

## **8. ANALISIS DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **8.1 Resultados generales: mapas de velocidad media y densidad de potencia media.**

Los resultados del proyecto se resumen en el Anexo V, en la Tabla 8.1 (incluida al final de esta sección) y en los mapas de velocidad media del viento y densidad de potencia eólica que acompañan a este Informe. El desarrollo de un modelo de extrapolación espacial del viento y su aplicación en seis lugares donde se realizaron mediciones de velocidad y dirección del viento durante el proyecto constituye otro aporte para futuros trabajos de prospección eólica.

En el Anexo V se presentan los resultados obtenidos para cada estación. Aspectos parciales de estos resultados se resumen en la Tabla 8.1 donde se presentan los valores medios de velocidad, densidad de potencia eólica y potencia generable en las estaciones con periodos de registro disponible igual o superior a 6 meses. En esta misma tabla se incluyen valores de velocidad media anual calculados a partir de información publicada en Anuarios de la DMC y las correspondientes estimaciones de la densidad de potencia eólica según una fórmula empírica desarrollada en este estudio (ver pág. 6.8) que permite definir un orden de magnitud para este parámetro. En la Tabla 8.1 se presentan además los factores medios de utilización de los tres eologeneradores (33, 100 y 300 kW) utilizados como referencia.

En el Mapa 1 que acompaña a este Informe se presenta la distribución de las estaciones para las cuales fue posible obtener datos de viento a nivel horario. Se indican además los sitios donde se pudo contar con estadísticas mensuales de velocidad media o aquellos donde se han determinado valores confiables de densidad de potencia eólica en estudios previos. La densidad de estaciones varía considerablemente a lo largo del país, advirtiéndose extensas regiones en las cuales no existen estaciones o no fue posible recopilar datos. Esta carencia de información, a lo cual se suma la gran variabilidad espacial de la velocidad y dirección del viento

en Chile por factores topográficos, impide una extrapolación confiable de la velocidad a sectores sin información, haciendo impracticable la definición de isolíneas de velocidad o de densidad de potencia eólica.

En el Mapa 2 se presentan los valores de velocidad media anual para las estaciones indicadas en el Mapa 1 y aquéllos deducidos desde anuarios de la Dirección Meteorológica de Chile. Es necesario destacar que las velocidades medias presentadas no corresponden a un periodo homogéneo de medición, incluyéndose los valores provenientes de mediciones durante periodos superiores a 6 meses. Las velocidades medias indicadas entre paréntesis fueron calculadas a partir de periodos de registro de entre 6 y 9 meses. La falta de un periodo común de recopilación tiene un mayor impacto en el sector sur del país donde en términos generales la variabilidad interanual del viento es mayor. Los periodos de recopilación de datos para cada estación aparecen en la Tabla 4.10.

Las velocidades medias calculadas a partir de información publicada de anuarios de la DMC están calculadas en base a tres observaciones diarias, lo cual produce una sobre-estimación del valor real de la velocidad media anual en una magnitud aproximada de +0.4 m/s (ver Tabla 6.1). La precisión relativamente baja de estas observaciones es un factor adicional para considerarlas con cautela en trabajos de aplicación de energía eólica. La mayoría de las estaciones incluidas en los Mapas 1 y 2 no tienen como objetivo principal cuantificar el potencial eólico y por lo tanto, las características de instalación no son necesariamente las más adecuadas para esa tarea. A este respecto, resulta determinante la ubicación de la estación en el grado de representatividad espacial de los valores de velocidad y densidad de potencia eólica. En la aplicación del modelo de extrapolación del campo de viento aplicado a sectores costeros relativamente pequeños (4 x 4 kms) se estimaron diferencias de velocidad de hasta 30% con respecto al punto de medición, debido a factores topográficos y cambios en la rugosidad del terreno. Los errores en la estimación de la densidad de potencia se amplifican considerablemente como resultado de la dependencia cúbica con respecto a la velocidad.

En el Mapa 3 se presenta la distribución de la densidad de potencia eólica media calculada a partir de las series de velocidad del viento a nivel horario y las estimaciones a partir de la velocidad media anual deducida de los datos publicados en anuarios de la DMC. Es necesario enfatizar el carácter aproximado de estas estimaciones, las cuales se incluyen sólo con el propósito de entregar un orden de magnitud para el potencial eólico en los lugares donde no existe otro tipo de información que permita una estimación más confiable.

## **8.2 Aspectos generales del régimen de viento en Chile**

El régimen de vientos cerca de la superficie a través del país, es el resultado de interacciones entre el flujo de gran escala que predomina sobre la región, los flujos de escala media que se desarrollan por los contrastes térmicos entre océano y continente y por la presencia de relieve, las condiciones locales de la topografía y las características aerodinámicas de la superficie.

El flujo atmosférico de gran escala sobre la región se asocia a dos grandes sistemas meteorológicos: el anticiclón del Pacífico, que influye aproximadamente desde los 40° de latitud hacia el norte, y la zona correspondiente al paso de sistemas de mal tiempo, en el extremo austral del país.

Al anticiclón del Pacífico se asocia una circulación de dirección predominante desde el sur frente a las costas de la zona central y norte. Entre 30° S y 33° S, el flujo es algo más intenso que hacia el norte y sur de esa zona. El flujo de aire sobre el océano, es modificado por la presencia de la costa y en forma especial por los efectos térmicos y de relieve, originando notables alteraciones locales. El descenso del aire superior sobre el anticiclón, produce un predominio de días despejados al interior del continente. Bajo estas condiciones, los efectos térmicos, por contrastes espaciales entre océano y continente, y entre valles y montañas, se refuerzan, dando

como resultado vientos superficiales que presentan forzamientos térmicos importantes, con marcados ciclos diarios y anuales.

En la región sur y austral del país, bajo la influencia del paso de sistemas de mal tiempo caracterizados por gran nubosidad, precipitaciones y vientos fuertes, el forzamiento del flujo atmosférico está asociado principalmente a efectos dinámicos de gran escala. El viento es más intenso durante las tormentas, perdiendo importancia los efectos térmicos y por lo tanto, los ciclos diarios y anuales.

La zona centro-sur del país, que corresponde a la transición entre ambos esquemas meteorológicos de gran escala, está sujeta a condiciones anticiclónicas durante el verano y al paso de sistemas de mal tiempo durante invierno. Esto se debe al desplazamiento estacional de la circulación hemisférica en respuesta al ciclo anual de insolación.

El viento tiende a aumentar en los primeros kilómetros de la atmósfera libre. Este efecto de la altura puede observarse en lugares bien expuestos, como cumbres de cerros aislados (por ejemplo, Cerro Paranal) y en estaciones de montaña que no estén bloqueadas al flujo dominante.

Los efectos del relieve sobre el flujo de aire son variados. Los accidentes orográficos importantes producen diversos efectos dinámicos: canalizaciones en valles, bloqueo y desviaciones de flujos por macizos montañosos o por cadenas de cerros, aceleraciones del flujo sobre promontorios.

La presencia de relieve también produce efectos térmicos por diferencias de calentamiento del aire, dando origen a sistemas de vientos locales de valle y montaña. Durante la tarde, se desarrollan flujos de aire cálido en dirección valle arriba, que son reemplazados en la noche por flujos de aire frío que desciende por las laderas en dirección valle abajo. En el verano, la brisa de valle usualmente

alcanza un desarrollo importante; en invierno, en cambio, el flujo nocturno puede llegar a ser significativo, especialmente en los valles cordilleranos.

En la costa, el contraste térmico entre el océano y el continente da origen a sistemas de vientos de escala local o regional, con marcado ciclo diario. Las brisas desde el mar que se generan en la tarde pueden alcanzar velocidades significativas en zonas costeras despejadas, donde la temperatura del mar es relativamente fría. Esto ocurre en zonas de surgencia costera de aguas frías, donde se refuerzan ambos fenómenos.

El relieve cercano a la costa puede influir efectivamente sobre el flujo de aire. En las desembocaduras de valles, la brisa de mar penetra hacia el interior, acoplándose con la brisa de valle. En la región norte y centro del país, el flujo de aire sobre el océano tiene dirección predominante del sur. Las puntas que sobresalen del continente hacia el mar y que están formadas por promontorios o cerros, favorecen la aceleración del flujo sobre ellas.

La complejidad del relieve produce una gran variabilidad espacial del flujo atmosférico cercano a la superficie. Dada la baja cobertura espacial de estaciones con mediciones de viento, no se posible el trazado de isolíneas a nivel nacional.

### **8.3 Aspectos regionales del régimen de viento en Chile**

En las Regiones I a III ( $18^{\circ}$  S a  $29^{\circ}$  S), el viento a lo largo de la costa alcanza velocidades medias entre 2 y 4 m/s. Los lugares mejor expuestos presentan velocidades cercanas a 4 m/s. La estación de Cerro Paranal, ubicada en una cumbre a más de 2600 m.s.n.m., muestra una velocidad media de 7.7 m/s, con un régimen de vientos diferente al observado más abajo.

El área de Calama y San Pedro de Atacama cuenta con un número importante de mediciones, a diferencia del resto de esa región. Los valores observados en el

entorno de Calama están en el rango de 4 a 7 m/s. En el sector cordillerano cercano a San Pedro de Atacama, se alcanzan 9.1 m/s en la localidad de Sairecabur y 8.6 m/s en El Laco, ubicadas sobre 5000 m de altitud.

En la IV Región, las estaciones costeras de Punta Lengua de Vaca hacia el sur muestran velocidades medias sobre 5 m/s. En esa región también destacan las velocidades obtenidas en los cerros La Silla y Tololo, de 5 m/s o más, que corresponden al régimen de vientos de altura, diferente al observado en la costa y valles interiores.

Desde la V a la X Región, los valores típicos de velocidades medias están en el rango de 2 a 4 m/s. Una excepción corresponde a Punta Curaumilla, al sur de Laguna Verde, con una velocidad media muy alta (9.1 m/s), que podría tener una explicación parcial por una aceleración del flujo debido a exposición del instrumento y a relieve acentuado, aunque también se puede plantear la posibilidad de un error instrumental. También se observan valores elevados en Cristo Redentor (6.9 m/s), ubicada en la cordillera a más de 3000 m de altitud y Lago Laja (5.0 m/s), ubicada a 1375 m de altitud. Otros valores con velocidades elevadas son sospechosos, puesto que escapan a la tendencia del entorno y corresponden a Puerto Domínguez, con velocidad media de 6.1 m/s, mientras que la localidad cercana de Puerto Saavedra presenta un valor de 2.1 m/s. La velocidad media en Gutamanga, en el canal de Chacao, con 6.7 m/s, es también anormalmente alta. Ambos lugares tuvieron mediciones durante pocos años, en el periodo 1950-1953. En toda esta zona del país, las localidades ubicadas en valles interiores a lo largo de la depresión central presentan velocidades bajas, entre 2 y 3 m/s.

En la zona austral se observan velocidades mayores, especialmente en lugares bien expuestos al flujo predominante. Se registran velocidades altas en las estaciones expuestas al flujo oceánico, tales como Isla Guafo (6.0 m/s), Cabo Raper (6.5 m/s), Evangelistas (9.2 m/s) y Diego Ramírez (7.6 m/s). Las velocidades observadas en las estaciones ubicadas en canales interiores de los archipiélagos y en valles son

menores, con valores en el rango de 2 a 4 m/s. En Balmaceda, ubicada en el sector trasandino abierto hacia las pampas patagónicas, la velocidad media alcanza 7.0 m/s.

La estación Pecket, ubicada en el seno de Otway abierto hacia el oeste, presenta el mayor valor observado de velocidad media (10.5 m/s). Las estaciones del extremo oriental del estrecho de Magallanes muestran velocidades superiores a 6 m/s.

Las estaciones ubicadas en el Territorio Antártico muestran velocidades en el rango de 5 a 6 m/s. En Isla de Pascua se obtiene un valor de 3.7 m/s. En Juan Fernández (Isla Róbinson Crusoe) se observa una velocidad media de 4.3 m/s.

#### **8.4 Densidades de potencia eólica.**

A partir de los cálculos realizados para estaciones con información a nivel horario, se obtuvo una relación aproximada entre la velocidad media y el cociente entre la densidad de potencia eólica media (DPE) y la densidad del aire ( $\rho$ ). En la Tabla 8.2 se muestran los rangos de densidad de potencia eólica para diferentes velocidades medias de viento, suponiendo un valor de  $1 \text{ kg m}^{-3}$  para la densidad del aire. Los valores más interesantes para un posible aprovechamiento del recurso eólico aparecen con velocidades medias de 5 m/s y superiores. Esta tabla puede utilizarse como referencia para estimar un intervalo esperado para la DPE, cuando sólo se conoce la velocidad media del viento.

En la zona norte se observan valores interesantes en el área de Calama, en lugares cordilleranos bien expuestos y en las cumbres de cerros aislados. Algunas localidades costeras podrían también ser de interés, especialmente aquellas ubicaciones con exposiciones adecuadas al flujo oceánico del sur, predominante en esa zona.

Tabla 8.2 Intervalos esperados para la densidad de potencia eólica media en función de la velocidad media del viento, suponiendo una densidad del aire igual a  $1 \text{ kg m}^{-3}$  (nivel del mar)

velocidad m/s	Densidad de potencia eólica ( $\text{W m}^{-2}$ )	
	inferior	superior
2	5	20
3	20	50
4	50	150
5	90	300
6	200	400
8	400	700
10	800	1200

En la región austral, el recurso es importante en las localidades abiertas al océano y en áreas expuestas a los vientos de las pampas patagónicas.

Las estaciones antárticas también muestran potenciales eólicos interesantes. En las islas esporádicas, el potencial eólico puede ser aprovechado si se eligen lugares apropiados, de acuerdo al relieve local.

## 8.5 Conclusiones y recomendaciones

Las principales conclusiones de carácter general que se obtienen del estudio son las siguientes:

- Se ha obtenido la distribución espacial del recurso eólico a nivel nacional, con el mayor grado de detalle que fue posible alcanzar de acuerdo a la información de viento disponible al momento de realizar el estudio.
- El estudio corresponde al primer esfuerzo global en Chile sobre recolección de información, normalización y síntesis de resultados relacionadas con la



evaluación del potencial eólico. Se presentan antecedentes estadísticos del régimen de viento para un total de 74 estaciones. Estos antecedentes servirán de base para la implementación de programas futuros de utilización de la energía eólica en el país.

- Se realizó la prospección del recurso mediante estaciones automáticas en seis localidades costeras, para las cuales no existía información previa. Las localidades están distribuidas en dos sectores costeros, uno en la IV Región y otro en la VII y VIII Regiones.
- Se entregan distribuciones espaciales detalladas del campo de velocidad de viento en los entornos de las seis estaciones de medición instaladas por el proyecto, obtenidas mediante la aplicación de un modelo numérico de simulación de campos de viento.
- Los resultados del estudio muestran la existencia de potenciales interesantes de energía eólica en las siguientes áreas del país:
  - En la zona de Calama, en la II Región.
  - En la costa de la zona norte del país, en el sector Limarí-Los Vilos.
  - En puntas que penetran hacia el océano, en la costa de la zona norte y centro del país.
  - En cumbres elevadas y en áreas cordilleranas abiertas.
  - En la zona costera abierta al océano de la región austral, Regiones XI y XII.
  - En las zonas trasandinas abiertas hacia las pampas patagónicas, en las Regiones XI y XII.
  - En las estaciones antárticas.
  - En las islas esporádicas, aprovechando efectos de relieve.
- La existencia de un potencial eólico significativo en la zona costera de la IV Región sugiere un posible aprovechamiento de este recurso en caletas de pescadores artesanales.

Otras conclusiones y comentarios, relacionadas con aspectos más específicos, son las siguientes:

- Las mediciones de viento realizadas durante el proyecto han mostrado que es muy conveniente la utilización de estaciones automáticas, con capacidad de programación y memoria, que redundan en una obtención de información confiable, de fácil recuperación y traspaso directo a un micro-computador para su posterior procesamiento.
- A pesar que el acceso directo a la información de viento existente en diferentes instituciones es en general dificultoso, se logró crear una base de datos de más de 50 estaciones, con valores a nivel de promedios horarios, la que podrá ser utilizada para diversos propósitos por interesados en este tipo de información.
- La calidad de los datos existentes es muy variable. Una cantidad significativa de información de viento no fue considerada en el estudio por provenir de observaciones con instrumentos muy simples, que no son adecuadas para la prospección del recurso eólico.
- Los modelos numéricos de simulación de campos de viento son herramientas complejas, que pueden servir para extrapolar los resultados de mediciones de viento al entorno del lugar, en la medida que sean utilizados adecuadamente y cuidando su aplicación a casos para los cuales son apropiados.
- La cobertura espacial de información de viento a lo largo del país es muy baja, con lo cual no resulta factible la extrapolación de los campos de viento superficial a todo el territorio nacional. Existen extensas zonas sin información, especialmente en la zona desértica norte de la I y III Regiones y en los archipiélagos de la zona austral. En ambas zonas hay indicaciones de niveles interesantes de potencial eólico.

- La cantidad de estaciones con información confiable es reducida, especialmente por la variabilidad espacial que muestra el recurso, debido a la topografía compleja del país. Además, pocas estaciones tienen registros largos de viento.
- Las estaciones meteorológicas han sido instaladas en general para cumplir con objetivos diferentes a la prospección eólica, por lo que los lugares de medición no son los más apropiados para evaluar el recurso. Por ejemplo, en las zonas con relieve importante, la mayoría de las estaciones se ubica en fondos de valles.
- La longitud de las series de velocidad de viento requeridas para una evaluación confiable del recurso, depende de las características climáticas de cada región. En regiones con clima estable (por ejemplo el norte del país), la longitud requerida es menor que en aquellas con alta variabilidad interanual (por ejemplo el extremo sur del país).
- El uso de distribuciones estadísticas para representar el comportamiento del viento en una localidad debe estudiarse cuidadosamente en cada caso. Se ha encontrado que los ajustes tradicionales de distribuciones de Weibull no son adecuados en lugares donde predominan dos regímenes de viento muy diferentes entre sí.
- El análisis realizado sobre la sensibilidad de los resultados al cambio del periodo de promediación de los datos básicos, muestra que la pérdida de precisión es pequeña al considerar promedios horarios de velocidad en lugar de promedios cada 15 minutos y que, en cambio, se reduce significativamente el volumen de información que debe procesarse.

Se entregan las siguientes recomendaciones de carácter general relacionadas con el estudio:

- Se recomienda a CORFO buscar mecanismos adecuados para incentivar la prospección del recurso eólico. Se pueden sugerir diferentes alternativas, como financiamiento de proyectos específicos, incentivos económicos o tributarios, licitación del recurso en áreas bajo jurisdicción estatal, etc.
- Con respecto a mediciones de viento, se recomienda privilegiar el uso de estaciones automáticas dotadas de capacidad de programación y memoria, para traspaso directo de la información recolectada a computador.
- Se recomienda mantener actualizada la base de datos generada por el proyecto, incorporando las mediciones que actualmente están desarrollo en diferentes instituciones y las de otras estaciones que puedan recolectarse en el futuro.
- Se recomienda apoyar el desarrollo de modelos de simulación y extrapolación de campos de vientos, para apoyar la prospección del recurso eólico en diferentes áreas del país.

Tabla 8.1 Promedios de velocidad del viento (v), densidad de potencia eólica (DP) y factores de utilización (Fac. Util.) de eologeradores de 33 kW (1), 100 kW (2) y 300 (3) kW.

Estación	lat. °S	lon. °W	calculado a partir de inf. a nivel horaria.			calculado a partir de prom. mensuales				referencia			
			v*	DP	Fac. Util. (%)			v	v*		dens.	DP*	
			m/s	W/m2	1	2	3	m/s	m/s		[kg/m3]	W/m2	
Visviri	17° 35'	69° 30'		7									INTEC
Parinacota	18° 12'	69° 16'	3,2	42	10	5	3	2,8	2,6	0,7	10		ENDESA
Putre	18° 12'	69° 35'		30									INTEC
Zapahuira	18° 18'	69° 35'		21									INTEC
Arica (Chacalluta)	18° 20'	70° 20'	3,0	46	11	6	4	3,8	3,4	1,2	60		DMC
Arica (Los Buitres)	18° 28'	70° 20'						4,0		1,2	60		
Arica	18° 30'	70° 19'						3,8		1,2	50		
Enquelga	19° 13'	68° 47'		19									INTEC
Pisiga Choque	19° 16'	68° 39'		17									INTEC
Central Citani	19° 16'	68° 39'		20									INTEC
Villablanca	19° 25'	68° 36'		4									INTEC
Chusmiza	19° 42'	69° 12'		3									INTEC
Cancosa	19° 55'	68° 38'		11									INTEC
Iquique (Cavanca)	20° 13'	70° 09'						2,1		1,2	10		
Iquique (Los Cóndores)	20° 15'	70° 07'						2,3		1,2	10		
Pica	20° 30'	69° 21'						2,9		1,0	20		
Iquique (Diego Aracena)	20° 32'	70° 11'	4,2	88	20	11	8	4,4	4,1	1,2	100		DMC
Colonia Pintados	20° 37'	69° 39'						3,1		1,1	20		
Ollague	21° 13'	68° 17'						6,4		0,8	180		
Bocatoma San Pedro	21° 57'	68° 33'	6,4	209	35	21	17						CODELCO
Lasana	22° 16'	68° 37'	5,4	131	27	15	10						CODELCO
Botadero 71	22° 17'	68° 53'	4,9	153	21	13	10						CODELCO
Botadero 67	22° 19'	68° 54'	3,8	77	11	7	5						CODELCO
Monte Cristo	22° 19'	69° 00'						4,9		0,9	110		EDELNOR
Casa de Bombas	22° 21'	68° 51'	4,6	123	22	13	10						CODELCO
Calama (Aeropuerto)	22° 26'	68° 53'						8,2		1,0	470		
Calama EDELNOR	22° 26'	68° 54'						7,7		0,9	410		EDELNOR
Calama	22° 27'	68° 55'	4,5	72	26	15	10						CODELCO
Moctezuma	22° 34'	68° 57'						6,5		0,9	250		EDELNOR
Jorquencal	22° 40'	67° 59'						4,7		0,8	90		[1]
Yareta	22° 42'	67° 56'						3,3		0,7	30		[1]
Diablo	22° 43'	68° 02'						4,8		0,8	100		[1]
Sairecabur	22° 44'	67° 53'						9,1		0,6	430		[1]
Pelón	22° 48'	68° 07'						5,1		0,9	130		[1]
Mina Iván	23° 20'	70° 16'						2,7		1,1	30		[2]
Antofagasta	23° 26'	70° 26'	4,1	84	20	11	7	4,1	4,1	1,2	100		DMC
Uribe	23° 33'	70° 15'						3,2		1,2	50		[2]
Univ. Católica del Norte	23° 41'	70° 25'						2,1		1,2	10		[2]
El Laco	23° 49'	67° 30'	8,6	553	47	34	30						[3]
Refimet	23° 51'	70° 20'	2,6	28	7	4	2						R. Espejo
Cerro Paranal	24° 37'	70° 24'	7,7	455	48	34	29						ESO
Chañaral	26° 21'	70° 41'						3,7		1,2	50		
Potrerosillos	26° 30'	69° 27'						2,9		0,9	20		
La Ola *	26° 34'	69° 03'	4,4	88	17	10	7						R. Román
Caldera	27° 03'	70° 58'						2,4		1,2	10		
Isla de Pascua	27° 09'	109° 25'	3,7	70	19	11	7	3,8	3,1	1,2	50		DMC
Copiapó	27° 21'	70° 20'						3,7		1,2	50		

Tabla 8.1 Promedios de velocidad del viento (v), densidad de potencia eólica (DP) y factores de utilización (Fac. Util.) de eologeradores de 33 kW (1), 100 kW (2) y 300 (3) kW (continuación)

Estación	lat. °S	lon. °W	calculado a partir de inf. a nivel horaria.					calculado a partir de prom. mensuales				referencia inf horaria
			v*	DP	Fac. Util. (%)			v	v*	dens. [kg/m3]	DP*	
					1	2	3					
			m/s	W/m2				m/s	m/s		W/m2	
Vallenar	28° 35'	70° 46'						1,9		1,2	10	
La Silla	29° 16'	70° 42'	5,8	257	33	22	18					ESO
Carmelitas *	29° 25'	71° 16'	3,5	45	10	6	3					[4]
Cruz Grande	29° 27'	71° 19'	3,7	78	16	9	7					[4]
El Tofo	29° 27'	71° 15'	3,1	39	10	6	3					[4]
La Serena	29° 54'	71° 12'	3,1	41	13	5	3	2,5	2,1	1,2	10	DMC
Pta Tortuga (Coquimbo)	29° 56'	71° 22'						2,1		1,2	10	
Tololo	30° 10'	70° 48'	5,0	182	27	17	14					[5]
Punta Lengua de Vaca	30° 14'	71° 38'	5,1	202	32	22	18					[4]
Ovalle	30° 34'	71° 11'	2,3	22	5	3	1	2,7		1,2	20	DMC
Punta de Toro *	30° 44'	71° 42'	5,1	169	30	18	13					EOLO
Punta Cerro de Arena *	31° 15'	71° 38'	5,6	255	33	21	17					EOLO
Los Vilos *	31° 51'	71° 31'	3,7	98	18	11	9					EOLO
La Hormiga	32° 42'	70° 42'	3,7	96								[6]
Quintero	32° 47'	71° 31'	2,2	39	8	5	3	3,7	3,1	1,2	50	DMC
Los Andes	32° 50'	70° 37'						1,9		1,1	10	
Cristo Redentor	32° 50'	70° 07'						6,9		0,8	220	
El Juncal	32° 51'	70° 10'	2,6	25	5	3	2					ENDESA
Punta Angeles	33° 01'	71° 38'						3,1		1,2	20	
El Belloto	33° 03'	71° 24'						2,5		1,2	10	
Punta Curaumilla	33° 05'	71° 45'	9,1	1009	61	49	46					[6]
Stgo (Pudahuel)	33° 23'	70° 47'						2,6		1,2	10	
Stgo (Dpto. Geofísica)	33° 27'	70° 40'	2,0	12								[4]
Juan Fernández	33° 37'	78° 52'						4,3		1,2	80	
Santo Domingo	33° 38'	71° 38'						2,7		1,2	10	
Sn José de Maipo	33° 42'	70° 22'						3,7		1,1	40	
Quelentaro	34° 03'	71° 35'	4,0	80	17	10	6	3,9	3,8	1,2	70	ENDESA
Graneros	34° 04'	70° 44'	3,1	43	11	6	4					DMC
Hidango	34° 06'	71° 47'	3,2	79	14	8	6					DMC
Rancagua	34° 10'	70° 45'						2,4		1,2	10	
Sn Fernando	34° 35'	71° 00'						2,6		1,2	10	
Curicó	34° 58'	71° 13'						2,6		1,2	10	
Putú *	35° 13'	72° 17'	1,8	22	6	3	2					EOLO
Quivolgo *	35° 17'	72° 23'	2,5	37	9	5	3					DMC
Constitución	35° 20'	72° 25'						2,5		1,2	10	
Punta Carranza	35° 36'	72° 38'						3,7		1,2	50	
Pahuil *	35° 37'	72° 34'	2,6	33	9	5	3					EOLO
Des. Lag. Invernada	35° 44'	70° 47'	4,7	100	23	13	9					ENDESA
Panimávida	35° 46'	71° 24'						1,8		1,2	10	
Linares	35° 52'	71° 34'						2,0		1,2	10	
Cauquenes	35° 58'	72° 20'						4,4		1,2	80	
Cobquecura *	36° 08'	72° 48'	4,3	129	23	14	10					EOLO
Chillán	36° 36'	72° 02'						2,7		1,2	20	
Punta Tumbes	36° 37'	73° 06'						4,2		1,2	70	
Talcahuano	36° 43'	73° 07'						3,6		1,2	50	

Tabla 8.1 Promedios de velocidad del viento (v), densidad de potencia eólica (DP) y factores de utilización (Fac. Util.) de eologeradores de 33 kW (1), 100 kW (2) y 300 (3) kW (continuación)

Estación	lat. S.	lon. O.	calculado a partir de inf. a nivel horaria.					calculado a partir de prom. mensuales				referencia
			v*	DP	Fac. Util. (%)			v	v*	dens.	DP*	
			m/s	W/m2	1	2	3	m/s	m/s	[kg/m3]	W/m2	
San Vicente	36° 45'	73° 08'	3,1	44	10	6	3					ENDESA
Concepción	36° 46'	73° 03'						5,0		1,2	120	
Bellavista	36° 47'	73° 02'	2,7	80								[7]
Isla Santa María	36° 59'	73° 32'						4,1		1,2	70	
Des. Lago Laja	37° 23'	71° 23'	5,0	119	25	14	10					ENDESA
Los Angeles	37° 26'	72° 22'						3,7		1,2	50	
Victoria	38° 13'	72° 21'						2,9		1,2	20	
Isla Mocha	38° 21'	73° 58'	4,0	188	25	17	14					DMC
Isla Mocha	38° 22'	73° 54'						5,2		1,2	140	
Lonquimay	38° 26'	71° 15'						2,5		1,1	10	
Temuco (Maquehue)	38° 45'	72° 38'	2,6	43	9	5	3	2,9	2,4	1,2	20	DMC
Temuco	38° 45'	72° 35'						2,7		1,2	10	
Puerto Saavedra	38° 46'	73° 24'						2,1		1,2	10	
Puerto Domínguez	38° 54'	73° 14'						6,1		1,2	230	
Pucón	39° 16'	71° 58'						2,8		1,2	20	
Loncoche	39° 33'	72° 38'						1,9		1,2	10	
Valdivia (Pichoy)	39° 37'	73° 05'						2,6		1,2	10	
Aeródromo Las Marías	39° 47'	73° 16'	3,0	43								[8]
Isla Teja	39° 48'	73° 15'	2,8	56								[8]
Huilo-Huilo	39° 50'	72° 01'	3,0	38	9	5	3	3,3	3,1	1,2	50	ENDESA
Punta Galera	40° 01'	73° 44'						4,0		1,2	60	
Osorno (Cañal Bajo)	40° 35'	73° 09'						2,9		1,2	20	
Pto Montt (El Tepual)	41° 25'	73° 05'	3,1	66	15	9	7	3,7	3,0	1,2	40	DMC
Puerto Montt	41° 28'	72° 57'						2,6		1,2	10	
Pto Montt (La Chamiza)	41° 29'	72° 40'						3,0		1,2	20	
Canutillar *	41° 30'	72° 21'	2,1	15	3	1	1					[6]
Puelo Carrera Basilio	41° 39'	72° 16'	2,0	26	4	3	2					ENDESA
Punta Corona	41° 47'	73° 52'						4,2		1,2	70	
Pargua	41° 48'	73° 30'	4,0	120								[9]
Gutamanga	41° 49'	73° 29'						6,7		1,2	300	
Ancud (Pudeto)	41° 54'	73° 48'						4,4		1,2	80	
Castro	42° 29'	73° 48'						3,2		1,2	40	
Quellón	43° 10'	73° 43'						3,7		1,3	50	
Futaleufu	43° 12'	71° 52'						3,4		1,2	40	
Isla Guafo	43° 34'	74° 45'						6,0		1,2	220	
Alto Palena	43° 38'	71° 49'						4,5		1,2	100	
Río Cisnes	44° 45'	72° 00'						3,4		1,2	40	
Las Huichas	45° 09'	73° 32'	4,3	196								[4]
Puerto Aisén	45° 24'	72° 42'						2,5		1,2	10	
Coyhaique	45° 34'	72° 04'						3,4		1,3	40	
Coyhaique	45° 35'	72° 07'	3,5	89	17	10	8	3,7		1,3	50	DMC
Balmaceda	45° 55'	71° 41'	7,0	446	53	39	35	7,8	6,8	1,2	380	DMC
Chile Chico	46° 36'	71° 43'						2,9		1,2	20	

Tabla 8.1 Promedios de velocidad del viento (v), densidad de potencia eólica (DP) y factores de utilización (Fac. Util.) de eologeradores de 33 kW (1), 100 kW (2) y 300 (3) kW (continuación)

Estación	lat. °S	lon. °W	calculado a partir de inf. a nivel horaria.					calculado a partir de prom. mensuales				referencia		
			v*	DP	Fac. Util. (%)			v	v*	dens.	DP*			
			m/s	W/m2	1	2	3	m/s	m/s	[kg/m3]	W/m2			
Cabo Raper	46° 50'	75° 35'												
El Balseo	47° 15'	72° 38'	2,0	19	4	2	1							ENDESA
Isla San Pedro	47° 43'	74° 55'						5,6		1,2	180			
Puerto Edén	49° 08'	74° 25'						3,7		1,3	50			
Co. Guido (aeródromo)	50° 55'	72° 30'						4,1		1,2	70			
Puerto Consuelo	51° 36'	72° 39'						3,4		1,3	40			
Plataforma Spiteful N4	52° 24'	69° 00'	7,6	556	55	40	32							ENAP
Punta Dungeness	52° 24'	68° 26'						6,0		1,2	230			
Evangelistas	52° 24'	75° 36'						9,2		1,2	780			
Pecket	52° 57'	71° 11'	10,5	1341	71	58	54							COCAR
P. Arenas (aeropuerto)	53° 00'	70° 51'	6,7	376	49	34	29	6,9	6,4	1,2	320			DMC
Jorge Schythe	53° 07'	70° 54'	4,8	130										A. Santana
P. Arenas (B. Catalina)	53° 10'	70° 54'						4,5		1,3	100			
Cabo San Isidro	53° 47'	70° 58'						5,1		1,2	130			
Puerto Williams	54° 36'	67° 29'						3,3		1,2	40			
Navarino	55° 10'	67° 30'						2,9		1,2	20			
Isla Diego Ramírez	56° 30'	68° 46'						7,6		1,2	440			
Base Eduardo Frei	62° 25'	58° 53'	6,2	342	45	32	27	6,5	6,1	1,3	310			DMC
Base Arturo Prat	62° 29'	59° 37'						5,1		1,3	160			
Base B. O'Higgins	63° 19'	57° 54'						5,6		1,3	200			

### Observaciones a la Tabla 8.1

- Las estaciones señaladas con \* disponen con más de 6 y menos de 9 meses de datos.
- v\* indica la velocidad media normalizada a 10 m sobre el suelo.
- v indica la velocidad calculada a partir de datos de anuarios de la DMC o de estadísticas mensuales.
- ρ indica la densidad media del aire.
- DP indica la densidad de potencia calculada con información horaria.
- DP\* indica la densidad de potencia estimada a partir de la velocidad calculada con información de anuarios (tiene una precisión relativamente baja)

#### Referencias:

Cuando no se indica la referencia, la DP fue estimada en base a promedios mensuales de velocidad del viento publicados en Anuarios de la Dirección Meteorológica de Chile.

- [1] Proyecto Geoecología de Atacama
- [2] Zuleta y Vergara (1992)
- [3] Universidad de Berna, Suiza
- [4] Departamento de Geofísica Universidad de Chile
- [5] Observatorio Astronómico Tololo
- [6] Naveas y Tiemann
- [7] Seguel (1983)
- [8] Rojas y Bastidas (1990)
- [9] Tiemann (1982)