabla 5-2).

Tabla 5-2: Áreas protegidas costeras en la región de Coquimbo.

ID	Designación	Nombre	Comuna	Objeto(s) de protección
WDPA-115	Reserva Nacional	Pingüino de Humboldt	La Higuera	Proteger el hábitat natural de la fauna marina Decreto de creación, 1990
WDPA-033	Parque Nacional	Bosque Fray Jorge	Ovalle	Proteger, preservar y contribuir a la recuperación de los ecosistemas existentes, especialmente aquellas especies o ensambles de especies con problemas de conservación Plan de manejo, 1998
WDPA-181	Santuario de la Naturaleza	Humedales de Tongoy	Los Vilos	Ecosistema de humedales costeros mediterráneos semiáridos y hábitat de especies de avifauna, y en particular de especies de aves migratorias Decreto 2, 2018
WDPA-122	Santuario de la Naturaleza	Laguna Conchalí	Los Vilos	Conservación de los fenómenos zoológicos, botánicos y ecológicos Ley 17.288, artículo 31
BNP-016	Bien Nacional Protegido (BNP)	Humedales de Tongoy	Coquimbo	Conservación del ecosistema de humedales costeros mediterráneos semiáridos y hábitat de aves migratorias Decreto ex. 147, 2007
RAM-014	Sitio Ramsar	Humedales Costeros de la Bahía Tongoy	Coquimbo	No definido.
RAM-009	Sitio Ramsar	Laguna Conchalí	Los Vilos	No definido.
RAM-013	Sitio Ramsar	Las Salinas de Huentelauquén	Canela	No definido.

ID	Designación	Nombre	Comuna	Objeto(s) de protección
SP1-008	Sitio Prioritario (Ley 19.300 art. 11, letra d)	Punta Teatinos-Caleta Hornos/Sector costero al Norte de la Serena	La Higuera	No definido.
SP1-009	Sitio Prioritario (Ley 19.300 art. 11, letra d)	Red de Humedales Costeros de Comuna de Coquimbo	La Serena	No definido.
SP1-011	Sitio Prioritario (Ley 19.300 art. 11, letra d)	Cerro Santa Inés y Costa de Pichidanguí	La Serena	No definido.
SP1-012	Sitio Prioritario (Ley 19.300 art. 11, letra d)	Reserva Marina Punta Choros	Los Vilos	No definido.
ICP-119	Iniciativa de Conservación Privada (ICP)	Santuario de la Naturaleza y sitio Ramsar Laguna Conchali	Los Vilos	Investigación, Uso turístico, Provisión de bienes y servicios ecosistémicos
SP2-027	Sitio Prioritario (Estrategia Regional de Biodiversidad)	Desembocadura Río Choapa	La Higuera	No definido.
SP2-028	Sitio Prioritario (Estrategia Regional de Biodiversidad)	Desembocadura Río Quilimarí	Ovalle	No definido.
SP2-124	Sitio Prioritario (Estrategia Regional de Biodiversidad)	Chañaral de Aceituno (Ampliación Reserva Marina)	Canela	No definido.
SP2-026	Sitio Prioritario (Estrategia Regional de Biodiversidad)	Desembocadura Río Limarí	Los Vilos	No definido.

Fuente: Base de datos del Registro Nacional de Áreas Protegidas.

5.1.1.2. Áreas protegidas *offshore*

Las Áreas Marinas Protegidas (AMP) persiguen objetivos específicos de conservación y/o preservación de la biodiversidad marítima. Se definen por el interés de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) para la conservación y gestión sustentable de la biodiversidad marina. Las AMP se determinan a través de antecedentes biológicos y en conjunto con otras partes interesadas, y están bajo la tuición del Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). En la región de Coquimbo se identifican dos AMP:

- **Isla Chañaral** (DS N°150/2005 Ministerio De Economía, Fomento y Reconstrucción). El objeto de la reserva marina es conservar y proteger los ambientes marinos representativos de la Isla Chañaral, asegurando el equilibrio y la continuidad de los procesos bio-ecológicos a través del manejo y uso sustentable de la biodiversidad y el patrimonio natural. Si bien esta área pertenece administrativamente a la Región de Atacama, se ubica dentro del área de estudio, por lo que será considerada.
- **Islas Choros – Damas** (WDPA-064 en el Registro de Áreas Protegidas). La declaratoria del DS N°151/2005 establece como objetivo conservar y proteger los ambientes marinos representativos del sistema insular constituido por Isla Choros e Isla Damas, asegurando el equilibrio y la continuidad de los procesos bio-ecológicos a través del manejo y uso sustentable de la biodiversidad y el patrimonio natural.

Las AMP persiguen objetivos específicos de conservación y/o preservación de la biodiversidad marítima, por lo que se considerará apta el área fuera de las AMP **Isla Chañaral** e **Islas Choros – Damas**, de manera que se asegure no afectar los ambientes marinos representativos del sistema insular constituido por Isla Choros e Isla Damas.

5.1.2. Criterios asociados al medio humano

Dentro de los criterios asociados al medio humano, se han considerado las áreas urbanas emplazadas en la costa y las caletas artesanales reconocidas por decreto, contemplando de este modo los receptores sensibles al impacto, ya sea dentro de la dimensión geográfica, demográfica, bienestar social básico, antropológica y/o socioeconómica, del medio humano, reconocidas el Reglamento del SEIA (2013). El emplazamiento de éstas se ilustra en el anexo 8.3.

5.1.2.1. Áreas urbanas costeras

Las áreas urbanas costeras en general no sufren de cambios significativos sobre su modo de vida producto de un parque eólico, salvo por el efecto del ruido de las turbinas y los efectos de la sombra generada tanto por la estructura como por el movimiento de las aspas (efecto parpadeo). Además, de acuerdo a la Guía de Evaluación de Impacto Ambiental Valor Paisajístico en el SEIA (SEIA 2019), la vista al mar puede ser considerada un atributo biofísico de valor para el paisaje, de calidad visual destacada.

Por otra parte, el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) ha publicado la cartografía asociada a los resultados definitivos del Censo 2017, donde se presenta la información georreferenciada a distintos niveles de desagregación territorial. Esta cartografía contiene la capa “LIMITE_URBANO_CENSAL_C17.shp”, con la que se trabajará como base. Se deben seleccionar los asentamientos ubicados en el borde costero de la región, y aplicar el buffer definido.

Con base en la Guía de Evaluación de Impacto Ambiental Valor Paisajístico en el SEIA (SEIA 2019), se considera que la vista al mar puede ser considerada un atributo biofísico de valor para el paisaje, de calidad visual destacada. Dicha guía sugiere además contemplar una visibilidad máxima de 3 km, por lo que se utilizará ese valor como buffer desde las áreas urbanas costeras.

5.1.2.2. Caletas Pesqueras Artesanales Decretadas 2017

Las caletas artesanales son unidades productivas, económicas, sociales y culturales en la que se desarrollan labores propias de la actividad pesquera artesanal y otras relacionadas directa o indirectamente con la pesca artesanal. La habilitación de una caleta pesquera para este fin es gestionada por el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) regional, mediante una solicitud a las autoridades de la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas del Ministerio de Defensa Nacional si se trata de la destinación de una parte del borde costero, o bien, al Ministerio de Bienes Nacionales la destinación gratuita de terrenos

fiscales colindantes. Dicha destinación tiene una duración de 30 años, y persigue potenciar el desarrollo integral y armónico de las caletas artesanales.

Esta cobertura, publicada por SERNAPESCA, abarca las caletas pesqueras decretadas más representativas ubicadas desde la Región de Arica Parinacota a la Región del Libertador Bernardo O'Higgins. En la región de Coquimbo se registran dos sectores:

- **Punta Choros B (Los Corrales)** (Decreto 514/11, del 04/08/2011). Permite actividades agrícolas y turísticas.
- **Guaqueros** (Decreto 204/16, del 15/04/2016). Permite actividades comerciales y turísticas.

El presente estudio contempla un área de restricción en torno a estas caletas, de manera que la instalación de un parque eólico *offshore* no perjudique las actividades actuales o potenciales.

Las actividades permitidas en las caletas habilitadas **Punta Choros B Los Corrales** y **Guaqueros** corresponden a todas aquellas labores vinculadas con el desarrollo de las actividades pesqueras extractivas y de transformación, de pesca recreativa y de acuicultura de pequeña escala, así como otras actividades productivas, comerciales, culturales o de apoyo, relacionadas directa o indirectamente con la pesca, tales como turismo, puestos de venta de productos del mar y puestos de artesanía local, de gastronomía y estacionamientos.

5.1.3. Criterios asociados a aspectos técnicos

5.1.3.1. Velocidad promedio del viento

Las turbinas eólicas requieren de una velocidad de viento mínima para su operación, por lo que se consideran las áreas en que el promedio anual de velocidad es igual o superior a 3,5 m/s.

Dado que se trata de medias mensuales, el criterio “velocidad del viento” se desarrolla sobre un promedio anual de éstas.

5.1.4. Puntuación de criterios

La Tabla 5-3 presenta los cinco criterios seleccionados en el acápite 4.2.1, y el área de restricción para cada uno de ellos.

Tabla 5-3: Restricciones por atributo.

Restricción	Descripción	Formato	Fuente	Área de restricción
(C1)	Áreas protegidas <i>onshore</i>	Vectorial (SHP)	Base de Datos Registro de Áreas Protegidas (BDRDAP)	Dentro de buffer 1.000 m
(C2)	Áreas protegidas <i>offshore</i>	Vectorial (SHP)	Base de Datos Registro de Áreas Protegidas (BDRDAP)	Dentro de buffer 1.000 m
(C3)	Caletas pesqueras artesanales	Vectorial (SHP)	Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA)	Dentro de buffer 3.000 m
(C4)	Áreas urbanas costeras	Vectorial (SHP)	Instituto Nacional de Estadísticas (INE)	Dentro de buffer 3.000 m
(C5)	Velocidad promedio del viento	Ráster (TIF)	A techno-economic assessment of <i>offshore</i> wind energy in Chile Cristian Mattar, María Cristina Guzmán-Ibarra	< 3,5 m/s

Fuente: Elaboración propia, 2019.

El criterio C5 se trata de un *ráster* con tamaño de celda definido, el cual ha sido reclasificado, para obtener valores en una escala de 1 a 7. Los criterios C1, C2, C3 y C4, elaborados en coberturas vectoriales, se han *rásterizado*, cuidando que el tamaño de celda sea igual al del criterio C4, y de este modo, las cuatro coberturas sean comparables entre sí. La tabla 5-4 presenta la escala de puntaje y el rango equivalente de cada criterio.

Tabla 5-4: Puntaje de aptitud de criterios.

Puntaje	Aptitud	(C1) (m)	(C2) (m)	(C3) (m)	(C4) (m/s)	(C5) (m/s)
1	Muy baja	≤ 5.000	≤ 5.000	≤ 10.000	≤ 5.000	≤ 4,0
2	Baja	5.001 – 10.000	5.001 – 10.000	10.001 – 15.000	5.001 – 10.000	4,1 - 4,5
3	Moderadamente baja	10.001 – 15.000	10.001 – 15.000	15.001 – 20.000	10.001 – 15.000	4,6 - 5,0
4	Moderada	15.001 – 20.000	15.001 – 20.000	20.001 – 25.000	15.001 – 20.000	5,1 - 5,5
5	Moderadamente alta	20.001 – 25.000	20.001 – 25.000	25.001 – 30.000	20.001 – 25.000	5,6 – 6,0
6	Alta	25.001 – 30.000	25.001 – 30.000	30.001 – 35.000	25.001 – 30.000	6,1 - 6,5
7	Muy alta	> 30.000	> 30.000	> 35.000	> 30.000	> 6,5

Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.2. Etapa 2: Construir un modelo SIG multicriterio para determinar la aptitud de sitios

Una vez obtenidos los *ráster* de los criterios considerados, se han ponderado y evaluado mediante la herramienta “calculadora *ráster*”, probando distintas ponderaciones.

5.2.1. Modelación de escenarios

5.2.1.1. Escenario E1: Equivalencia

El primer escenario considera igual ponderación para los cuatro criterios, como se presenta en la siguiente matriz de comparación:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \quad S = [5 \quad 5 \quad 5 \quad 5 \quad 5]$$

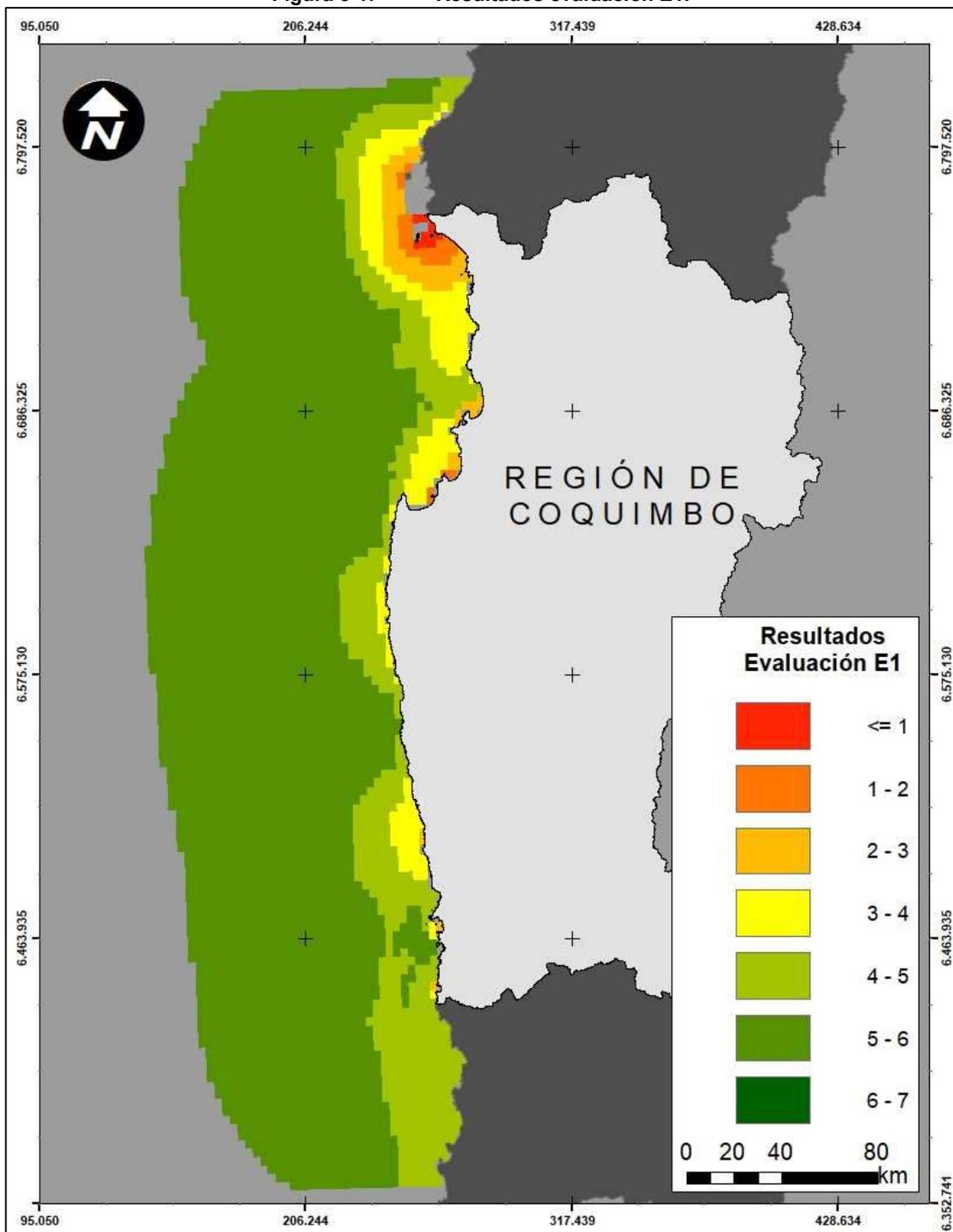
$$N = \begin{bmatrix} 0,220 & 0,20 & 0,20 & 0,20 & 0,20 \\ 0,20 & 0,20 & 0,20 & 0,20 & 0,20 \\ 0,20 & 0,20 & 0,20 & 0,20 & 0,20 \\ 0,20 & 0,20 & 0,20 & 0,20 & 0,20 \\ 0,20 & 0,20 & 0,20 & 0,20 & 0,20 \end{bmatrix}, \quad W = \begin{bmatrix} 0,20 \\ 0,20 \\ 0,20 \\ 0,20 \\ 0,20 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{max} = 5,00$$

Dados los valores anteriores, las variables el índice de consistencia IC es igual a cero, por lo que la tasa de consistencia TC es cero, y del mismo modo, la consistencia es absoluta.

Utilizando los valores de ponderación del vector W, se obtiene el *ráster* presentado en la figura 5-1, y su respectiva tabla de atributos (anexo 8.4).

Figura 5-1: Resultados evaluación E1.



Fuente: elaboración propia, 2019.

5.2.1.2. Escenario E2: Medio humano

El escenario con enfoque en el medio humano implica mayor prioridad a los criterios asociados a las áreas urbanas costeras y a las caletas artesanales pesqueras, con objeto de proteger la calidad de vida y las actividades económicas de la población (criterios C3 y C4).

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2,000 & 0,500 & 0,250 & 3,000 \\ 0,500 & 1 & 0,143 & 0,125 & 0,333 \\ 2,000 & 7,000 & 1 & 2,000 & 7,000 \\ 4,000 & 8,000 & 0,500 & 1 & 5,000 \\ 0,333 & 3,000 & 0,143 & 0,200 & 1 \end{bmatrix}$$

$$S = [7,833 \quad 21,000 \quad 2,286 \quad 3,575 \quad 16,333]$$

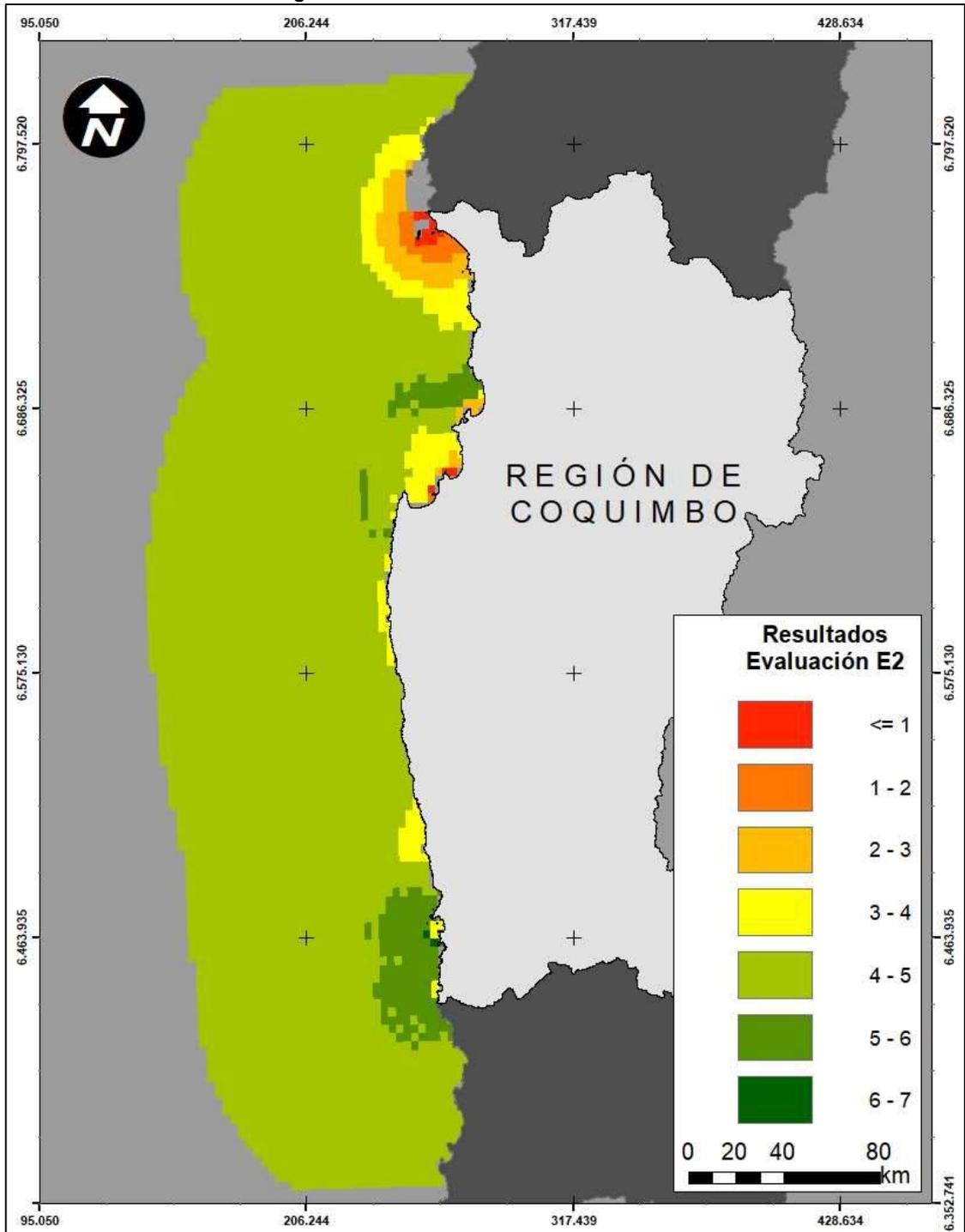
$$N = \begin{bmatrix} 0,128 & 0,095 & 0,219 & 0,070 & 0,184 \\ 0,064 & 0,048 & 0,062 & 0,035 & 0,020 \\ 0,255 & 0,333 & 0,437 & 0,559 & 0,429 \\ 0,511 & 0,381 & 0,219 & 0,280 & 0,306 \\ 0,043 & 0,143 & 0,063 & 0,056 & 0,061 \end{bmatrix}, \quad W = \begin{bmatrix} 0,139 \\ 0,046 \\ 0,403 \\ 0,339 \\ 0,073 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{max} = 5,38$$

En este escenario las variables IC y IA son 0,095 y 1,11, por lo que la tasa de consistencia TC es de 0,99, por lo que la evaluación es consistente.

Utilizando los valores de ponderación del vector W, se obtiene el producto cartográfico presentado en la figura 5-2, y los atributos presentados en el anexo 8.5.

Figura 5-2: Resultados evaluación E2.



Fuente: elaboración propia, 2019.

5.2.1.3. Escenario E3: Medio biótico

Este escenario considera mayor importancia a los criterios asociados a las áreas protegidas ambientalmente, con respecto a otros aspectos, dada la relevancia ecosistémica de sus objetos de protección.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1,000 & 4,000 & 5,000 & 4,000 \\ 1,500 & 1 & 2,000 & 3,000 & 5,000 \\ 0,250 & 0,500 & 1 & 1,000 & 3,000 \\ 0,200 & 0,333 & 1,000 & 1 & 5,000 \\ 0,250 & 0,200 & 0,333 & 0,200 & 1 \end{bmatrix}$$

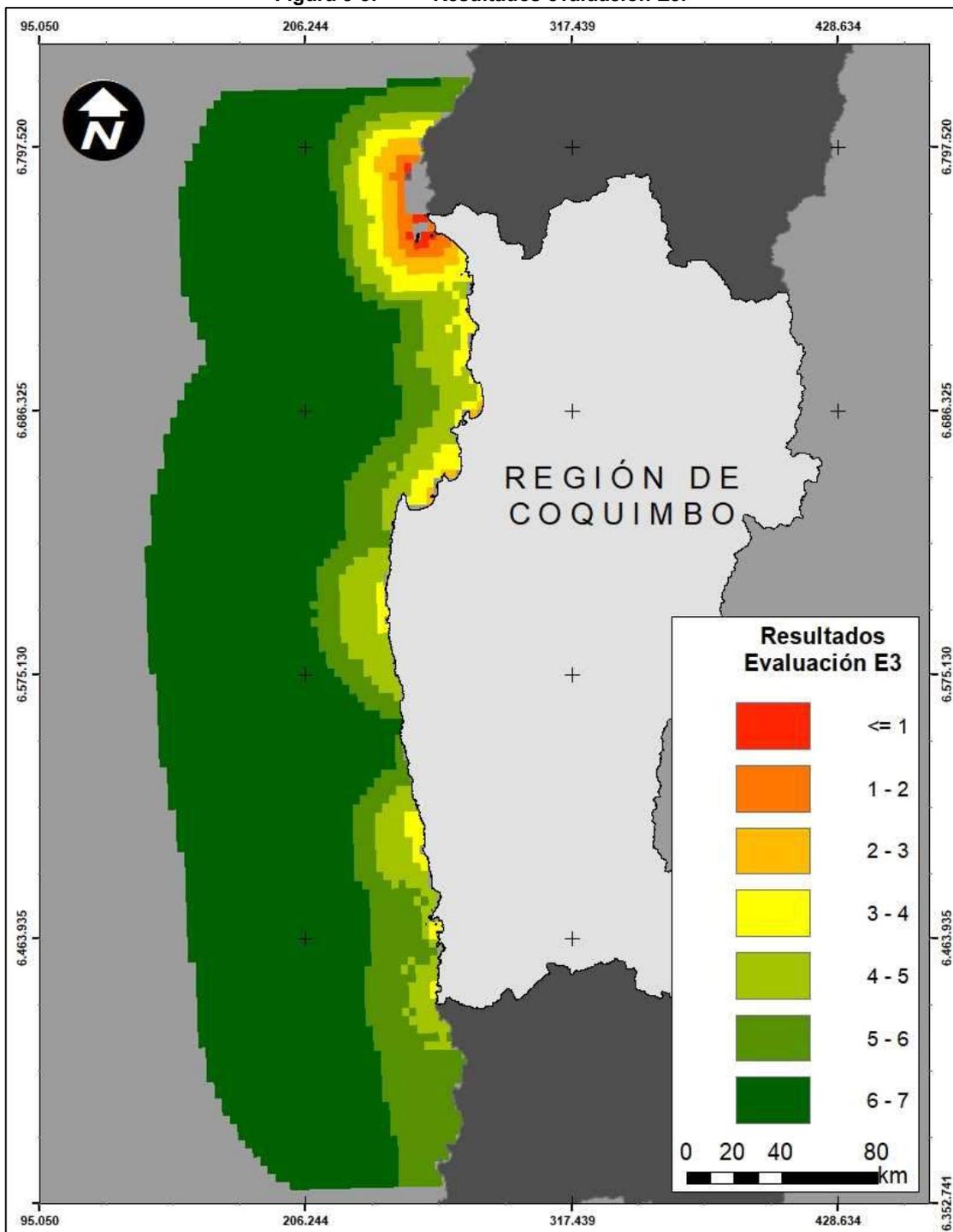
$$S = [2,700 \quad 3,033 \quad 8,333 \quad 10,200 \quad 18,000]$$

$$N = \begin{bmatrix} 0,370 & 0,330 & 0,480 & 0,490 & 0,222 \\ 0,370 & 0,330 & 0,240 & 0,294 & 0,278 \\ 0,093 & 0,165 & 0,120 & 0,098 & 0,167 \\ 0,074 & 0,110 & 0,120 & 0,098 & 0,278 \\ 0,093 & 0,066 & 0,040 & 0,020 & 0,056 \end{bmatrix}, \quad W = \begin{bmatrix} 0,378 \\ 0,302 \\ 0,129 \\ 0,136 \\ 0,055 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{max} = 5,39$$

En este escenario, se obtiene un IC de 0,097 y una TC de 0,09, por lo que la comparación pareada es consistente. La figura 5-3 presenta la evaluación multicriterio de este escenario, cuyos atributos por pixel se presentan en el anexo 8.6.

Figura 5-3: Resultados evaluación E3.



Fuente: elaboración propia, 2019.

5.2.2. Análisis de escenarios modelados

La metodología de evaluación multicriterio de Saaty (1994) ha permitido ponderar los criterios, asegurando consistencia entre sus distintos pesos relativos. De acuerdo a ésta, utilizando los mismos criterios e insumos, variando solamente los pesos relativos entre los escenarios evaluados, se han obtenido tres tipos de resultado:

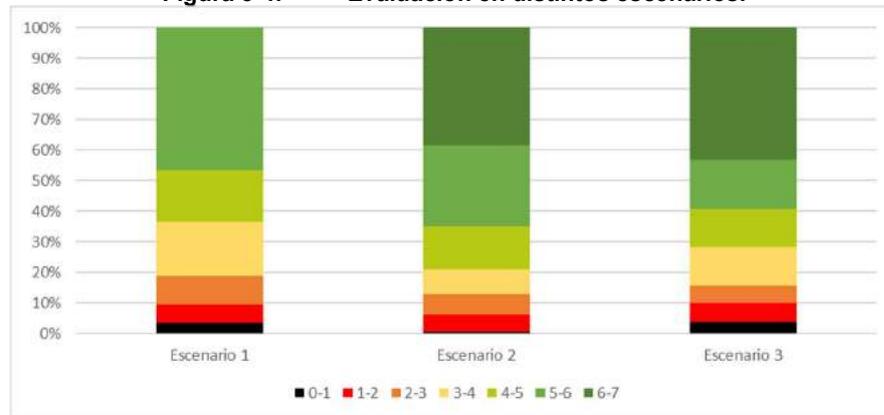
- El primer escenario evalúa los cinco criterios con la misma ponderación, con lo que se obtuvo resultados con evaluación entre 0,5 y 6. Cabe señalar que el 80,20% de la superficie se encuentra evaluada entre 5 a 6, seguido por un 13,13% en el rango 4 a 5, y el 6,67% restante obtuvo evaluación menor o igual a 4.
- El segundo escenario presenta resultados en todos los rangos de evaluación, con el 93,44% de la superficie con valores sobre 4,0; la mayor cantidad de superficie se concentra en el rango entre 4,5 y 5,0, con un 81,44% del total.
- Finalmente, el tercer escenario presenta el 94,58% de su superficie con valores de aptitud sobre 4,0, la mayoría evaluada en el rango 6,0 a 6,5.

Tabla 5-5: Resultados Etapa 2: Superficies evaluadas.

Valor	Superficie (ha)		
	E1	E2	E3
0,0 – 0,5	0,00%	0,02%	0,00%
0,5 – 1,0	0,16%	0,23%	0,21%
1,0 – 1,5	0,25%	0,28%	0,34%
1,5 – 2,0	0,41%	0,32%	0,30%
2,0 – 2,5	0,78%	0,57%	0,69%
2,5 – 3,0	0,73%	1,08%	0,67%
3,0 – 3,5	2,07%	1,56%	0,87%
3,5 – 4,0	2,27%	2,50%	2,34%
4,0 – 4,5	6,31%	7,82%	3,21%
4,5 – 5,0	6,82%	81,44%	5,23%
5,0 – 5,5	41,90%	2,80%	6,26%
5,5 – 6,0	38,30%	1,33%	8,24%
6,0 – 6,5	0,00%	0,05%	71,64%
6,5 – 7,0	0,00%	0,00%	0,00%
TOTAL	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura 5-4: Evaluación en distintos escenarios.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dado el carácter exploratorio del presente trabajo, éste ha sido desarrollado con base en publicaciones internacionales reformulando ciertos criterios de acuerdo a la información disponible en Chile, por lo que se recomienda que futuros estudios refinen los criterios aplicados en el presente trabajo. Considerando lo anterior, se han obtenido conclusiones y recomendaciones para cada objetivo específico.

6.1. Conclusiones Objetivo Específico 1: Identificar criterios relacionados con la aptitud eólica de un sitio *offshore*.

Se presentaron criterios asociados a la protección del medio biótico, al medio humano y a aspectos técnicos. Sin embargo, el modelo puede ser enriquecido con más criterios, en la medida que éstos se encuentren disponibles, ya sea por nuevas publicaciones, o bien, por estudios específicos para el área de interés de cada proyecto en particular.

Con respecto al medio biótico, se consideraron áreas protegidas *onshore* y *offshore*, cuya información es pública y gratuita. A este aspecto se sugiere incorporar, por ejemplo, rutas migratorias de avifauna, identificando especies de avifauna, la altura y dirección de vuelo, y con ello, el riesgo de colisión con los aerogeneradores a utilizar. Del mismo modo, se debieran

considerar estudios de ecosistemas marinos, de acuerdo requiere actualmente la normativa ambiental¹.

Sobre el medio humano, se consideraron las caletas pesqueras artesanales y las áreas urbanas costeras, en función de su actividad económica y turística, respectivamente. Se recomienda incorporar Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB), Espacio Costero Marino de Pueblos Originarios (ECMPO) y rutas navieras industriales y turísticas, con objeto de comprender el medio humano en sus cinco dimensiones².

Los aspectos técnicos se presentaron con un único criterio, sobre la velocidad promedio del viento anual, la cual se asocia tanto al medio físico como a los requisitos de funcionamiento de turbinas eólicas. Sin embargo, es necesario incorporar criterios asociados a la conectividad con la red eléctrica nacional, tales como puntos de conexión (subestaciones) y distancia a éstos. Este aspecto resulta de especial interés, pues a diferencia de los aspectos del medio humano, la distancia a puntos de conexión es inversamente proporcional a los valores de aptitud. Además, el diseño de proyectos de esta índole requiere del conocimiento de infraestructura existente, por ejemplo ductos y cableados, por lo que otro

¹ D.S. N°40/2013, artículo 18 “Contenido mínimo de los Estudios”, literal e.4 “*Ecosistemas marinos que incluirán la calidad de aguas, sedimentos marinos y la biota que pertenece a dicho ecosistema. Esta descripción comprenderá, entre otros, la identificación, ubicación, distribución, diversidad y abundancia de las especies que componen los ecosistemas existentes, identificando aquellas especies que se encuentren en alguna categoría de conservación de conformidad a lo señalado en el artículo 37 de la Ley. Asimismo, se incluirán las relaciones existentes con el medio físico y con los ecosistemas terrestres y acuáticos continentales*”.

² D.S. N°40/2013, artículo 18 “Contenido mínimo de los Estudios”, literal e.10, describe las dimensiones Geográfica, Demográfica, Antropológica, Socioeconómica y Bienestar Social Básico, con énfasis en los grupos humanos pertenecientes a pueblos indígenas (GHPPI).

criterio a incorporar es la distancia a estos elementos, evitando cruces indeseados.

6.2. Conclusiones Objetivo Específico 2: Construir un modelo SIG multicriterio para determinar la aptitud de sitios.

La diferencia entre los resultados de los tres escenarios da cuenta de la importancia del enfoque de quien evalúa: el primer escenario carece de sesgo de enfoque, otorgando a todos los criterios igual importancia, mientras que el segundo y el tercero priorizan los aspectos asociados a la protección del medio humano y biótico, respectivamente.

Para ello, se utilizó la metodología de proceso de jerarquía analítica (AHP) propuesta por Saaty (1994), la cual implica el uso de matrices con los valores otorgados a la comparación de criterios “uno a uno”.

La principal ventaja de esta metodología es que, si bien se trata de una evaluación cualitativa entre criterios, permite asegurar la consistencia del proceso de forma cuantitativa y estandarizada.

Los resultados obtenidos dan cuenta de la relevancia de definir el objetivo de la evaluación de sitios, pues este enfoque incide directamente en los resultados de aptitud, los que guardan similitud entre sí, pero varían en la jerarquización de aptitud, en función de la ponderación aplicada, aún cuando los atributos e insumos son exactamente los mismos.

7. BIBLIOGRAFÍA

7.1. Publicaciones

Adibi, N., Lafhaj, Z., Yehya, M., Payet, J. (2017). Global Resource Indicator for life cycle impact assessment: Applied in wind turbine case study. *Journal of Cleaner Production*, 165, 1517–1528.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.226>

Akbari, N., Irawan, C. A., Jones, D. F., Menachof, D. (2017). A multi-criteria port suitability assessment for developments in the *offshore* wind industry. *Renewable Energy*, 102, 118–133.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.10.035>

Al Zohbi, G., Hendrick, P., & Bouillard, P. (2015). Evaluation of the impact of wind farms on birds: The case study of Lebanon. *Renewable Energy*, 80, 682–689. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.02.052>

Archer, C. L., Simão, H. P., Kempton, W., Powell, W. B., & Dvorak, M. J. (2017). The challenge of integrating *offshore* wind power in the U.S. electric grid. Part I: Wind forecast error. *Renewable Energy*, 103, 346–360.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.11.047>

Astariz, S., & Iglesias, G. (2016). Selecting optimum locations for co-located wave and wind energy farms. Part II: A case study. *Energy Conversion and*

Management, 122, 599–608.

<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.05.078>

Astariz, S., & Iglesias, G. (2016). Co-located wind and wave energy farms:

Uniformly distributed arrays. *Energy*, 113, 497–508.

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.069>

Avellaneda, J. (2012). Estudio del potencial de generación de energía eólica en

la zona del páramo de Chontales, municipios de Paipa y Sotaquirá.

Departamento de Boyacá.

Bassi, P. (2013). Proyecto De Central Fotovoltaica-Eólica Para Un Máximo

Aprovechamiento De Energía Renovable. Universidad de Chile.

Beerens, J. (2010). *Offshore* Hybrid Wind-Wave Energy Converter System A

Frequency Domain Approach. Delft University of Technology.

Bhatti, S., Kothari, D. (2003). Aspects of Technological Development of Wind

Turbines. *Journal of Energy Engineering*, 129(3), 81–95.

Cantão, M. P., Bessa, M. R., Bettega, R., Detzel, D. H. M., & Lima, J. M. (2017).

Evaluation of hydro-wind complementarity in the Brazilian territory by means

of correlation maps. *Renewable Energy*, 101, 1215–1225.

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.10.012>

Cavazzi, S., & Dutton, A. G. (2016). An *Offshore* Wind Energy Geographic

Information System (OWE-GIS) for assessment of the UK's *offshore* wind

energy potential. *Renewable Energy*, 87, 212–228.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.09.021>

Courtney, M. S., & Hasager, C. B. (2016). 4 – Remote sensing technologies for measuring *offshore* wind. *Offshore Wind Farms*. Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100779-2.00004-0>

Cristea, C., & Jocea, A. F. (2016). GIS Application for Wind Energy. *Energy Procedia*, 85, 132–140. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.283>

Diamond, K. (2012). Extreme Weather Impacts on *Offshore* Wind Turbines: Lessons Learned. *Natural Resources and Environment*, 27(2), 37–41.
Retrieved from
<http://heinonline.org.proxy.lib.uwaterloo.ca/HOL/Page?handle=hein.journals/nre27&id=105&collection=journals>

DONG Energy, Vattenfall, The Danish Energy Authority, & Agency, T. D. F. and N. A. (2006). Danish *Offshore* Wind - Key Environmental Issues. Energy. Denmark.

Driscoll, F., Jonkman, J., Robertson, A., Srinivas, S., Skaare, B., & Nielsen, F. G. (2016). Validation of a FAST Model of the Statoil-Hywind Demo Floating Wind Turbine. *Energy Procedia*, 94(January), 3–19.
<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.181>

Energy Technologies Institute. (2010). Executive Summary Abstract. Retrieved from <http://www.eti.co.uk/programmes/offshore-wind/deep-water>

EWEA (2015) Wind energy scenarios for 2030.

Gebremedhin, A., Karlsson, B., & Björnfot, K. (2009). Sustainable energy system - A case study from Chile. *Renewable Energy*, 34(5), 1241–1244. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.10.005>

Geofísica, D. de, & Física, F. de. (2012). El Explorador Eólico 2012 Descripción y Manual de Uso. <Página web> http://walker.dgf.uChile.cl/Explorador/Eolico2/info/Documentacion_Explorador_Eolico_V2_Full.pdf

Gigović, L., Pamučar, D., Božanić, D., & Ljubojević, S. (2017). Application of the GIS-DANP-MABAC multi-criteria model for selecting the location of wind farms: A case study of Vojvodina, Serbia. *Renewable Energy*, 103, 501–521. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.11.057>

González, J. S., & Lacal-Aránategui, R. (2016). A review of regulatory framework for wind energy in European Union countries: Current state and expected developments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56(2016), 588–602. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.091>

Jahangiri, M., Ghaderi, R., Haghani, A., & Nematollahi, O. (2016). Finding the best locations for establishment of solar-wind power stations in Middle-East using

GIS: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 66, 38–52.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.069>

Karimirad, M., Moan, T. (2012). Feasibility of the application of a spar-type wind turbine at a moderate water depth. *Energy Procedia*, 24(1876), 340–350.

<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.06.117>

Koh, J. H., Ng, E. Y. K. (2016). Downwind *offshore* wind turbines: Opportunities, trends and technical challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 797–808.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.096>

Krueger, A. D., Parsons, G. R., Firestone, J. (2011). Valuing the Visual Disamenity of *Offshore* Wind Power Projects at Varying Distances from the Shore: An Application on the Delaware Shoreline. *Land Economics*, 87(2), 268–283.

<https://doi.org/10.1353/ld.2011.0000>

Latinopoulos, D., Kechagia, K. (2015). A GIS-based multi-criteria evaluation for wind farm site selection. A regional scale application in Greece. *Renewable Energy*, 78, 550–560.

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.01.041>

Letcher, T. M. (2017). *Why Wind Energy? Wind Energy Engineering*. Elsevier Inc.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809451-8.00001-1>

Liu, Y., Li, S., Yi, Q., & Chen, D. (2016). Developments in semi-submersible floating foundations supporting wind turbines: A comprehensive review.

Renewable and Sustainable Energy Reviews, 60, 433–449.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.109>

Mattar, C., & Borvarán, D. (2016). *Offshore* wind power simulation by using WRF in the central coast of Chile. Renewable Energy, 94(August), 22–31.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.03.005>

Mattar, C., & Guzmán-Ibarra, C. (2017). A techno-economic assessment of *offshore* wind energy in Chile. Energy.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.099>

Mattar, C., & Villar-Poblete, N. (2014). Estimación del potencial eólico off-shore en las costas de Chile utilizando datos de escaterómetro y Reanalysis. Revista de Teledetección. <https://doi.org/10.4995/raet.2014.2787>

Moguel, E., Preciado, J. C., Sánchez-Figueroa, F., Preciado, M. A., & Hernández, J. (2015). Multilayer Big Data Architecture for Remote Sensing in Eolic Parks. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 8(10), 4714–4719. <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2015.2415583>

Myhr, A., Bjerkseter, C., Ågotnes, A., & Nygaard, T. A. (2014). Levelised cost of energy for *offshore* floating wind turbines in a life cycle perspective. Renewable Energy, 66, 714–728.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.01.017>

Noorollahi, Y., Yousefi, H., & Mohammadi, M. (2016). Multi-criteria decision support system for wind farm site selection using GIS. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 13, 38–50. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2015.11.007>

Norton, J., & Tipson, F. S. (2014). The War Of Winds: Wind Farms Are A Growing Source Of Clean Energy. But Some Of The Neighbors Are Beginning To Complain. *American Bar Association*, 70(3), 15–18. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2006.12.023>

Rodrigues, S. F., Teixeira Pinto, R., Soleimanzadeh, M., Bosman, P. A. N., & Bauer, P. (2015). Wake losses optimization of *offshore* wind farms with moveable floating wind turbines. *Energy Conversion and Management*, 89, 933–941. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.11.005>

Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234–281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)

Saaty, T. L. (1994). A ratio scale metric and the compatibility of ratio scales: The possibility of arrow's impossibility theorem. *Applied Mathematics Letters*, 7(6), 51–57. [https://doi.org/10.1016/0893-9659\(94\)90093-0](https://doi.org/10.1016/0893-9659(94)90093-0)

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) (2012). Guía para la evaluación de impacto ambiental de centrales eólicas de generación de energía eléctrica.

Silva, A. R., Pimenta, F. M., Assireu, A. T., & Spyrides, M. H. C. (2016). Complementarity of Brazils hydro and *offshore* wind power. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 413–427. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.045>

Schroeder, E. (2010). Turning *Offshore* Wind On. *California Law Review*, 98(5), 1631–1668. <https://doi.org/Article>

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). (2012). Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental de Centrales Eólicas de Generación de Energía Eléctrica,

Topham, E., & McMillan, D. (2017). Sustainable decommissioning of an *offshore* wind farm. *Renewable Energy*, 102, 470–480. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.10.066>

Thomsen, K. E. (2012). *A Comprehensive Guide to Successful Offshore Wind Farm Installation*. Oxford, UK: Academic Press.

U.S. Energy Information Administration, (EIA). (2016). *International Energy Outlook 2016* (Vol. 484). [https://doi.org/DOE/EIA-0484\(2016\)](https://doi.org/DOE/EIA-0484(2016))

Wind Europe (2017) *Floating Offshore Wind Energy*.

7.2. Recursos Web

4C *Offshore*: Hywind Scotland Pilot Park *Offshore* Wind Farm [en línea] En:
<<https://www.4coffshore.com/windfarms/United-Kingdom/hywind-scotland-pilot-park-united-kingdom-uk76.html>> [consulta: 03 septiembre 2019]

4C *Offshore*: EolMed *Offshore* Wind Farm [en línea] En:
<<https://www.4coffshore.com/windfarms/France/eolmed-france-fr64.html>>
[consulta: 03 septiembre 2019]

4C *Offshore*: EolMed - Ideol & Quadran Commercial Scale Floating Project
Offshore Wind Farm [en línea] En:
<<https://www.4coffshore.com/windfarms/France/eolmed---ideol-26-quadran-commercial-scale-floating-project-france-fr51.html>> [consulta: 03 septiembre 2019]

4C *Offshore*: *Offshore* Wind Farms [en línea] En:
<<http://www.4coffshore.com/windfarms>> [consulta: 15 septiembre 2017]

4C *Offshore*. EolMed – Ideol & Quadran Commercial Scale Floating Project
Offshore Wind Farm [en línea] En:
<<http://www.4coffshore.com/windfarms/windfarms.aspx?windfarmId=FR51>>
[consulta: 06 octubre 2017]

4C *Offshore*. EolMed *Offshore* Wind Farm [en línea] En:
<<http://www.4coffshore.com/windfarms/eolmed-france-fr64.html>> [consulta:
06 octubre 2017]

BBC News. World's first floating wind farm emerges off coast of Scotland [en línea] 23 de julio 2017 En: <http://www.bbc.com/news/business-40699979> [consulta: 06 octubre 2017]

Breves de Energía: En Escocia se construyen las primeras turbinas eólicas flotantes [en línea] 28 de junio 2017 En: www.brevesdeenergia.com/blog/news_posts/en-escocia-se-construyen-las-primeras-turbinas-eolicas-flotantes/ [consulta: 15 septiembre 2017]

Canada Space Agency. Satellite Characteristics [en línea] 30 de abril 2017 En: <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/satellites/radarsat/radarsat-tableau.asp> [consulta: 15 septiembre 2017]

Comisión Nacional de Energía. Energía Abierta: Capacidad Instalada [en línea] Septiembre 2019 En: <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/capacidad-instalada/> [consulta: 23 octubre 2019]

European Space Agency: Sentinel-1 En: http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-1/Instrument [consulta: 15 septiembre 2017]

Energy Technologies Institute: Deep Water [en línea] En: <http://www.eti.co.uk/programmes/offshore-wind/deep-water> [consulta: 15 septiembre 2017]

Eolmed. The Pilot Farm [en línea] En: <<http://www.eolmed.fr/en/the-pilot-farm/>> [consulta: 05 octubre 2017]

Ideol. Eolmed (pilot farm) [en línea] En: <<http://www.ideol-offshore.com/en/les-projets/eolmed-pilot-farm>> [consulta: 03 octubre 2017]

National Aeronautics and Space Administration (NASA). Measuring ocean winds from space: QuikSCAT [en línea] En: <<https://winds.jpl.nasa.gov/missions/quikscat/>> [consulta: 15 septiembre 2017]

National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA): Office of Satellite and Product Operations [en línea] En: <<http://www.ospo.noaa.gov/Products/atmosphere/ascats/>> [consulta: 15 septiembre 2017]

StatOil. Statoil to build the world's first floating wind farm: Hywind Scotland [en línea] En: <<https://www.statoil.com/en/news/hywindscotland.html>> [consulta: 03 octubre 2017]

The Guardian. Statoil to build the world's first floating wind farm: Hywind Scotland [en línea] 27 de junio 2017 En: <<https://www.theguardian.com/business/2017/jun/27/hywind-project-scotland-worlds-first-floating-windfarm-norway>> [consulta: 03 octubre 2017]

Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Geofísica. Explorador Eólico [en línea] En: <<http://walker.dgf.uChile.cl/Explorador/Eolico2/>> [consulta: 30 abril 2017]

WindEurope. Why did EWEA decide to rebrand to “WindEurope”? New Identity [en línea] En: <<https://windeurope.org/about-us/new-identity/>> [consulta: 15 septiembre 2017]

8. ANEXOS

8.1. Centrales eólicas en operación

De acuerdo a la Comisión Nacional de Energía, hasta junio de 2020¹, los sistemas eléctricos Nacional (SEN), de Aysén (SEA) y de Magallanes (SEM) contemplan en su matriz 41 proyectos eólicos en operación.

Propietario (Razón social)	Central	Puesta en servicio	Turbinas	Potencia (MW)		Punto de conexión
				Bruta	Neta	
Región de Antofagasta						
Valle De Los Vientos (Parque Eólico Valle De Los Vientos S.A.)	Valle De Los Vientos	21/03/2014	S/I	90,00	88,90	Valle de los vientos 110 kV
Parque Eólico Taltal (Parque Eólico Taltal S.A.)	Eólica Taltal	09/02/2015	33	99,00	98,11	Tap-off línea Dalmagro - Paposo 220kV
EGP SUR (Enel Green Power Del Sur Spa)	Parque Eólico Sierra Gorda Este	04/04/2018	S/I	112,00	110,62	El Arriero 220 kV - BP
Región de Atacama						
Energy Focus S.A. (Parque Eólico San Juan)	Eólica San Juan	16/03/2017	56	193,20	189,40	Tap-off Línea Maitencillo - Punta Colorada 220 kV
Parque Eólico Cabo Leones I S.A (Parque Eólico Cabo Leones I S.A)	PE Cabo Leones I	12/06/2018	55	119,35	117,51	S/E Cabo Leones 220 kV
Aela Eólica Sarco SpA	PE Sarco	01/05/2018	S/I	168,00	168,00	Aela Eólica Sarco SpA
Región de Coquimbo						
Endesa (Empresa Nacional de Electricidad S.A.)	Canela	27/12/2007	18,15	17,97	18,15	S/E Canela 23kV
Eólica Canela (Central Eólica Canela S.A.)	Canela II	11/12/2009	60,40	60,10	60,40	S/E Elevadora Canela II 220 kV
Norvind (NORVIND S.A.)	Eólica Totoral	25/01/2010	46,00	45,54	46,00	S/E Totoral 1 23kV
EMR (Eólica Monte Redondo S.A.)	Monte Redondo	06/01/2010	109,40	107,70	109,40	S/E Monte Redondo 23 kV
Barrick Generación (Compañía Barrick Chile Generación Ltda)	Eólica Punta Colorada	15/12/2011	45,00	44,70	45,00	S/E Punta Colorada 220 kV

¹ La consulta realizada en octubre de 2020 arroja información actualizada hasta junio de 2020.

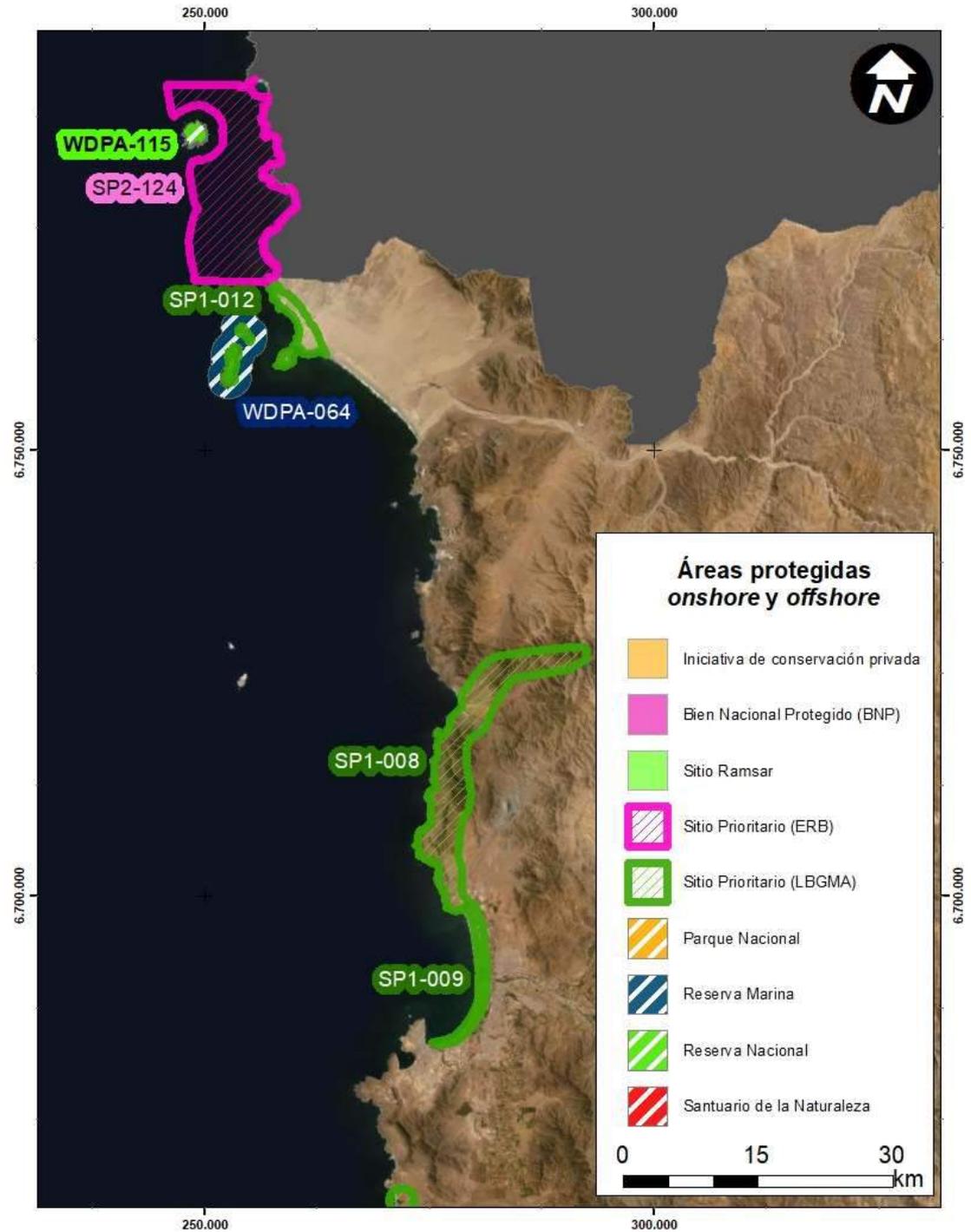
Evaluación multicriterio para potencial eólico *offshore* en la Región de Coquimbo

Propietario (Razón social)	Central	Puesta en servicio	Turbinas	Potencia (MW)		Punto de conexión
				Bruta	Neta	
Parque Eólico Talinay (Parque Talinay Oriente S.A.)	Eólica Talinay Oriente	13/04/2013	20,00	20,00	20,00	Tap-off Pan de Azucar - Las Palmas 220 kV
Parque Eólico El Arrayán (Parque Eólico El Arrayán SpA)	Eólica El Arrayán	06/06/2014	90,00	89,55	90,00	S/E El Arrayan 220 kV
Parque Eólico Los Cururos (Parque Eólico Los Cururos Ltda)	Eólica Los Cururos	23/07/2014	60,00	59,40	60,00	S/E La Cebada 220 kV
Punta Palmeras (Punta Palmeras S.A.)	Eólica Punta Palmeras	19/11/2014	115,00	114,99	115,00	S/E Las Palmas 220Kv
Eléctrica Panguipulli (Empresa Eléctrica Panguipulli S.A.)	Eólica Talinay Poniente	26/05/2015	48,00	47,52	48,00	Tap-off Pan de Azucar - Las Palmas 220 kV
Pacific Hydro Punta Sierra SpA (Pacific Hydro Punta Sierra SpA)	Punta Sierra	05/06/2019	82,62	81,19	82,62	S/E Punta Sierra 220 kV BP1
Región del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins						
Ucuquer (Energías Ucuquer S.A.)	Ucuquer	03/01/2013	4	7,20	7,07	S/E Matancilla 13.2 kV
Ucuquer (Energías Ucuquer S.A.)	Ucuquer 2	22/10/2014	5	10,75	10,50	Quelentaro 110 kV
Región del Biobío						
Eólica Negrete (AELA Eólica Negrete SpA)	Eólica Cuel	05/02/2014	22	33,00	32,50	S/E Central Cuel 154 kV
Parque Eólico Lebu (Parque Eólico Lebu-Toro SpA)	Eolica Lebu	25/03/2014	7	6,54	6,50	S/E Lebu 66 kV
Raki (Proyecto Raki SpA)	Raki	30/07/2015	3	9,00	8,98	S/E Tres Pinos 23 kV
Proyecto Huajache S.p.A. (Proyecto Huajache S.p.A.)	Huajache	25/11/2015	2	6,00	5,99	S/E Tres Pinos 23 kV
Parque Eólico Renaico S.p.A (Parque Eólico Renaico S.p.A)	Eólica Los Buenos Aires	30/08/2016	12	24,00	23,85	S/E Central Pe Buenos Aires 66 kV
Parque Eólico Lebu (Parque Eólico Lebu-Toro SpA)	Eolica Lebu III	14/12/2016	3	5,25	5,15	Barra Lebu 13.2 kV
Parque Eólico Las Peñas (Eólico Las Peñas SpA)	Eólica Las Peñas	28/12/2016	4	8,40	8,35	S/E Carampangue 23 kV
Eólica La Esperanza S.A. (Eólica La Esperanza S.A.)	PE La Esperanza	13/02/2017	5	10,50	10,26	S/E Central Pe La Esperanza 23 kV
Parque Eólico El Nogal SpA (Parque Eólico El Nogal SpA)	PE El Nogal	23/08/2019	3	9,00	8,90	S/E Negrete 23 kV Bp1

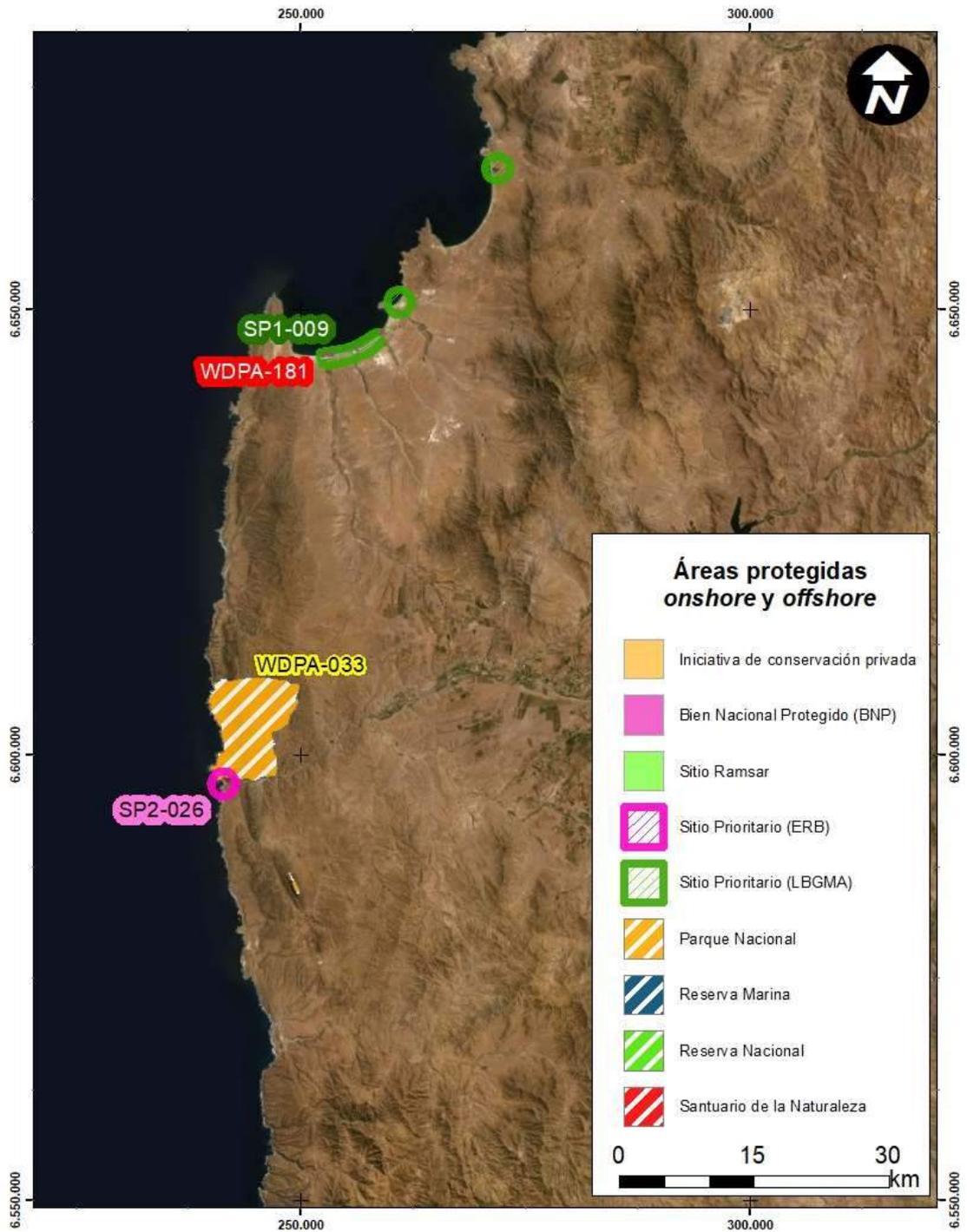
Evaluación multicriterio para potencial eólico *offshore* en la Región de Coquimbo

Propietario (Razón social)	Central	Puesta en servicio	Turbinas	Potencia (MW)		Punto de conexión
				Bruta	Neta	
Empresa Eléctrica El Arrebol SpA	PMGD PE El Arrebol	24/06/2020	S/I	9,00	8,90	S/E Central Pe Buenos Aires 66 kV
Región de La Araucanía						
Parque Eólico Renaico	PE Renaico I	12/09/2016	44	88,00	87,50	S/E Parque Eólico Renaico 220 kV
PE San Gabriel SpA	PE San Gabriel	13/03/2019	S/I	183,00	180,00	S/E Mulchen Gis 220 kV BP1
Vientos De Renaico	PE La Flor	30/08/2019	S/I	32,40	32,40	S/E Nahuelbuta 23 kV BP1
Región de Los Lagos						
Alba (Alba S.A.)	Eólica San Pedro	27/06/2014	20	36,00	36,00	S/E San Pedro 110kV
Río Alto Generación (Río Alto Generación S.A.)	Eólica San Pedro II	19/05/2017	13	65,00	64,99	S/E San Pedro 110kV
Región Aisen del General Carlos Ibáñez del Campo						
EDELAYSEN (Distribución y Generación Energía Eléctrica)	ALTO BAGUALES	01/01/2001	S/I	0,66	0,66	Interconexión Aysen- Coyahque
EDELAYSEN (Distribución y Generación Energía Eléctrica)	ALTO BAGUALES	01/01/2001	S/I	0,66	0,66	Interconexión Aysen- Coyahque
EDELAYSEN (Distribución y Generación Energía Eléctrica)	ALTO BAGUALES 2	01/01/2016	S/I	0,90	0,90	Interconexión Aysen- Coyahque
EDELAYSEN (Distribución y Generación Energía Eléctrica)	ALTO BAGUALES 2	01/01/2016	S/I	0,66	0,66	Interconexión Aysen- Coyahque
Región de Magallanes y de la Antártica Chilena						
Pecket Energy (Pecket Energy S.A.)	Cabo Negro	01/01/2010	S/I	0,85	0,85	Tres Puentes
Pecket Energy (Pecket Energy S.A.)	Cabo Negro	01/01/2010	S/I	0,85	0,85	Tres Puentes
Pecket Energy (Pecket Energy S.A.)	Cabo Negro	01/01/2010	S/I	0,85	0,85	Tres Puentes

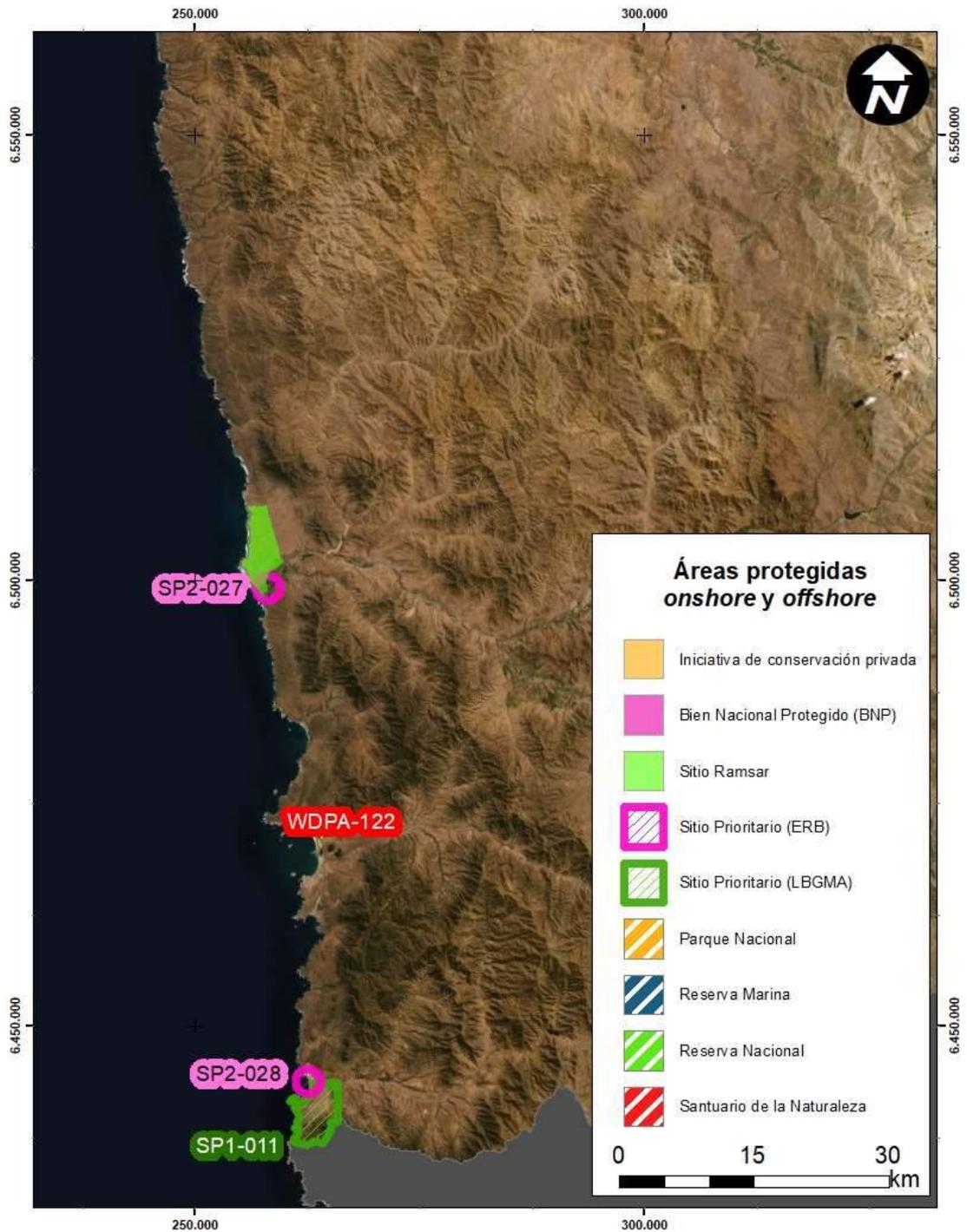
8.2. Ubicación de áreas protegidas *onshore* y *offshore*



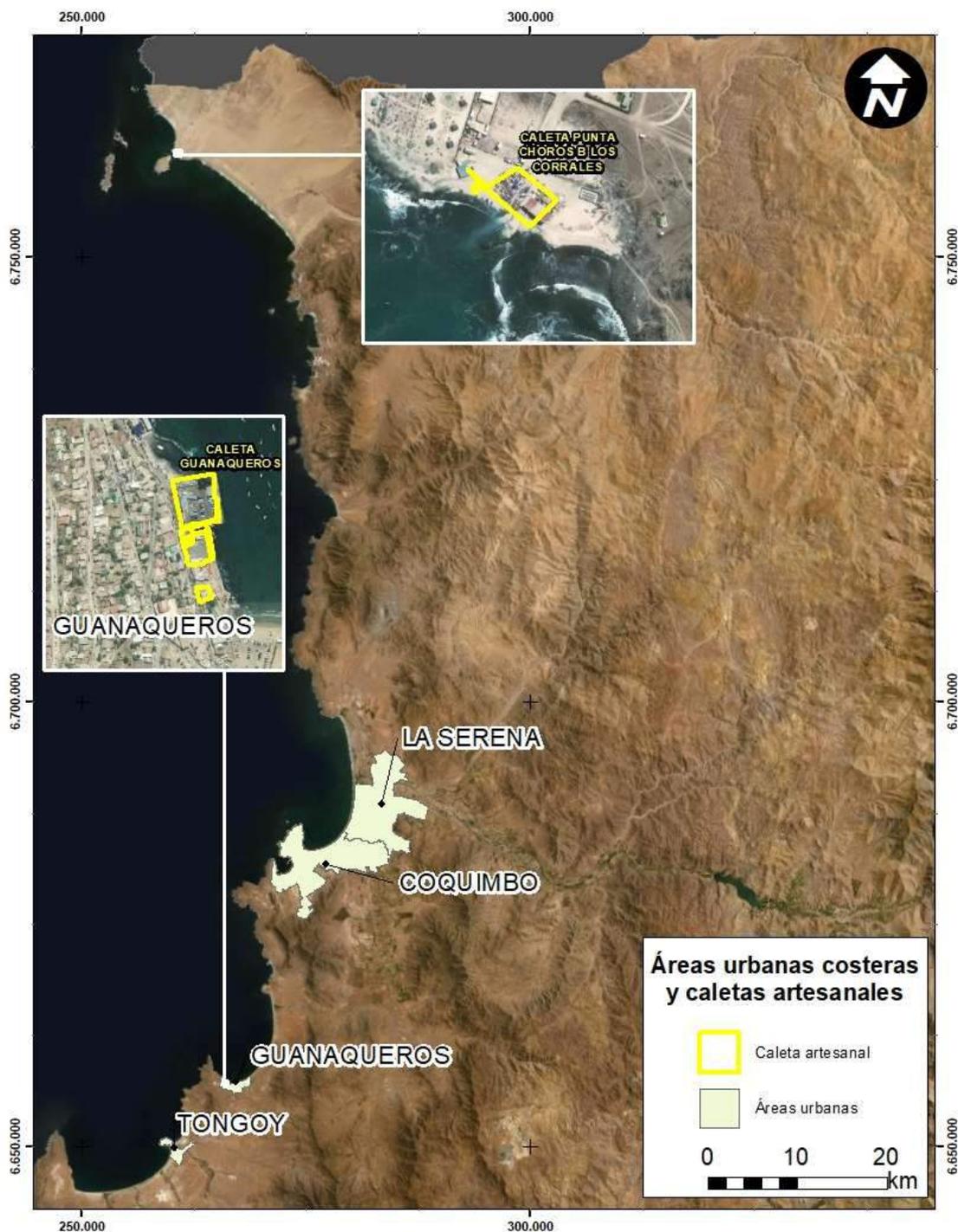
Evaluación multicriterio para potencial eólico *offshore* en la Región de Coquimbo

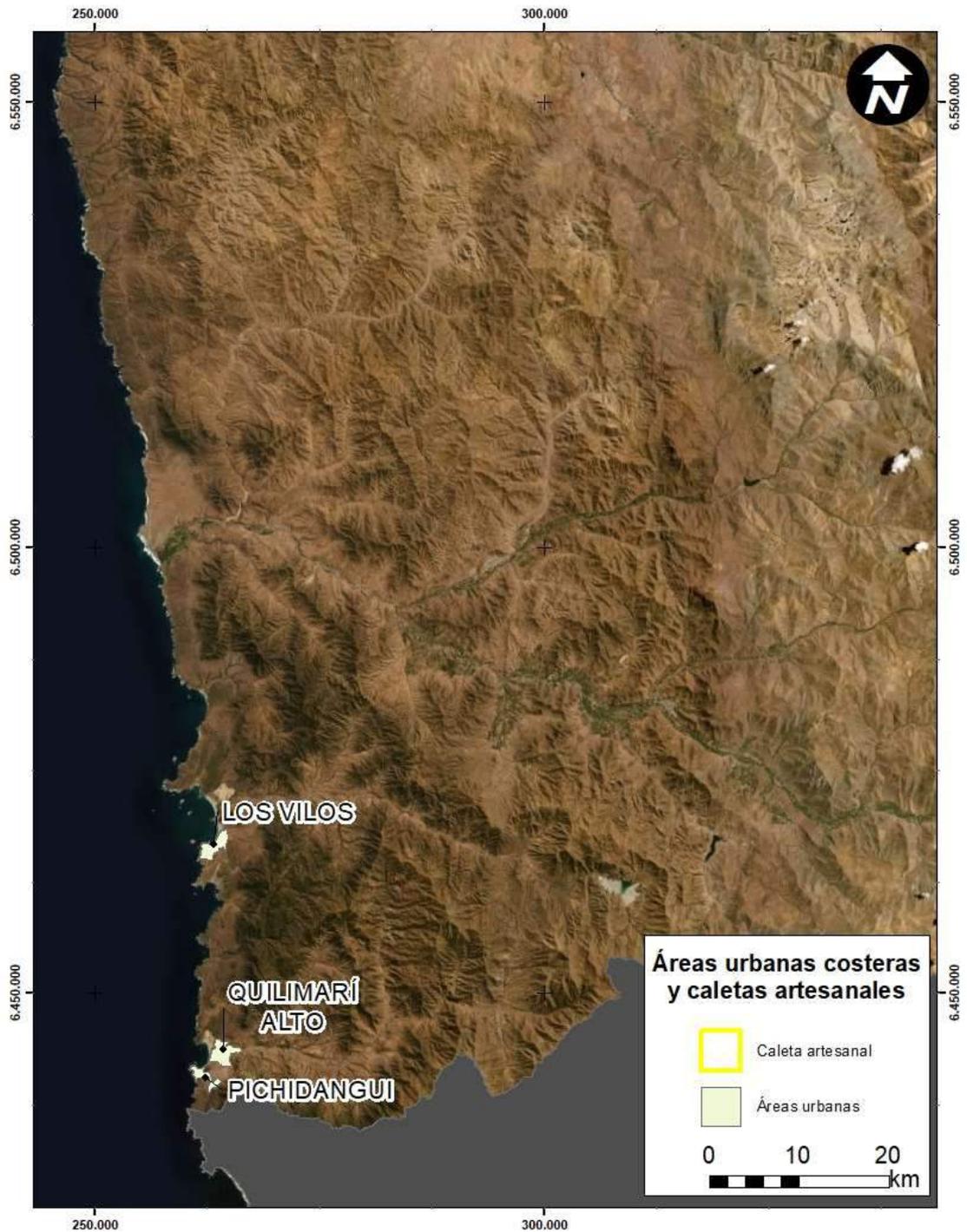


Evaluación multicriterio para potencial eólico *offshore* en la Región de Coquimbo



8.3. Ubicación áreas urbanas costeras y caletas artesanales





8.4. Resultados Escenario 1

Evaluación	sum	count	min	max	mean	Frecuencia (%)
0,600000024	0,600000024	1	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,02%
0,800000012	4,800000072	6	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,14%
1,000000000	2,000000000	2	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,05%
1,200000048	4,800000191	4	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,09%
1,399999976	2,799999952	2	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,05%
1,400000095	4,200000286	3	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,07%
1,600000024	12,800000191	8	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,18%
1,600000143	1,600000143	1	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,02%
1,799999952	5,399999857	3	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,07%
1,800000072	10,800000429	6	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,14%
2,000000000	8,000000000	4	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,09%
2,200000048	17,600000381	8	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,18%
2,200000286	13,200001717	6	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,14%
2,400000095	38,400001526	16	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,37%
2,599999905	18,199999332	7	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,16%
2,600000143	5,200000286	2	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,05%
2,799999952	25,199999571	9	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,21%
2,800000191	39,200002670	14	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,32%
3,000000000	54,000000000	18	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,41%
3,000000238	3,000000238	1	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,02%
3,199999809	3,199999809	1	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,02%
3,200000048	80,000001192	25	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,57%
3,200000286	3,200000286	1	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,02%
3,399999857	16,999999285	5	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,11%
3,400000095	129,200003624	38	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,87%
3,400000334	3,400000334	1	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,02%
3,599999905	68,399998188	19	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,44%
0,600000024	86,400003433	24	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,55%
0,800000012	18,999998569	5	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,11%
1,000000000	79,799998999	21	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,48%
1,200000048	102,600005150	27	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,62%
1,399999976	11,999999285	3	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,07%
1,400000095	204,000000000	51	0,600000024	0,600000024	0,600000024	1,17%
1,600000024	180,599991798	43	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,99%
1,600000143	109,200007439	26	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,60%
1,799999952	365,199968338	83	0,600000024	0,600000024	0,600000024	1,90%
1,800000072	316,800006866	72	0,600000024	0,600000024	0,600000024	1,65%
2,000000000	64,399991989	14	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,32%
2,200000048	271,399994373	59	0,600000024	0,600000024	0,600000024	1,35%
2,200000286	133,400011063	29	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,67%
2,400000095	273,599983692	57	0,600000024	0,600000024	0,600000024	1,31%
2,599999905	360,000014305	75	0,600000024	0,600000024	0,600000024	1,72%
2,600000143	314,999969959	63	0,600000024	0,600000024	0,600000024	1,45%
2,799999952	590,000000000	118	0,600000024	0,600000024	0,600000024	2,71%

Evaluación multicriterio para potencial eólico *offshore* en la Región de Coquimbo

Evaluación	sum	count	min	max	mean	Frecuencia (%)
2,800000191	40,000003815	8	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,18%
3,000000000	2875,599894524	553	0,600000024	0,600000024	0,600000024	12,69%
3,000000238	254,800014019	49	0,600000024	0,600000024	0,600000024	1,12%
3,199999809	5707,799596786	1057	0,600000024	0,600000024	0,600000024	24,25%
3,200000048	210,600003719	39	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,89%
3,200000286	10,800001144	2	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,05%
3,399999857	7811,999201775	1395	0,600000024	0,600000024	0,600000024	32,01%
3,400000095	128,799997807	23	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,53%
3,400000334	44,800003052	8	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,18%
3,599999905	1391,999931335	240	0,600000024	0,600000024	0,600000024	5,51%
5,800000191	17,400000572	3	0,600000024	0,600000024	0,600000024	0,07%

8.5. Resultados Escenario 2

Evaluación	sum	count	min	max	mean	Frecuencia (%)
0,43099999	0,43099999	1	0,43099999	0,43099999	0,43099999	0,02%
0,56999999	1,13999999	2	0,56999999	0,56999999	0,56999999	0,05%
0,60000002	1,20000005	2	0,60000002	0,60000002	0,60000002	0,05%
0,86100000	2,58300000	3	0,86100000	0,86100000	0,86100000	0,07%
0,86399996	0,86399996	1	0,86399996	0,86399996	0,86399996	0,02%
0,92699999	0,92699999	1	0,92699999	0,92699999	0,92699999	0,02%
0,97299999	0,97299999	1	0,97299999	0,97299999	0,97299999	0,02%
1,00000000	1,00000000	1	1,00000000	1,00000000	1,00000000	0,02%
1,01900005	2,03800011	2	1,01900005	1,01900005	1,01900005	0,05%
1,11199999	1,11199999	1	1,11199999	1,11199999	1,11199999	0,02%
1,12800002	1,12800002	1	1,12800002	1,12800002	1,12800002	0,02%
1,15799999	2,31599998	2	1,15799999	1,15799999	1,15799999	0,05%
1,20400000	1,20400000	1	1,20400000	1,20400000	1,20400000	0,02%
1,33700001	1,33700001	1	1,33700001	1,33700001	1,33700001	0,02%
1,44899988	1,44899988	1	1,44899988	1,44899988	1,44899988	0,02%
1,47599995	2,95199990	2	1,47599995	1,47599995	1,47599995	0,05%
1,52199996	9,13199973	6	1,52199996	1,52199996	1,52199996	0,14%
1,56099999	3,12199998	2	1,56099999	1,56099999	1,56099999	0,05%
1,60699999	1,60699999	1	1,60699999	1,60699999	1,60699999	0,02%
1,63399994	1,63399994	1	1,63399994	1,63399994	1,63399994	0,02%
1,70000005	1,70000005	1	1,70000005	1,70000005	1,70000005	0,02%
1,74600005	1,74600005	1	1,74600005	1,74600005	1,74600005	0,02%
1,79200006	1,79200006	1	1,79200006	1,79200006	1,79200006	0,02%
1,99800003	1,99800003	1	1,99800003	1,99800003	1,99800003	0,02%
2,04400015	4,08800030	2	2,04400015	2,04400015	2,04400015	0,05%
2,10999990	4,21999979	2	2,10999990	2,10999990	2,10999990	0,05%
2,13700008	4,27400017	2	2,13700008	2,13700008	2,13700008	0,05%
2,14899993	6,44699979	3	2,14899993	2,14899993	2,14899993	0,07%
2,17599988	2,17599988	1	2,17599988	2,17599988	2,17599988	0,02%
2,18300009	13,09800053	6	2,18300009	2,18300009	2,18300009	0,14%
2,19499993	2,19499993	1	2,19499993	2,19499993	2,19499993	0,02%
2,21199989	2,21199989	1	2,21199989	2,21199989	2,21199989	0,02%
2,24899983	4,49799967	2	2,24899983	2,24899983	2,24899983	0,05%
2,28800011	2,28800011	1	2,28800011	2,28800011	2,28800011	0,02%
2,33400011	2,33400011	1	2,33400011	2,33400011	2,33400011	0,02%
2,33699989	2,33699989	1	2,33699989	2,33699989	2,33699989	0,02%
2,35500002	2,35500002	1	2,35500002	2,35500002	2,35500002	0,02%
2,40100002	2,40100002	1	2,40100002	2,40100002	2,40100002	0,02%
2,54000020	2,54000020	1	2,54000020	2,54000020	2,54000020	0,02%
2,57299995	5,14599991	2	2,57299995	2,57299995	2,57299995	0,05%
2,58599997	7,75799990	3	2,58599997	2,58599997	2,58599997	0,07%
2,61499977	2,61499977	1	2,61499977	2,61499977	2,61499977	0,02%
2,62500000	2,62500000	1	2,62500000	2,62500000	2,62500000	0,02%
2,63199997	2,63199997	1	2,63199997	2,63199997	2,63199997	0,02%

Evaluación multicriterio para potencial eólico *offshore* en la Región de Coquimbo

Evaluación	sum	count	min	max	mean	Frecuencia (%)
2,69799995	5,39599991	2	2,69799995	2,69799995	2,69799995	0,05%
2,71199989	2,71199989	1	2,71199989	2,71199989	2,71199989	0,02%
2,72500014	13,62500072	5	2,72500014	2,72500014	2,72500014	0,11%
2,73699999	13,68499994	5	2,73699999	2,73699999	2,73699999	0,11%
2,74000001	2,74000001	1	2,74000001	2,74000001	2,74000001	0,02%
2,76399994	2,76399994	1	2,76399994	2,76399994	2,76399994	0,02%
2,77100015	8,31300044	3	2,77100015	2,77100015	2,77100015	0,07%
2,78299999	5,56599998	2	2,78299999	2,78299999	2,78299999	0,05%
2,80399990	2,80399990	1	2,80399990	2,80399990	2,80399990	0,02%
2,80999994	5,61999989	2	2,80999994	2,80999994	2,80999994	0,05%
2,84400010	11,37600040	4	2,84400010	2,84400010	2,84400010	0,09%
2,87599993	2,87599993	1	2,87599993	2,87599993	2,87599993	0,02%
2,87899995	5,75799990	2	2,87899995	2,87899995	2,87899995	0,05%
2,89799976	8,69399929	3	2,89799976	2,89799976	2,89799976	0,07%
2,91000009	2,91000009	1	2,91000009	2,91000009	2,91000009	0,02%
2,94299984	5,88599968	2	2,94299984	2,94299984	2,94299984	0,05%
2,97300005	2,97300005	1	2,97300005	2,97300005	2,97300005	0,02%
2,98899984	2,98899984	1	2,98899984	2,98899984	2,98899984	0,02%
3,02200007	3,02200007	1	3,02200007	3,02200007	3,02200007	0,02%
3,03399992	3,03399992	1	3,03399992	3,03399992	3,03399992	0,02%
3,03699994	9,11099982	3	3,03699994	3,03699994	3,03699994	0,07%
3,04699969	3,04699969	1	3,04699969	3,04699969	3,04699969	0,02%
3,06800008	9,20400023	3	3,06800008	3,06800008	3,06800008	0,07%
3,09299970	3,09299970	1	3,09299970	3,09299970	3,09299970	0,02%
3,14300013	3,14300013	1	3,14300013	3,14300013	3,14300013	0,02%
3,16199994	3,16199994	1	3,16199994	3,16199994	3,16199994	0,02%
3,17599988	3,17599988	1	3,17599988	3,17599988	3,17599988	0,02%
3,18599987	12,74399948	4	3,18599987	3,18599987	3,18599987	0,09%
3,20099998	3,20099998	1	3,20099998	3,20099998	3,20099998	0,02%
3,23699999	3,23699999	1	3,23699999	3,23699999	3,23699999	0,02%
3,24699998	12,98799992	4	3,24699998	3,24699998	3,24699998	0,09%
3,25300002	3,25300002	1	3,25300002	3,25300002	3,25300002	0,02%
3,27999997	6,55999994	2	3,27999997	3,27999997	3,27999997	0,05%
3,28200006	6,56400013	2	3,28200006	3,28200006	3,28200006	0,05%
3,28599977	6,57199955	2	3,28599977	3,28599977	3,28599977	0,05%
3,29299998	3,29299998	1	3,29299998	3,29299998	3,29299998	0,02%
3,30099988	6,60199976	2	3,30099988	3,30099988	3,30099988	0,05%
3,31299996	3,31299996	1	3,31299996	3,31299996	3,31299996	0,02%
3,35199976	3,35199976	1	3,35199976	3,35199976	3,35199976	0,02%
3,35500002	3,35500002	1	3,35500002	3,35500002	3,35500002	0,02%
3,35700011	3,35700011	1	3,35700011	3,35700011	3,35700011	0,02%
3,35899997	6,71799994	2	3,35899997	3,35899997	3,35899997	0,05%
3,37599993	3,37599993	1	3,37599993	3,37599993	3,37599993	0,02%
3,38599992	16,92999959	5	3,38599992	3,38599992	3,38599992	0,11%
3,39799976	3,39799976	1	3,39799976	3,39799976	3,39799976	0,02%
3,41900015	6,83800030	2	3,41900015	3,41900015	3,41900015	0,05%

Evaluación multicriterio para potencial eólico *offshore* en la Región de Coquimbo

Evaluación	sum	count	min	max	mean	Frecuencia (%)
3,42499971	3,42499971	1	3,42499971	3,42499971	3,42499971	0,02%
3,42799997	3,42799997	1	3,42799997	3,42799997	3,42799997	0,02%
3,43199992	24,02399945	7	3,43199992	3,43199992	3,43199992	0,16%
3,44000006	20,64000034	6	3,44000006	3,44000006	3,44000006	0,14%
3,48200011	6,96400023	2	3,48200011	3,48200011	3,48200011	0,05%
3,49600005	6,99200010	2	3,49600005	3,49600005	3,49600005	0,05%
3,49799991	3,49799991	1	3,49799991	3,49799991	3,49799991	0,02%
3,51599979	3,51599979	1	3,51599979	3,51599979	3,51599979	0,02%
3,55500007	3,55500007	1	3,55500007	3,55500007	3,55500007	0,02%
3,57900000	17,89499998	5	3,57900000	3,57900000	3,57900000	0,11%
3,58899975	7,17799950	2	3,58899975	3,58899975	3,58899975	0,05%
3,58899999	3,58899999	1	3,58899999	3,58899999	3,58899999	0,02%
3,60400009	7,20800018	2	3,60400009	3,60400009	3,60400009	0,05%
3,61000013	3,61000013	1	3,61000013	3,61000013	3,61000013	0,02%
3,62100005	18,10500026	5	3,62100005	3,62100005	3,62100005	0,11%
3,63499999	7,26999998	2	3,63499999	3,63499999	3,63499999	0,05%
3,63999987	7,27999973	2	3,63999987	3,63999987	3,63999987	0,05%
3,64000010	3,64000010	1	3,64000010	3,64000010	3,64000010	0,02%
3,65000010	7,30000019	2	3,65000010	3,65000010	3,65000010	0,05%
3,65199995	3,65199995	1	3,65199995	3,65199995	3,65199995	0,02%
3,66199994	7,32399988	2	3,66199994	3,66199994	3,66199994	0,05%
3,69400001	3,69400001	1	3,69400001	3,69400001	3,69400001	0,02%
3,70400000	7,40799999	2	3,70400000	3,70400000	3,70400000	0,05%
3,70799994	3,70799994	1	3,70799994	3,70799994	3,70799994	0,02%
3,72900009	3,72900009	1	3,72900009	3,72900009	3,72900009	0,02%
3,73499990	3,73499990	1	3,73499990	3,73499990	3,73499990	0,02%
3,75999999	18,79999995	5	3,75999999	3,75999999	3,75999999	0,11%
3,76699996	11,30099988	3	3,76699996	3,76699996	3,76699996	0,07%
3,78900003	3,78900003	1	3,78900003	3,78900003	3,78900003	0,02%
3,79099989	3,79099989	1	3,79099989	3,79099989	3,79099989	0,02%
3,80099988	7,60199976	2	3,80099988	3,80099988	3,80099988	0,05%
3,83299994	11,49899983	3	3,83299994	3,83299994	3,83299994	0,07%
3,83500004	15,34000015	4	3,83500004	3,83500004	3,83500004	0,09%
3,84000015	7,68000031	2	3,84000015	3,84000015	3,84000015	0,05%
3,84299994	11,52899981	3	3,84299994	3,84299994	3,84299994	0,07%
3,84699988	3,84699988	1	3,84699988	3,84699988	3,84699988	0,02%
3,85999990	3,85999990	1	3,85999990	3,85999990	3,85999990	0,02%
3,86500001	3,86500001	1	3,86500001	3,86500001	3,86500001	0,02%
3,86800003	34,81200027	9	3,86800003	3,86800003	3,86800003	0,21%
3,89899993	19,49499965	5	3,89899993	3,89899993	3,89899993	0,11%
3,90599990	31,24799919	8	3,90599990	3,90599990	3,90599990	0,18%
3,90700006	3,90700006	1	3,90700006	3,90700006	3,90700006	0,02%
3,91300011	15,65200043	4	3,91300011	3,91300011	3,91300011	0,09%
3,94700003	7,89400005	2	3,94700003	3,94700003	3,94700003	0,05%
3,95300007	3,95300007	1	3,95300007	3,95300007	3,95300007	0,02%
3,96000004	7,92000008	2	3,96000004	3,96000004	3,96000004	0,05%

Evaluación multicriterio para potencial eólico *offshore* en la Región de Coquimbo

Evaluación	sum	count	min	max	mean	Frecuencia (%)
3,97099972	3,97099972	1	3,97099972	3,97099972	3,97099972	0,02%
3,97199988	11,91599965	3	3,97199988	3,97199988	3,97199988	0,07%
3,97399998	19,86999989	5	3,97399998	3,97399998	3,97399998	0,11%
3,97900009	11,93700027	3	3,97900009	3,97900009	3,97900009	0,07%
3,98199987	11,94599962	3	3,98199987	3,98199987	3,98199987	0,07%
3,99199986	3,99199986	1	3,99199986	3,99199986	3,99199986	0,02%
4,01099968	8,02199936	2	4,01099968	4,01099968	4,01099968	0,05%
4,01300001	4,01300001	1	4,01300001	4,01300001	4,01300001	0,02%
4,01800013	4,01800013	1	4,01800013	4,01800013	4,01800013	0,02%
4,01999998	40,19999981	10	4,01999998	4,01999998	4,01999998	0,23%
4,03299999	4,03299999	1	4,03299999	4,03299999	4,03299999	0,02%
4,04500008	40,45000076	10	4,04500008	4,04500008	4,04500008	0,23%
4,05200005	8,10400009	2	4,05200005	4,05200005	4,05200005	0,05%
4,05299997	48,63599968	12	4,05299997	4,05299997	4,05299997	0,28%
4,06500006	4,06500006	1	4,06500006	4,06500006	4,06500006	0,02%
4,08400011	8,16800022	2	4,08400011	4,08400011	4,08400011	0,05%
4,08599997	8,17199993	2	4,08599997	4,08599997	4,08599997	0,05%
4,09899998	20,49499989	5	4,09899998	4,09899998	4,09899998	0,11%
4,11100006	20,55500031	5	4,11100006	4,11100006	4,11100006	0,11%
4,11699963	4,11699963	1	4,11699963	4,11699963	4,11699963	0,02%
4,11800003	24,70800018	6	4,11800003	4,11800003	4,11800003	0,14%
4,12500000	37,12500000	9	4,12500000	4,12500000	4,12500000	0,21%
4,12799978	4,12799978	1	4,12799978	4,12799978	4,12799978	0,02%
4,14499998	4,14499998	1	4,14499998	4,14499998	4,14499998	0,02%
4,17199993	8,34399986	2	4,17199993	4,17199993	4,17199993	0,05%
4,17700005	8,35400009	2	4,17700005	4,17700005	4,17700005	0,05%
4,18400002	20,92000008	5	4,18400002	4,18400002	4,18400002	0,11%
4,19099998	12,57299995	3	4,19099998	4,19099998	4,19099998	0,07%
4,19199991	16,76799965	4	4,19199991	4,19199991	4,19199991	0,09%
4,19799995	25,18799973	6	4,19799995	4,19799995	4,19799995	0,14%
4,20400000	4,20400000	1	4,20400000	4,20400000	4,20400000	0,02%
4,21099997	4,21099997	1	4,21099997	4,21099997	4,21099997	0,02%
4,21799994	4,21799994	1	4,21799994	4,21799994	4,21799994	0,02%
4,22099972	4,22099972	1	4,22099972	4,22099972	4,22099972	0,02%
4,23799992	25,42799950	6	4,23799992	4,23799992	4,23799992	0,14%
4,24499989	8,48999977	2	4,24499989	4,24499989	4,24499989	0,05%
4,25699997	80,88299942	19	4,25699997	4,25699997	4,25699997	0,44%
4,26399994	42,63999939	10	4,26399994	4,26399994	4,26399994	0,23%
4,28399992	8,56799984	2	4,28399992	4,28399992	4,28399992	0,05%
4,28700018	12,86100054	3	4,28700018	4,28700018	4,28700018	0,07%
4,29899979	12,89699936	3	4,29899979	4,29899979	4,29899979	0,07%
4,31099987	64,66499805	15	4,31099987	4,31099987	4,31099987	0,34%
4,31599998	25,89599991	6	4,31599998	4,31599998	4,31599998	0,14%
4,32299995	21,61499977	5	4,32299995	4,32299995	4,32299995	0,11%
4,32999992	4,32999992	1	4,32999992	4,32999992	4,32999992	0,02%
4,33699989	56,38099861	13	4,33699989	4,33699989	4,33699989	0,30%

Evaluación multicriterio para potencial eólico *offshore* en la Región de Coquimbo

Evaluación	sum	count	min	max	mean	Frecuencia (%)
4,35699987	4,35699987	1	4,35699987	4,35699987	4,35699987	0,02%
4,35700035	13,07100105	3	4,35700035	4,35700035	4,35700035	0,07%
4,36000013	4,36000013	1	4,36000013	4,36000013	4,36000013	0,02%
4,37699986	13,13099957	3	4,37699986	4,37699986	4,37699986	0,07%
4,38399982	8,76799965	2	4,38399982	4,38399982	4,38399982	0,05%
4,38499975	17,53999901	4	4,38499975	4,38499975	4,38499975	0,09%
4,38899994	13,16699982	3	4,38899994	4,38899994	4,38899994	0,07%
4,39199972	4,39199972	1	4,39199972	4,39199972	4,39199972	0,02%
4,39299965	8,78599930	2	4,39299965	4,39299965	4,39299965	0,05%
4,39599991	118,69199753	27	4,39599991	4,39599991	4,39599991	0,62%
4,40299988	48,43299866	11	4,40299988	4,40299988	4,40299988	0,25%
4,41399956	4,41399956	1	4,41399956	4,41399956	4,41399956	0,02%
4,42100000	13,26300001	3	4,42100000	4,42100000	4,42100000	0,07%
4,42299986	30,96099901	7	4,42299986	4,42299986	4,42299986	0,16%
4,43799973	17,75199890	4	4,43799973	4,43799973	4,43799973	0,09%
4,44999981	8,89999962	2	4,44999981	4,44999981	4,44999981	0,05%
4,45499992	196,01999664	44	4,45499992	4,45499992	4,45499992	1,01%
4,46199989	4,46199989	1	4,46199989	4,46199989	4,46199989	0,02%
4,47600031	89,52000618	20	4,47600031	4,47600031	4,47600031	0,46%
4,48500013	13,45500040	3	4,48500013	4,48500013	4,48500013	0,07%
4,49600029	62,94400406	14	4,49600029	4,49600029	4,49600029	0,32%
4,49900007	4,49900007	1	4,49900007	4,49900007	4,49900007	0,02%
4,51099968	4,51099968	1	4,51099968	4,51099968	4,51099968	0,02%
4,51599979	4,51599979	1	4,51599979	4,51599979	4,51599979	0,02%
4,52299976	13,56899929	3	4,52299976	4,52299976	4,52299976	0,07%
4,52400017	4,52400017	1	4,52400017	4,52400017	4,52400017	0,02%
4,52799988	49,80799866	11	4,52799988	4,52799988	4,52799988	0,25%
4,53399944	4,53399944	1	4,53399944	4,53399944	4,53399944	0,02%
4,53499985	117,90999603	26	4,53499985	4,53499985	4,53499985	0,60%
4,54199982	13,62599945	3	4,54199982	4,54199982	4,54199982	0,07%
4,55299950	4,55299950	1	4,55299950	4,55299950	4,55299950	0,02%
4,55999994	22,79999971	5	4,55999994	4,55999994	4,55999994	0,11%
4,56200027	27,37200165	6	4,56200027	4,56200027	4,56200027	0,14%
4,56300020	9,12600040	2	4,56300020	4,56300020	4,56300020	0,05%
4,56900024	9,13800049	2	4,56900024	4,56900024	4,56900024	0,05%
4,57699966	9,15399933	2	4,57699966	4,57699966	4,57699966	0,05%
4,58500004	4,58500004	1	4,58500004	4,58500004	4,58500004	0,02%
4,58899975	4,58899975	1	4,58899975	4,58899975	4,58899975	0,02%
4,59599972	13,78799915	3	4,59599972	4,59599972	4,59599972	0,07%
4,59700012	4,59700012	1	4,59700012	4,59700012	4,59700012	0,02%
4,60099983	101,22199631	22	4,60099983	4,60099983	4,60099983	0,50%
4,60699940	4,60699940	1	4,60699940	4,60699940	4,60699940	0,02%
4,60799980	119,80799484	26	4,60799980	4,60799980	4,60799980	0,60%
4,61500025	189,21501017	41	4,61500025	4,61500025	4,61500025	0,94%
4,62099981	13,86299944	3	4,62099981	4,62099981	4,62099981	0,07%
4,62400007	9,24800014	2	4,62400007	4,62400007	4,62400007	0,05%

Evaluación multicriterio para potencial eólico *offshore* en la Región de Coquimbo

Evaluación	sum	count	min	max	mean	Frecuencia (%)
4,63500023	37,08000183	8	4,63500023	4,63500023	4,63500023	0,18%
4,63800001	13,91400003	3	4,63800001	4,63800001	4,63800001	0,07%
4,64999962	13,94999886	3	4,64999962	4,64999962	4,64999962	0,07%
4,65500021	23,27500105	5	4,65500021	4,65500021	4,65500021	0,11%
4,66199970	9,32399940	2	4,66199970	4,66199970	4,66199970	0,05%
4,66899967	4,66899967	1	4,66899967	4,66899967	4,66899967	0,02%
4,67399979	257,06998825	55	4,67399979	4,67399979	4,67399979	1,26%
4,67699957	4,67699957	1	4,67699957	4,67699957	4,67699957	0,02%
4,67999935	4,67999935	1	4,67999935	4,67999935	4,67999935	0,02%
4,68099976	182,55899048	39	4,68099976	4,68099976	4,68099976	0,89%
4,68800020	23,44000101	5	4,68800020	4,68800020	4,68800020	0,11%
4,69000006	4,69000006	1	4,69000006	4,69000006	4,69000006	0,02%
4,71600008	18,86400032	4	4,71600008	4,71600008	4,71600008	0,09%
4,72299957	4,72299957	1	4,72299957	4,72299957	4,72299957	0,02%
4,72399998	4,72399998	1	4,72399998	4,72399998	4,72399998	0,02%
4,72800016	4,72800016	1	4,72800016	4,72800016	4,72800016	0,02%
4,73499966	28,40999794	6	4,73499966	4,73499966	4,73499966	0,14%
4,74399948	4,74399948	1	4,74399948	4,74399948	4,74399948	0,02%
4,74699974	2197,86087990	463	4,74699974	4,74699974	4,74699974	10,62%
4,75400019	209,17600822	44	4,75400019	4,75400019	4,75400019	1,01%
4,75599957	4,75599957	1	4,75599957	4,75599957	4,75599957	0,02%
4,75999975	4,75999975	1	4,75999975	4,75999975	4,75999975	0,02%
4,76300001	23,81500006	5	4,76300001	4,76300001	4,76300001	0,11%
4,77699995	9,55399990	2	4,77699995	4,77699995	4,77699995	0,05%
4,78799963	9,57599926	2	4,78799963	4,78799963	4,78799963	0,05%
4,80100012	9,60200024	2	4,80100012	4,80100012	4,80100012	0,05%
4,80799961	9,61599922	2	4,80799961	4,80799961	4,80799961	0,05%
4,81999969	4877,83969116	1012	4,81999969	4,81999969	4,81999969	23,22%
4,82399988	14,47199965	3	4,82399988	4,82399988	4,82399988	0,07%
4,82700014	57,92400169	12	4,82700014	4,82700014	4,82700014	0,28%
4,82900000	9,65799999	2	4,82900000	4,82900000	4,82900000	0,05%
4,85500002	14,56500006	3	4,85500002	4,85500002	4,85500002	0,07%
4,86199999	19,44799995	4	4,86199999	4,86199999	4,86199999	0,09%
4,87400007	48,74000072	10	4,87400007	4,87400007	4,87400007	0,23%
4,88800001	19,55200005	4	4,88800001	4,88800001	4,88800001	0,09%
4,89300013	6825,73517561	1395	4,89300013	4,89300013	4,89300013	32,01%
4,91599989	34,41199923	7	4,91599989	4,91599989	4,91599989	0,16%
4,92799997	9,85599995	2	4,92799997	4,92799997	4,92799997	0,05%
4,93499994	24,67499971	5	4,93499994	4,93499994	4,93499994	0,11%
4,94700003	93,99300051	19	4,94700003	4,94700003	4,94700003	0,44%
4,95400000	4,95400000	1	4,95400000	4,95400000	4,95400000	0,02%
4,95599937	4,95599937	1	4,95599937	4,95599937	4,95599937	0,02%
4,96600008	1191,84001923	240	4,96600008	4,96600008	4,96600008	5,51%
4,98799992	4,98799992	1	4,98799992	4,98799992	4,98799992	0,02%
4,98899984	9,97799969	2	4,98899984	4,98899984	4,98899984	0,05%
5,00000000	5,00000000	1	5,00000000	5,00000000	5,00000000	0,02%

Evaluación multicriterio para potencial eólico *offshore* en la Región de Coquimbo

Evaluación	sum	count	min	max	mean	Frecuencia (%)
5,00099993	10,00199986	2	5,00099993	5,00099993	5,00099993	0,05%
5,00799990	5,00799990	1	5,00799990	5,00799990	5,00799990	0,02%
5,00999975	5,00999975	1	5,00999975	5,00999975	5,00999975	0,02%
5,02699995	30,16199970	6	5,02699995	5,02699995	5,02699995	0,14%
5,05200005	10,10400009	2	5,05200005	5,05200005	5,05200005	0,05%
5,05500031	15,16500092	3	5,05500031	5,05500031	5,05500031	0,07%
5,06199980	10,12399960	2	5,06199980	5,06199980	5,06199980	0,05%
5,07399988	121,77599716	24	5,07399988	5,07399988	5,07399988	0,55%
5,08299971	5,08299971	1	5,08299971	5,08299971	5,08299971	0,02%
5,08599997	10,17199993	2	5,08599997	5,08599997	5,08599997	0,05%
5,12800026	20,51200104	4	5,12800026	5,12800026	5,12800026	0,09%
5,13499975	10,26999950	2	5,13499975	5,13499975	5,13499975	0,05%
5,14699984	10,29399967	2	5,14699984	5,14699984	5,14699984	0,05%
5,15900040	15,47700119	3	5,15900040	5,15900040	5,15900040	0,07%
5,16600037	5,16600037	1	5,16600037	5,16600037	5,16600037	0,02%
5,17700005	5,17700005	1	5,17700005	5,17700005	5,17700005	0,02%
5,19099998	15,57299995	3	5,19099998	5,19099998	5,19099998	0,07%
5,20100021	41,60800171	8	5,20100021	5,20100021	5,20100021	0,18%
5,21300030	5,21300030	1	5,21300030	5,21300030	5,21300030	0,02%
5,23200035	10,46400070	2	5,23200035	5,23200035	5,23200035	0,05%
5,27400017	84,38400269	16	5,27400017	5,27400017	5,27400017	0,37%
5,28600025	37,00200176	7	5,28600025	5,28600025	5,28600025	0,16%
5,31599998	26,57999992	5	5,31599998	5,31599998	5,31599998	0,11%
5,32999992	5,32999992	1	5,32999992	5,32999992	5,32999992	0,02%
5,35900021	5,35900021	1	5,35900021	5,35900021	5,35900021	0,02%
5,38899994	5,38899994	1	5,38899994	5,38899994	5,38899994	0,02%
5,39099979	5,39099979	1	5,39099979	5,39099979	5,39099979	0,02%
5,40299988	5,40299988	1	5,40299988	5,40299988	5,40299988	0,02%
5,41300011	21,65200043	4	5,41300011	5,41300011	5,41300011	0,09%
5,45499992	65,45999908	12	5,45499992	5,45499992	5,45499992	0,28%
5,47599983	5,47599983	1	5,47599983	5,47599983	5,47599983	0,02%
5,51599979	5,51599979	1	5,51599979	5,51599979	5,51599979	0,02%
5,52799988	16,58399963	3	5,52799988	5,52799988	5,52799988	0,07%
5,59399986	44,75199890	8	5,59399986	5,59399986	5,59399986	0,18%
5,60099983	22,40399933	4	5,60099983	5,60099983	5,60099983	0,09%
5,65499973	16,96499920	3	5,65499973	5,65499973	5,65499973	0,07%
5,66699982	11,33399963	2	5,66699982	5,66699982	5,66699982	0,05%
5,67399979	45,39199829	8	5,67399979	5,67399979	5,67399979	0,18%
5,73999977	17,21999931	3	5,73999977	5,73999977	5,73999977	0,07%
5,79399967	5,79399967	1	5,79399967	5,79399967	5,79399967	0,02%
5,80099964	5,80099964	1	5,80099964	5,80099964	5,80099964	0,02%
5,81299973	93,00799561	16	5,81299973	5,81299973	5,81299973	0,37%
5,87399960	5,87399960	1	5,87399960	5,87399960	5,87399960	0,02%
5,88599968	5,88599968	1	5,88599968	5,88599968	5,88599968	0,02%
5,95199966	35,71199799	6	5,95199966	5,95199966	5,95199966	0,14%
6,01299953	6,01299953	1	6,01299953	6,01299953	6,01299953	0,02%

Evaluación multicriterio para potencial eólico *offshore* en la Región de Coquimbo

Evaluación	sum	count	min	max	mean	Frecuencia (%)
6,08599949	6,08599949	1	6,08599949	6,08599949	6,08599949	0,02%

8.6. Resultados Escenario 3

Evaluación	sum	count	min	max	mean	Frecuencia (%)
0,6220000	1,8660001	3	0,62200004	0,62200004	0,62200004	0,00068839
0,7400000	0,7400000	1	0,74000001	0,74000001	0,74000001	0,00022946
0,8060000	0,8060000	1	0,80599999	0,80599999	0,80599999	0,00022946
0,9449999	0,9449999	1	0,94499993	0,94499993	0,94499993	0,00022946
0,9460000	1,8920000	2	0,94599998	0,94599998	0,94599998	0,00045893
0,9999999	0,9999999	1	0,99999994	0,99999994	0,99999994	0,00022946
1,1180000	2,2360001	2	1,11800003	1,11800003	1,11800003	0,00045893
1,1840000	2,3680000	2	1,18400002	1,18400002	1,18400002	0,00045893
1,2470000	1,2470000	1	1,24699998	1,24699998	1,24699998	0,00022946
1,3240000	1,3240000	1	1,32400000	1,32400000	1,32400000	0,00022946
1,3770000	1,3770000	1	1,37699997	1,37699997	1,37699997	0,00022946
1,4310000	1,4310000	1	1,43099999	1,43099999	1,43099999	0,00022946
1,4860001	8,9160004	6	1,48600006	1,48600006	1,48600006	0,00137678
1,4969999	1,4969999	1	1,49699986	1,49699986	1,49699986	0,00022946
1,5489999	3,0979998	2	1,54899991	1,54899991	1,54899991	0,00045893
1,6249999	1,6249999	1	1,62499988	1,62499988	1,62499988	0,00022946
1,6700000	1,6700000	1	1,66999996	1,66999996	1,66999996	0,00022946
1,6789999	5,0369997	3	1,67899990	1,67899990	1,67899990	0,00068839
1,7989999	1,7989999	1	1,79899991	1,79899991	1,79899991	0,00022946
1,9269999	3,8539999	2	1,92699993	1,92699993	1,92699993	0,00045893
1,9280000	1,9280000	1	1,92799997	1,92799997	1,92799997	0,00022946
1,9719999	3,9439998	2	1,97199988	1,97199988	1,97199988	0,00045893
2,0479999	4,0959997	2	2,04799986	2,04799986	2,04799986	0,00045893
2,0560000	4,1120000	2	2,05599999	2,05599999	2,05599999	0,00045893
2,1110001	2,1110001	1	2,11100006	2,11100006	2,11100006	0,00022946
2,1120000	4,2240000	2	2,11199999	2,11199999	2,11199999	0,00045893
2,1769998	2,1769998	1	2,17699981	2,17699981	2,17699981	0,00022946
2,1859999	2,1859999	1	2,18599987	2,18599987	2,18599987	0,00022946
2,1939998	2,1939998	1	2,19399977	2,19399977	2,19399977	0,00022946
2,2289999	2,2289999	1	2,22899985	2,22899985	2,22899985	0,00022946
2,2949996	4,5899992	2	2,29499960	2,29499960	2,29499960	0,00045893
2,3059998	4,6119995	2	2,30599976	2,30599976	2,30599976	0,00045893
2,3499997	14,0999980	6	2,34999967	2,34999967	2,34999967	0,00137678
2,3579998	2,3579998	1	2,35799980	2,35799980	2,35799980	0,00022946
2,3589997	2,3589997	1	2,35899973	2,35899973	2,35899973	0,00022946
2,3719997	2,3719997	1	2,37199974	2,37199974	2,37199974	0,00022946
2,4339998	2,4339998	1	2,43399978	2,43399978	2,43399978	0,00022946
2,4789999	7,4369996	3	2,47899985	2,47899985	2,47899985	0,00068839
2,4899998	4,9799995	2	2,48999977	2,48999977	2,48999977	0,00045893
2,5429997	2,5429997	1	2,54299974	2,54299974	2,54299974	0,00022946
2,6079998	2,6079998	1	2,60799980	2,60799980	2,60799980	0,00022946
2,6180000	2,6180000	1	2,61800003	2,61800003	2,61800003	0,00022946
2,6209998	2,6209998	1	2,62099981	2,62099981	2,62099981	0,00022946
2,6729999	5,3459997	2	2,67299986	2,67299986	2,67299986	0,00045893

Evaluación multicriterio para potencial eólico *offshore* en la Región de Coquimbo

Evaluación	sum	count	min	max	mean	Frecuencia (%)
2,7359998	2,7359998	1	2,73599982	2,73599982	2,73599982	0,00022946
2,7589998	2,7589998	1	2,75899982	2,75899982	2,75899982	0,00022946
2,7809999	2,7809999	1	2,78099990	2,78099990	2,78099990	0,00022946
2,8569999	14,2849994	5	2,85699987	2,85699987	2,85699987	0,00114732
2,8650000	8,5950000	3	2,86500001	2,86500001	2,86500001	0,00068839
2,8699999	5,7399998	2	2,86999989	2,86999989	2,86999989	0,00045893
2,8879998	2,8879998	1	2,88799977	2,88799977	2,88799977	0,00022946
2,9209998	26,2889979	9	2,92099977	2,92099977	2,92099977	0,00206517
3,0169997	3,0169997	1	3,01699972	3,01699972	3,01699972	0,00022946
3,0379999	3,0379999	1	3,03799987	3,03799987	3,03799987	0,00022946
3,0409999	3,0409999	1	3,04099989	3,04099989	3,04099989	0,00022946
3,0490000	3,0490000	1	3,04900002	3,04900002	3,04900002	0,00022946
3,1039999	6,2079997	2	3,10399985	3,10399985	3,10399985	0,00045893
3,1529996	6,3059993	2	3,15299964	3,15299964	3,15299964	0,00045893
3,1589999	9,4769998	3	3,15899992	3,15899992	3,15899992	0,00068839
3,1670001	3,1670001	1	3,16700006	3,16700006	3,16700006	0,00022946
3,1699998	6,3399997	2	3,16999984	3,16999984	3,16999984	0,00045893
3,1879997	3,1879997	1	3,18799973	3,18799973	3,18799973	0,00022946
3,2079997	3,2079997	1	3,20799971	3,20799971	3,20799971	0,00022946
3,2140000	12,8559999	4	3,21399999	3,21399999	3,21399999	0,00091785
3,2429998	3,2429998	1	3,24299979	3,24299979	3,24299979	0,00022946
3,2659998	6,5319996	2	3,26599979	3,26599979	3,26599979	0,00045893
3,3429999	13,3719997	4	3,34299994	3,34299994	3,34299994	0,00091785
3,3859999	3,3859999	1	3,38599992	3,38599992	3,38599992	0,00022946
3,3949997	6,7899995	2	3,39499974	3,39499974	3,39499974	0,00045893
3,4269998	3,4269998	1	3,42699981	3,42699981	3,42699981	0,00022946
3,4369998	10,3109994	3	3,43699980	3,43699980	3,43699980	0,00068839
3,4499998	3,4499998	1	3,44999981	3,44999981	3,44999981	0,00022946
3,4719999	6,9439998	2	3,47199988	3,47199988	3,47199988	0,00045893
3,4909997	3,4909997	1	3,49099970	3,49099970	3,49099970	0,00022946
3,5049996	3,5049996	1	3,50499964	3,50499964	3,50499964	0,00022946
3,5149999	3,5149999	1	3,51499987	3,51499987	3,51499987	0,00022946
3,5309997	17,6549983	5	3,53099966	3,53099966	3,53099966	0,00114732
3,5369997	3,5369997	1	3,53699970	3,53699970	3,53699970	0,00022946
3,5449998	3,5449998	1	3,54499984	3,54499984	3,54499984	0,00022946
3,5609999	3,5609999	1	3,56099987	3,56099987	3,56099987	0,00022946
3,5659997	7,1319995	2	3,56599975	3,56599975	3,56599975	0,00045893
3,5730000	3,5730000	1	3,57299995	3,57299995	3,57299995	0,00022946
3,5859997	3,5859997	1	3,58599973	3,58599973	3,58599973	0,00022946
3,6009998	43,2119980	12	3,60099983	3,60099983	3,60099983	0,00275356
3,6409996	10,9229987	3	3,64099956	3,64099956	3,64099956	0,00068839
3,6450000	3,6450000	1	3,64499998	3,64499998	3,64499998	0,00022946
3,6659997	3,6659997	1	3,66599965	3,66599965	3,66599965	0,00022946
3,6669998	7,3339996	2	3,66699982	3,66699982	3,66699982	0,00045893
3,6739998	18,3699989	5	3,67399979	3,67399979	3,67399979	0,00114732
3,6949997	7,3899994	2	3,69499969	3,69499969	3,69499969	0,00045893

Evaluación multicriterio para potencial eólico *offshore* en la Región de Coquimbo

Evaluación	sum	count	min	max	mean	Frecuencia (%)
3,6959996	7,3919992	2	3,69599962	3,69599962	3,69599962	0,00045893
3,7019997	7,4039993	2	3,70199966	3,70199966	3,70199966	0,00045893
3,7209997	18,6049986	5	3,72099972	3,72099972	3,72099972	0,00114732
3,7219999	3,7219999	1	3,72199988	3,72199988	3,72199988	0,00022946
3,7269998	3,7269998	1	3,72699976	3,72699976	3,72699976	0,00022946
3,7289999	7,4579997	2	3,72899985	3,72899985	3,72899985	0,00045893
3,7509997	15,0039988	4	3,75099969	3,75099969	3,75099969	0,00091785
3,7799997	3,7799997	1	3,77999973	3,77999973	3,77999973	0,00022946
3,7929997	3,7929997	1	3,79299974	3,79299974	3,79299974	0,00022946
3,8029997	11,4089992	3	3,80299973	3,80299973	3,80299973	0,00068839
3,8149998	11,4449995	3	3,81499982	3,81499982	3,81499982	0,00068839
3,8220000	3,8220000	1	3,82200003	3,82200003	3,82200003	0,00022946
3,8329997	3,8329997	1	3,83299971	3,83299971	3,83299971	0,00022946
3,8499997	3,8499997	1	3,84999967	3,84999967	3,84999967	0,00022946
3,9029999	7,8059998	2	3,90299988	3,90299988	3,90299988	0,00045893
3,9089997	19,5449984	5	3,90899968	3,90899968	3,90899968	0,00114732
3,9129996	7,8259993	2	3,91299963	3,91299963	3,91299963	0,00045893
3,9379997	3,9379997	1	3,93799973	3,93799973	3,93799973	0,00022946
3,9389997	11,8169990	3	3,93899965	3,93899965	3,93899965	0,00068839
3,9439998	23,6639986	6	3,94399977	3,94399977	3,94399977	0,00137678
3,9509997	3,9509997	1	3,95099974	3,95099974	3,95099974	0,00022946
3,9579999	7,9159999	2	3,95799994	3,95799994	3,95799994	0,00045893
3,9639997	11,8919992	3	3,96399975	3,96399975	3,96399975	0,00068839
3,9679997	7,9359994	2	3,96799970	3,96799970	3,96799970	0,00045893
3,9689999	3,9689999	1	3,96899986	3,96899986	3,96899986	0,00022946
3,9759998	7,9519997	2	3,97599983	3,97599983	3,97599983	0,00045893
3,9789996	15,9159985	4	3,97899961	3,97899961	3,97899961	0,00091785
4,0189996	32,1519966	8	4,01899958	4,01899958	4,01899958	0,00183570
4,0229998	28,1609983	7	4,02299976	4,02299976	4,02299976	0,00160624
4,0289998	4,0289998	1	4,02899981	4,02899981	4,02899981	0,00022946
4,0449996	12,1349988	3	4,04499960	4,04499960	4,04499960	0,00068839
4,0520000	4,0520000	1	4,05200005	4,05200005	4,05200005	0,00022946
4,0590000	4,0590000	1	4,05900002	4,05900002	4,05900002	0,00022946
4,0730000	12,2189999	3	4,07299995	4,07299995	4,07299995	0,00068839
4,0739999	12,2219996	3	4,07399988	4,07399988	4,07399988	0,00068839
4,1050000	16,4200001	4	4,10500002	4,10500002	4,10500002	0,00091785
4,1289997	8,2579994	2	4,12899971	4,12899971	4,12899971	0,00045893
4,1499996	4,1499996	1	4,14999962	4,14999962	4,14999962	0,00022946
4,1519995	16,6079979	4	4,15199947	4,15199947	4,15199947	0,00091785
4,1549997	8,3099995	2	4,15499973	4,15499973	4,15499973	0,00045893
4,1579995	8,3159990	2	4,15799952	4,15799952	4,15799952	0,00045893
4,1690001	4,1690001	1	4,16900015	4,16900015	4,16900015	0,00022946
4,1809998	16,7239990	4	4,18099976	4,18099976	4,18099976	0,00091785
4,1839995	37,6559958	9	4,18399954	4,18399954	4,18399954	0,00206517
4,1929998	4,1929998	1	4,19299984	4,19299984	4,19299984	0,00022946
4,2110000	21,0549998	5	4,21099997	4,21099997	4,21099997	0,00114732

Evaluación multicriterio para potencial eólico *offshore* en la Región de Coquimbo

Evaluación	sum	count	min	max	mean	Frecuencia (%)
4,2339997	4,2339997	1	4,23399973	4,23399973	4,23399973	0,00022946
4,2359996	4,2359996	1	4,23599958	4,23599958	4,23599958	0,00022946
4,2360001	4,2360001	1	4,23600006	4,23600006	4,23600006	0,00022946
4,2389998	25,4339991	6	4,23899984	4,23899984	4,23899984	0,00137678
4,2659998	4,2659998	1	4,26599979	4,26599979	4,26599979	0,00022946
4,2809997	17,1239986	4	4,28099966	4,28099966	4,28099966	0,00091785
4,2869997	21,4349985	5	4,28699970	4,28699970	4,28699970	0,00114732
4,2910004	4,2910004	1	4,29100037	4,29100037	4,29100037	0,00022946
4,3120003	4,3120003	1	4,31200027	4,31200027	4,31200027	0,00022946
4,3169999	8,6339998	2	4,31699991	4,31699991	4,31699991	0,00045893
4,3219995	21,6099977	5	4,32199955	4,32199955	4,32199955	0,00114732
4,3360000	56,3679996	13	4,33599997	4,33599997	4,33599997	0,00298302
4,3379998	4,3379998	1	4,33799982	4,33799982	4,33799982	0,00022946
4,3419995	13,0259986	3	4,34199953	4,34199953	4,34199953	0,00068839
4,3460002	4,3460002	1	4,34600019	4,34600019	4,34600019	0,00022946
4,3469996	13,0409989	3	4,34699965	4,34699965	4,34699965	0,00068839
4,3769994	4,3769994	1	4,37699938	4,37699938	4,37699938	0,00022946
4,3969998	43,9699984	10	4,39699984	4,39699984	4,39699984	0,00229463
4,4179997	4,4179997	1	4,41799974	4,41799974	4,41799974	0,00022946
4,4229994	8,8459988	2	4,42299938	4,42299938	4,42299938	0,00045893
4,4509997	13,3529992	3	4,45099974	4,45099974	4,45099974	0,00068839
4,4519997	26,7119980	6	4,45199966	4,45199966	4,45199966	0,00137678
4,4569998	4,4569998	1	4,45699978	4,45699978	4,45699978	0,00022946
4,4600000	8,9200001	2	4,46000004	4,46000004	4,46000004	0,00045893
4,4670000	4,4670000	1	4,46700001	4,46700001	4,46700001	0,00022946
4,4779992	8,9559984	2	4,47799921	4,47799921	4,47799921	0,00045893
4,5069995	13,5209985	3	4,50699949	4,50699949	4,50699949	0,00068839
4,5119996	4,5119996	1	4,51199961	4,51199961	4,51199961	0,00022946
4,5299997	22,6499987	5	4,52999973	4,52999973	4,52999973	0,00114732
4,5329995	9,0659990	2	4,53299952	4,53299952	4,53299952	0,00045893
4,5359998	9,0719995	2	4,53599977	4,53599977	4,53599977	0,00045893
4,5380001	4,5380001	1	4,53800011	4,53800011	4,53800011	0,00022946
4,5589995	9,1179991	2	4,55899954	4,55899954	4,55899954	0,00045893
4,5609999	4,5609999	1	4,56099987	4,56099987	4,56099987	0,00022946
4,5619998	45,6199980	10	4,56199980	4,56199980	4,56199980	0,00229463
4,5799999	18,3199997	4	4,57999992	4,57999992	4,57999992	0,00091785
4,5829997	4,5829997	1	4,58299971	4,58299971	4,58299971	0,00022946
4,5889997	55,0679970	12	4,58899975	4,58899975	4,58899975	0,00275356
4,5909996	4,5909996	1	4,59099960	4,59099960	4,59099960	0,00022946
4,5949993	9,1899986	2	4,59499931	4,59499931	4,59499931	0,00045893
4,5959997	4,5959997	1	4,59599972	4,59599972	4,59599972	0,00022946
4,6120000	4,6120000	1	4,61199999	4,61199999	4,61199999	0,00022946
4,6139994	13,8419981	3	4,61399937	4,61399937	4,61399937	0,00068839
4,6169996	60,0209951	13	4,61699963	4,61699963	4,61699963	0,00298302
4,6379995	4,6379995	1	4,63799953	4,63799953	4,63799953	0,00022946
4,6380000	13,9140000	3	4,63800001	4,63800001	4,63800001	0,00068839

Evaluación multicriterio para potencial eólico *offshore* en la Región de Coquimbo

Evaluación	sum	count	min	max	mean	Frecuencia (%)
4,6439996	13,9319987	3	4,64399958	4,64399958	4,64399958	0,00068839
4,6589999	13,9769998	3	4,65899992	4,65899992	4,65899992	0,00068839
4,6669998	9,3339996	2	4,66699982	4,66699982	4,66699982	0,00045893
4,6670003	9,3340006	2	4,66700029	4,66700029	4,66700029	0,00045893
4,6689997	4,6689997	1	4,66899967	4,66899967	4,66899967	0,00022946
4,6929998	4,6929998	1	4,69299984	4,69299984	4,69299984	0,00022946
4,6949997	32,8649979	7	4,69499969	4,69499969	4,69499969	0,00160624
4,6989999	18,7959995	4	4,69899988	4,69899988	4,69899988	0,00091785
4,7089996	9,4179993	2	4,70899963	4,70899963	4,70899963	0,00045893
4,7140002	9,4280005	2	4,71400023	4,71400023	4,71400023	0,00045893
4,7159996	4,7159996	1	4,71599960	4,71599960	4,71599960	0,00022946
4,7199998	23,5999990	5	4,71999979	4,71999979	4,71999979	0,00114732
4,7220001	9,4440002	2	4,72200012	4,72200012	4,72200012	0,00045893
4,7249999	4,7249999	1	4,72499990	4,72499990	4,72499990	0,00022946
4,7499995	9,4999990	2	4,74999952	4,74999952	4,74999952	0,00045893
4,7539997	38,0319977	8	4,75399971	4,75399971	4,75399971	0,00183570
4,7549996	4,7549996	1	4,75499964	4,75499964	4,75499964	0,00022946
4,7750001	23,8750005	5	4,77500010	4,77500010	4,77500010	0,00114732
4,7770000	14,3309999	3	4,77699995	4,77699995	4,77699995	0,00068839
4,7960000	4,7960000	1	4,79600000	4,79600000	4,79600000	0,00022946
4,7999997	4,7999997	1	4,79999971	4,79999971	4,79999971	0,00022946
4,8049998	9,6099997	2	4,80499983	4,80499983	4,80499983	0,00045893
4,8219995	14,4659986	3	4,82199955	4,82199955	4,82199955	0,00068839
4,8299999	91,7699986	19	4,82999992	4,82999992	4,82999992	0,00435980
4,8319998	48,3199978	10	4,83199978	4,83199978	4,83199978	0,00229463
4,8379993	14,5139980	3	4,83799934	4,83799934	4,83799934	0,00068839
4,8599997	9,7199993	2	4,85999966	4,85999966	4,85999966	0,00045893
4,8849998	4,8849998	1	4,88499975	4,88499975	4,88499975	0,00022946
4,8899999	4,8899999	1	4,88999987	4,88999987	4,88999987	0,00022946
4,9109998	14,7329993	3	4,91099977	4,91099977	4,91099977	0,00068839
4,9349995	4,9349995	1	4,93499947	4,93499947	4,93499947	0,00022946
4,9369998	19,7479992	4	4,93699980	4,93699980	4,93699980	0,00091785
4,9400001	54,3400006	11	4,94000006	4,94000006	4,94000006	0,00252409
4,9449997	4,9449997	1	4,94499969	4,94499969	4,94499969	0,00022946
4,9579997	4,9579997	1	4,95799971	4,95799971	4,95799971	0,00022946
4,9610000	39,6879997	8	4,96099997	4,96099997	4,96099997	0,00183570
4,9659996	14,8979988	3	4,96599960	4,96599960	4,96599960	0,00068839
4,9669995	39,7359962	8	4,96699953	4,96699953	4,96699953	0,00183570
4,9689999	4,9689999	1	4,96899986	4,96899986	4,96899986	0,00022946
4,9949999	99,8999977	20	4,99499989	4,99499989	4,99499989	0,00458926
5,0129995	5,0129995	1	5,01299953	5,01299953	5,01299953	0,00022946
5,0159998	5,0159998	1	5,01599979	5,01599979	5,01599979	0,00022946
5,0160003	70,2240038	14	5,01600027	5,01600027	5,01600027	0,00321248
5,0209994	5,0209994	1	5,02099943	5,02099943	5,02099943	0,00022946
5,0219994	10,0439987	2	5,02199936	5,02199936	5,02199936	0,00045893
5,0429997	10,0859995	2	5,04299974	5,04299974	5,04299974	0,00045893

Evaluación multicriterio para potencial eólico *offshore* en la Región de Coquimbo

Evaluación	sum	count	min	max	mean	Frecuencia (%)
5,0469999	20,1879997	4	5,04699993	5,04699993	5,04699993	0,00091785
5,0569992	15,1709976	3	5,05699921	5,05699921	5,05699921	0,00068839
5,0640001	15,1920004	3	5,06400013	5,06400013	5,06400013	0,00068839
5,0710001	15,2130003	3	5,07100010	5,07100010	5,07100010	0,00068839
5,0730000	15,2189999	3	5,07299995	5,07299995	5,07299995	0,00068839
5,0769997	15,2309990	3	5,07699966	5,07699966	5,07699966	0,00068839
5,0929995	5,0929995	1	5,09299946	5,09299946	5,09299946	0,00022946
5,1000004	5,1000004	1	5,10000038	5,10000038	5,10000038	0,00022946
5,1019998	25,5099988	5	5,10199976	5,10199976	5,10199976	0,00114732
5,1279998	20,5119991	4	5,12799978	5,12799978	5,12799978	0,00091785
5,1319995	82,1119919	16	5,13199949	5,13199949	5,13199949	0,00367141
5,1419997	5,1419997	1	5,14199972	5,14199972	5,14199972	0,00022946
5,1529999	25,7649994	5	5,15299988	5,15299988	5,15299988	0,00114732
5,1550002	10,3100004	2	5,15500021	5,15500021	5,15500021	0,00045893
5,1569996	5,1569996	1	5,15699959	5,15699959	5,15699959	0,00022946
5,1789994	5,1789994	1	5,17899942	5,17899942	5,17899942	0,00022946
5,1830001	41,4640007	8	5,18300009	5,18300009	5,18300009	0,00183570
5,1859999	20,7439995	4	5,18599987	5,18599987	5,18599987	0,00091785
5,1869993	5,1869993	1	5,18699932	5,18699932	5,18699932	0,00022946
5,1929998	15,5789995	3	5,19299984	5,19299984	5,19299984	0,00068839
5,1999998	5,1999998	1	5,19999981	5,19999981	5,19999981	0,00022946
5,2029996	10,4059992	2	5,20299959	5,20299959	5,20299959	0,00045893
5,2079997	140,6159921	27	5,20799971	5,20799971	5,20799971	0,00619550
5,2159996	5,2159996	1	5,21599960	5,21599960	5,21599960	0,00022946
5,2289996	5,2289996	1	5,22899961	5,22899961	5,22899961	0,00022946
5,2339993	5,2339993	1	5,23399925	5,23399925	5,23399925	0,00022946
5,2379999	83,8079987	16	5,23799992	5,23799992	5,23799992	0,00367141
5,2579994	10,5159988	2	5,25799942	5,25799942	5,25799942	0,00045893
5,2709994	5,2709994	1	5,27099943	5,27099943	5,27099943	0,00022946
5,2889996	10,5779991	2	5,28899956	5,28899956	5,28899956	0,00045893
5,3030000	5,3030000	1	5,30299997	5,30299997	5,30299997	0,00022946
5,3059998	5,3059998	1	5,30599976	5,30599976	5,30599976	0,00022946
5,3149996	15,9449987	3	5,31499958	5,31499958	5,31499958	0,00068839
5,3179998	15,9539995	3	5,31799984	5,31799984	5,31799984	0,00068839
5,3259997	5,3259997	1	5,32599974	5,32599974	5,32599974	0,00022946
5,3319998	5,3319998	1	5,33199978	5,33199978	5,33199978	0,00022946
5,3389997	32,0339985	6	5,33899975	5,33899975	5,33899975	0,00137678
5,3439994	32,0639963	6	5,34399939	5,34399939	5,34399939	0,00137678
5,3579998	5,3579998	1	5,35799980	5,35799980	5,35799980	0,00022946
5,3699994	10,7399988	2	5,36999941	5,36999941	5,36999941	0,00045893
5,3729997	220,2929864	41	5,37299967	5,37299967	5,37299967	0,00940799
5,3940001	43,1520004	8	5,39400005	5,39400005	5,39400005	0,00183570
5,3989992	10,7979984	2	5,39899921	5,39899921	5,39899921	0,00045893
5,4059997	5,4059997	1	5,40599966	5,40599966	5,40599966	0,00022946
5,4129996	5,4129996	1	5,41299963	5,41299963	5,41299963	0,00022946
5,4210000	32,5260000	6	5,42100000	5,42100000	5,42100000	0,00137678

Evaluación multicriterio para potencial eólico *offshore* en la Región de Coquimbo

Evaluación	sum	count	min	max	mean	Frecuencia (%)
5,4249997	10,8499994	2	5,42499971	5,42499971	5,42499971	0,00045893
5,4279995	27,1399975	5	5,42799950	5,42799950	5,42799950	0,00114732
5,4349995	10,8699989	2	5,43499947	5,43499947	5,43499947	0,00045893
5,4419994	27,2099972	5	5,44199944	5,44199944	5,44199944	0,00114732
5,4759998	16,4279995	3	5,47599983	5,47599983	5,47599983	0,00068839
5,4799995	131,5199890	24	5,47999954	5,47999954	5,47999954	0,00550711
5,4870000	5,4870000	1	5,48699999	5,48699999	5,48699999	0,00022946
5,5089993	5,5089993	1	5,50899935	5,50899935	5,50899935	0,00022946
5,5099998	33,0599985	6	5,50999975	5,50999975	5,50999975	0,00137678
5,5310001	5,5310001	1	5,53100014	5,53100014	5,53100014	0,00022946
5,5349994	11,0699987	2	5,53499937	5,53499937	5,53499937	0,00045893
5,5419998	5,5419998	1	5,54199982	5,54199982	5,54199982	0,00022946
5,5569997	27,7849984	5	5,55699968	5,55699968	5,55699968	0,00114732
5,5639992	33,3839951	6	5,56399918	5,56399918	5,56399918	0,00137678
5,5860000	145,2359991	26	5,58599997	5,58599997	5,58599997	0,00596604
5,6119995	5,6119995	1	5,61199951	5,61199951	5,61199951	0,00022946
5,6159997	22,4639988	4	5,61599970	5,61599970	5,61599970	0,00091785
5,6289997	16,8869991	3	5,62899971	5,62899971	5,62899971	0,00068839
5,6409998	146,6659946	26	5,64099979	5,64099979	5,64099979	0,00596604
5,6669998	11,3339996	2	5,66699982	5,66699982	5,66699982	0,00045893
5,6840000	5,6840000	1	5,68400002	5,68400002	5,68400002	0,00022946
5,6960001	222,1440039	39	5,69600010	5,69600010	5,69600010	0,00894906
5,7100000	5,7100000	1	5,71000004	5,71000004	5,71000004	0,00022946
5,7219996	57,2199965	10	5,72199965	5,72199965	5,72199965	0,00229463
5,7509999	253,0439968	44	5,75099993	5,75099993	5,75099993	0,01009637
5,7579999	5,7579999	1	5,75799990	5,75799990	5,75799990	0,00022946
5,7769995	109,7629900	19	5,77699947	5,77699947	5,77699947	0,00435980
5,7989998	255,1559906	44	5,79899979	5,79899979	5,79899979	0,01009637
5,8059998	69,6719971	12	5,80599976	5,80599976	5,80599976	0,00275356
5,8129997	29,0649986	5	5,81299973	5,81299973	5,81299973	0,00114732
5,8390002	5,8390002	1	5,83900023	5,83900023	5,83900023	0,00022946
5,8539996	64,3939958	11	5,85399961	5,85399961	5,85399961	0,00252409
5,8579998	5,8579998	1	5,85799980	5,85799980	5,85799980	0,00022946
5,9089999	129,9979982	22	5,90899992	5,90899992	5,90899992	0,00504819
5,9129996	41,3909974	7	5,91299963	5,91299963	5,91299963	0,00160624
5,9419994	5,9419994	1	5,94199944	5,94199944	5,94199944	0,00022946
5,9639997	328,0199862	55	5,96399975	5,96399975	5,96399975	0,01262047
5,9679999	5,9679999	1	5,96799994	5,96799994	5,96799994	0,00022946
6,0189996	2786,7968040	463	6,01899958	6,01899958	6,01899958	0,10624140
6,0549994	12,1099987	2	6,05499935	6,05499935	6,05499935	0,00045893
6,0739999	6146,8878803	1012	6,07399988	6,07399988	6,07399988	0,23221661
6,0809994	6,0809994	1	6,08099937	6,08099937	6,08099937	0,00022946
6,1289997	8549,9545956	1395	6,12899971	6,12899971	6,12899971	0,32010096
6,1359992	12,2719984	2	6,13599920	6,13599920	6,13599920	0,00045893
6,1549993	12,3099985	2	6,15499926	6,15499926	6,15499926	0,00045893
6,1840000	1484,1600037	240	6,18400002	6,18400002	6,18400002	0,05507113

Evaluación multicriterio para potencial eólico *offshore* en la Región de Coquimbo

Evaluación	sum	count	min	max	mean	Frecuencia (%)
6,2099996	18,6299987	3	6,20999956	6,20999956	6,20999956	0,00068839
6,2649994	12,5299988	2	6,26499939	6,26499939	6,26499939	0,00045893