DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Nueva Subestación Seccionadora Las Delicias y Nueva Subestación Coiquén y Nueva Línea 2x66 kV Las Delicias – Coiquén

Decreto Exento N°257/2022

CAPITULO 2/ANEXO 2.1

Caracterización de Clima y Meteorología

2026

CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 1

2. OBJETIVOS 2

2.1 OBJETIVO GENERAL 2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2

3. ÁREA DE ESTUDIO Y ÁREA DE INFLUENCIA 3

3.1 ÁREA DE ESTUDIO (AE) 3
3.2 ÁREA DE INFLUENCIA 5

4. METODOLOGÍA 5

4.1 CLIMA 5
4.1.1 Cambio Climático 5
4.2 METEOROLOGÍA 6
4.2.1 Meteorología en superficie 6

5. LÍNEA DE BASE 7

5.1 CLIMA 7
5.1.1 Descripción del clima en el área del Proyecto 7
5.1.2 Evolución del clima por efectos del cambio climático en el área del Proyecto 13
5.2 METEOROLOGÍA 20
5.2.1 Meteorología en superficie 20

6. CONCLUSIONES 124

6.1 CLIMA 124
6.1.1 Descripción del clima en el área del Proyecto 124
6.1.2 Evolución del clima por efectos del cambio climático 124
6.2 METEOROLOGÍA 124
6.2.1 Meteorología en superficie 124

7. REFERENCIAS 128

7.1 CLIMA Y CAMBIO CLIMÁTICO 128
7.2 METEOROLOGÍA 128

TABLAS

Tabla 5-1. Comparativa y variación de los escenarios de Temperatura Media Anual. Región de Ñuble. 15
Tabla 5-2. Comparativa y variación de los escenarios de Precipitación Anual Acumulada. Región de Ñuble. 17
Tabla 5-3. Comparativa y variación de los escenarios de la Velocidad media anual del viento. Región de Ñuble. 19
Tabla 5-4. Evolución de los principales índices climáticos. Comuna de Quirihue, región de Ñuble. 19
Tabla 5-5. Descripción de las estaciones de monitoreo meteorológico. 20
Tabla 5-6. Resumen de información velocidad del viento. Estación Zorzal Blanco. 23
Tabla 5-7. Escala de Beaufort. 25
Tabla 5-8. Frecuencia de distribución velocidad y dirección del viento, periodo de enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco. 26
Tabla 5-9. Resumen de información temperatura del aire. Estación Zorzal Blanco. 30
Tabla 5-10. Resumen de información humedad relativa. Estación Zorzal Blanco. 34
Tabla 5-11. Resumen de información presión atmosférica. Estación Zorzal Blanco. 39
Tabla 5-12. Resumen de información precipitación acumulada. Estación Zorzal Blanco. 43
Tabla 5-13. Resumen de información velocidad del viento. Estación Ninhue. 46
Tabla 5-14 – Frecuencia de distribución velocidad y dirección del viento, periodo de enero 2023 a diciembre 2023. Estación Ninhue. 49
Tabla 5-15. Resumen de información temperatura del aire. Estación Ninhue. 53
Tabla 5-16 – Resumen de información humedad relativa. Estación Ninhue. 57
Tabla 5-17. Resumen de información radiación solar. Estación Ninhue. 61
Tabla 5-18. Resumen de información presión atmosférica. Estación Ninhue. 65
Tabla 5-19 – Resumen de información precipitación acumulada. Estación Zorzal Blanco. 69
Tabla 5-20. Resumen de información velocidad del viento. Estación Puralihue. 72
Tabla 5-21 – Frecuencia de distribución velocidad y dirección del viento, periodo de enero 2023 a diciembre 2023. Estación Puralihue. 75
Tabla 5-22. Resumen de información temperatura del aire. Estación Puralihue. 79
Tabla 5-23 – Resumen de información humedad relativa. Estación Puralihue. 83
Tabla 5-24. Resumen de información radiación solar. Estación Puralihue. 87
Tabla 5-25. Resumen de información presión atmosférica. Estación Puralihue. 91
Tabla 5-26 – Resumen de información precipitación acumulada. Estación Puralihue. 95
Tabla 5-27. Resumen de información velocidad del viento. Estación Portezuelo. 98
Tabla 5-28 – Frecuencia de distribución velocidad y dirección del viento, periodo de enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo. 101
Tabla 5-29. Resumen de información temperatura del aire. Estación Portezuelo. 105
Tabla 5-30 – Resumen de información humedad relativa. Estación Portezuelo. 109
Tabla 5-31. Resumen de información radiación solar. Estación Portezuelo. 113
Tabla 5-32. Resumen de información presión atmosférica. Estación Portezuelo. 117
Tabla 5-33 – Resumen de información precipitación acumulada. Estación Portezuelo. 121

FIGURAS

Figura 3-1. Área de Estudio. 4
Figura 5-1. Clasificación Climática de Köppen-Geiger. Región de Ñuble. 8
Figura 5-2. Temperatura Media Anual. Región del Ñuble. 9
Figura 5-3. Precipitación Acumulada Anual. Región del Ñuble. 10
Figura 5-4. Velocidad del Viento Media Anual. Región del Ñuble. 11
Figura 5-5. Evolución de la temperatura media anual, situación actual y futura. Región de Ñuble. 14
Figura 5-6. Evolución de la precipitación acumulada anual, situación actual y futura. Región de Ñuble. 16
Figura 5-7. Evolución de la velocidad viento media anual, situación actual y futura. Región de Ñuble. 18
Figura 5-8. Ubicación de estaciones de monitoreo meteorológico. 22
Figura 5-9. Serie de tiempo velocidad del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco. 24
Figura 5-10. Serie de tiempo dirección del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco. 24
Figura 5-11. Ciclo diario velocidad del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco. 27
Figura 5-12. Ciclo diario dirección del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco. 28
Figura 5-13. Ciclo estacional del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco. 29
Figura 5-14. Serie de tiempo temperatura, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco. 31
Figura 5-15. Ciclo diario temperatura, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco. 32
Figura 5-16. Ciclo estacional temperatura, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco. 33
Figura 5-17. Serie de tiempo humedad relativa, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco. 35
Figura 5-18. Ciclo diario humedad relativa, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco. 36
Figura 5-19. Ciclo estacional humedad relativa, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco. 37
Figura 5-20. Serie de tiempo presión atmosférica, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco. 40
Figura 5-21. Ciclo diario presión atmosférica, periodo enero 2025 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco. 41
Figura 5-22. Ciclo estacional presión atmosférica, periodo enero 2025 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco. 42
Figura 5-23. Serie de tiempo precipitación acumulada diaria, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco. 44

Figura 5-24. Precipitación Acumulada Mensual, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco. 45
Figura 5-25. Serie de tiempo velocidad del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue. 47
Figura 5-26. Serie de tiempo dirección del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue. 47
Figura 5-27. Ciclo diario velocidad del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2023. Estación Ninhue. 50
Figura 5-28. Ciclo diario dirección del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2023. Estación Ninhue. 51
Figura 5-29. Ciclo estacional del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2023. Estación Ninhue. 52
Figura 5-30. Serie de tiempo temperatura, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue. 54
Figura 5-31. Ciclo diario temperatura, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue. 55
Figura 5-32. Ciclo estacional temperatura, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue. 56
Figura 5-33. Serie de tiempo humedad relativa, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue. 58
Figura 5-34. Ciclo diario humedad relativa, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue. 59
Figura 5-35. Ciclo estacional humedad relativa, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue. 60
Figura 5-36. Serie de tiempo radiación solar, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue. 62
Figura 5-37. Ciclo diario radiación solar, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue. 63
Figura 5-38. Ciclo estacional radiación solar, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue. 64
Figura 5-39. Serie de tiempo presión atmosférica, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue. 66
Figura 5-40. Ciclo diario presión atmosférica, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue. 67
Figura 5-41. Ciclo estacional presión atmosférica, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue. 68
Figura 5-42. Serie de tiempo precipitación acumulada diaria, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue. 70
Figura 5-43. Precipitación Acumulada Mensual, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue. 71
Figura 5-44. Serie de tiempo velocidad del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Puralihue. 73
Figura 5-45. Serie de tiempo dirección del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Puralihue. 73
Figura 5-46. Ciclo diario velocidad del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2023. Estación Puralihue. 76

FIGURA 5-47. CICLO DIARIO DIRECCIÓN DEL VIENTO, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2023. ESTACIÓN PURALIHUE. 77
FIGURA 5-48. CICLO ESTACIONAL DEL VIENTO, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2023. ESTACIÓN PURALIHUE. 78
FIGURA 5-49. SERIE DE TIEMPO TEMPERATURA, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PURALIHUE. 80
FIGURA 5-50. CICLO DIARIO TEMPERATURA, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PURALIHUE. 81
FIGURA 5-51. CICLO ESTACIONAL TEMPERATURA, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PURALIHUE. 82
FIGURA 5-52. SERIE DE TIEMPO HUMEDAD RELATIVA, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PURALIHUE. 84
FIGURA 5-53. CICLO DIARIO HUMEDAD RELATIVA, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PURALIHUE. 85
FIGURA 5-54. CICLO ESTACIONAL HUMEDAD RELATIVA, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PURALIHUE. 86
FIGURA 5-55. SERIE DE TIEMPO RADIACIÓN SOLAR, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PURALIHUE. 88
FIGURA 5-56. CICLO DIARIO RADIACIÓN SOLAR, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PURALIHUE. 89
FIGURA 5-57. CICLO ESTACIONAL RADIACIÓN SOLAR, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PURALIHUE. 90
FIGURA 5-58. SERIE DE TIEMPO PRESIÓN ATMOSFÉRICA, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PURALIHUE. 92
FIGURA 5-59. CICLO DIARIO PRESIÓN ATMOSFÉRICA, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PURALIHUE. 93
FIGURA 5-60. CICLO ESTACIONAL PRESIÓN ATMOSFÉRICA, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PURALIHUE. 94
FIGURA 5-61. SERIE DE TIEMPO PRECIPITACIÓN ACUMULADA DIARIA, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PURALIHUE. 96
FIGURA 5-62. PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PURALIHUE. 97
FIGURA 5-63. SERIE DE TIEMPO VELOCIDAD DEL VIENTO, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PORTEZUELO. 99
FIGURA 5-64. SERIE DE TIEMPO DIRECCIÓN DEL VIENTO, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PORTEZUELO. 99
FIGURA 5-65. CICLO DIARIO VELOCIDAD DEL VIENTO, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PORTEZUELO. 102
FIGURA 5-66. CICLO DIARIO DIRECCIÓN DEL VIENTO, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PORTEZUELO. 103
FIGURA 5-67. CICLO ESTACIONAL DEL VIENTO, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PORTEZUELO. 104

FIGURA 5-68. SERIE DE TIEMPO TEMPERATURA, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PORTEZUELO. 106
FIGURA 5-69. CICLO DIARIO TEMPERATURA, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PORTEZUELO. 107
FIGURA 5-70. CICLO ESTACIONAL TEMPERATURA, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PORTEZUELO. 108
FIGURA 5-71. SERIE DE TIEMPO HUMEDAD RELATIVA, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PORTEZUELO. 110
FIGURA 5-72. CICLO DIARIO HUMEDAD RELATIVA, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PORTEZUELO. 111
FIGURA 5-73. CICLO ESTACIONAL HUMEDAD RELATIVA, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PORTEZUELO. 112
FIGURA 5-74. SERIE DE TIEMPO RADIACIÓN SOLAR, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PORTEZUELO. 114
FIGURA 5-75. CICLO DIARIO RADIACIÓN SOLAR, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PORTEZUELO. 115
FIGURA 5-76. CICLO ESTACIONAL RADIACIÓN SOLAR, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PORTEZUELO. 116
FIGURA 5-77. SERIE DE TIEMPO PRESIÓN ATMOSFÉRICA, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PORTEZUELO. 118
FIGURA 5-78. CICLO DIARIO PRESIÓN ATMOSFÉRICA, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PORTEZUELO. 119
FIGURA 5-79. CICLO ESTACIONAL PRESIÓN ATMOSFÉRICA, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PORTEZUELO. 120
FIGURA 5-80. SERIE DE TIEMPO PRECIPITACIÓN ACUMULADA DIARIA, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PORTEZUELO. 122
FIGURA 5-81. PRECIPITACIÓN ACUMULADA MENSUAL, PERIODO ENERO 2023 A DICIEMBRE 2025. ESTACIÓN PORTEZUELO. 123

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con lo establecido por el artículo 18, letra e.1, del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (D.S. N°40/2012, Ministerio del Medio Ambiente), en este documento se presenta la caracterización ambiental de los componentes clima y meteorología correspondientes al Proyecto "Nueva Subestación Seccionadora Las Delicias – Nueva Subestación Coiquén y Nueva Línea 2x66 kV Las Delicias – Coiquén", en adelante el "Proyecto", que se extiende por la comuna de Quirihue, perteneciente a la región de Ñuble.

En primera instancia, se presenta la caracterización del clima a partir de revisión bibliográfica. Asimismo, de manera de complementar la descripción climática, se adjuntan cartografías de precipitación acumulada anual, temperatura media anual y de la clasificación climática de Köppen-Geiger para la Región de Ñuble, región en la que se ubica el Proyecto. También se presenta la información disponible en el Explorador de Amenazas Climáticas, específicamente, la herramienta ARClim[1], con el fin de visualizar y analizar los principales índices climáticos actuales y futuros (futuro mediano, comprendido entre 2035 a 2065, el cual representa condiciones climáticas de mediados de siglo), estableciendo la diferencia entre ellos.

Posteriormente, se presenta la línea de base de meteorología, la cual se elabora a partir de la recopilación de información meteorológica reciente, representativa del área de influencia del Proyecto, disponible y registrada en las estaciones de monitoreo meteorológico.

Con el fin de reducir sesgos estacionales en la caracterización de las variables meteorológicas, se utilizaron los registros de las estaciones cercanas al área de emplazamiento del Proyecto, cuya disponibilidad de datos válidos para la variable en estudio sea igual o superior al 75% de los registros de un año de mediciones, de acuerdo con los lineamientos presentados en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA", (SEA, 2015)[2].

Finalmente, se presentan las principales conclusiones para cada componente caracterizado en el estudio.

[1] Atlas de Riesgos Climáticos para Chile (ARClim), proyecto del MMA y desarrollado por CR_2 y CCG-Universidad Católica de Chile (2020). Enlace al proyecto: https://arclim.mma.gob.cl/

[2] Guía para la descripción de la calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA. Servicio de Evaluación Ambiental (2015). Enlace: https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2016/01/20/guia_calidad_del_aire.pdf

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Presentar una caracterización de los componentes clima y su evolución por efectos del cambio climático y meteorología en el lugar de emplazamiento del Proyecto "Nueva Subestación Seccionadora Las Delicias – Nueva Subestación Coiquén y Nueva Línea 2x66 kV Las Delicias – Coiquén".

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Presentar una caracterización del clima predominante en la comuna de Quirihue, provincia de Itata, región de Ñuble, y describir las variables climatológicas relevantes en la zona en estudio.
- Presentar la evolución del componente clima producto de los efectos del cambio climático en la zona en donde se desarrollarán las actividades del Proyecto.
- Caracterizar las principales variables meteorológicas relevantes en el área de estudio, describiendo su variabilidad horaria y estacionaria, a partir de registros recientes, representativos del área de estudio, disponibles y registrados en estaciones de monitoreo meteorológico.

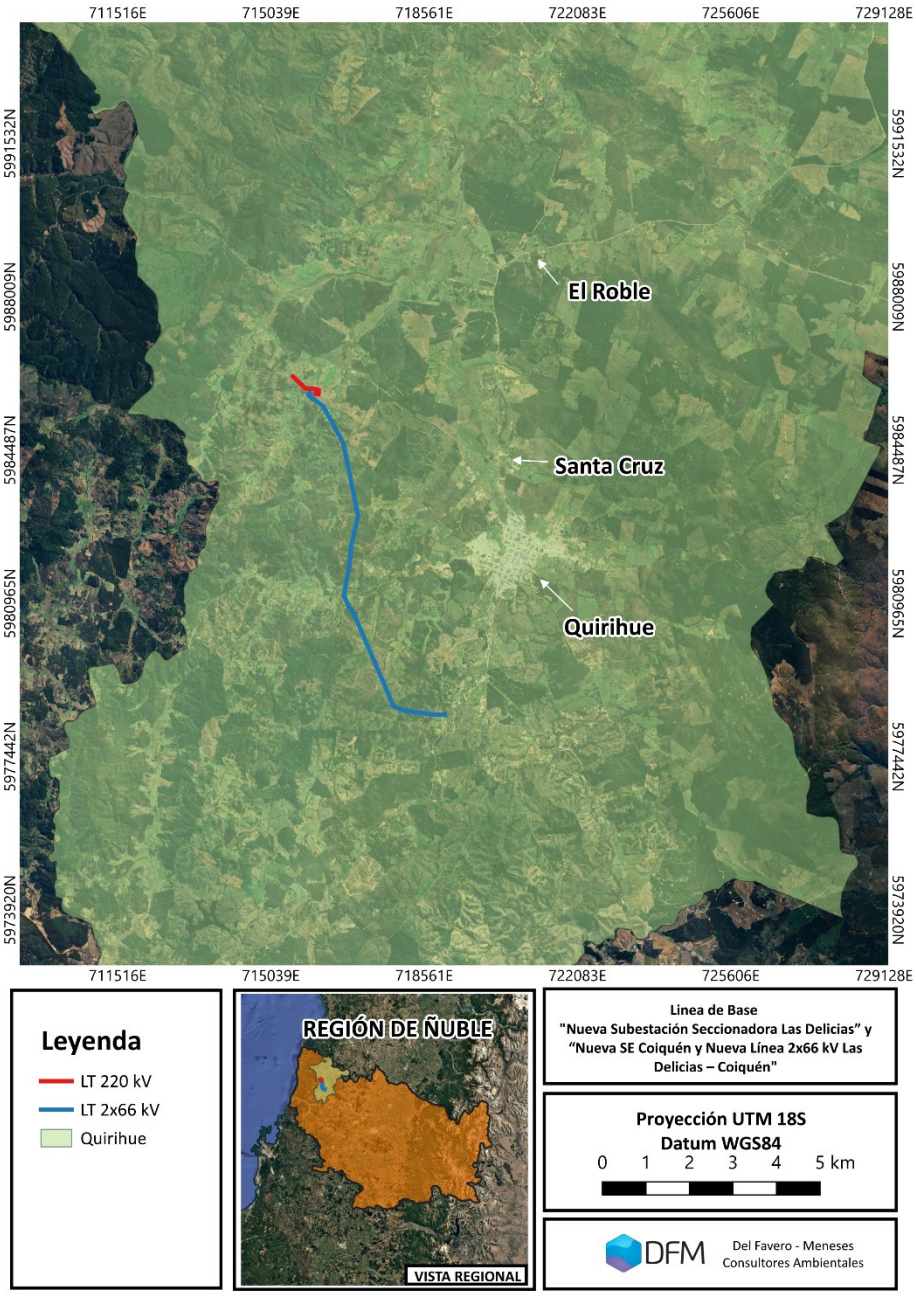
3. ÁREA DE ESTUDIO Y ÁREA DE INFLUENCIA

3.1 ÁREA DE ESTUDIO (AE)

La zona de ejecución del Proyecto "Nueva Subestación Seccionadora Las Delicias – Nueva Subestación Coiquén y Nueva Línea 2x66 kV Las Delicias – Coiquén" contempla distintas áreas dentro de la comuna de Quirihue, provincia de Itata, región de Ñuble.

De esta forma, el área de estudio (AE) abarca la comuna de Quirihue, región de Ñuble, incluyendo a los poblados de Quirihue, Santa Cruz y El Roble (Figura 3-1).

Figura 3-1. Área de Estudio.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

3.2 ÁREA DE INFLUENCIA

Para estos componentes no aplica la definición de área de influencia, toda vez que la extensión y naturaleza de las obras del Proyecto en todas sus fases no poseen la magnitud o características para producir algún efecto sobre estos.

Sin embargo, la caracterización de estos componentes obedece a sus cualidades como atributo necesario al momento de abordar otros componentes ambientales, como calidad del aire, agua, flora, fauna, ecosistemas, áreas protegidas y sitios prioritarios, valor paisajístico y valor turístico.

4. METODOLOGÍA

4.1 CLIMA

La caracterización del componente clima se llevó a cabo mediante la revisión bibliográfica de las condiciones climáticas de la región, basada en la información recopilada por la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) en el documento "Climatología Regional" (DMC, 2001). Esta información se complementa con cartografías en las que se presentan la velocidad del viento media anual, las precipitaciones acumuladas anuales y la temperatura media anual, elaborados mediante el uso de la información georreferenciada proveniente del estudio "Actualización del Balance Hídrico Nacional"[3] (DGA, 2017) con una resolución de 5km x 5km y la clasificación climática de Köppen-Geiger, de acuerdo con la información presentada en el documento "*Climatic regionalisation of continental Chile*"[4].

4.1.1 Cambio Climático

Posteriormente, mediante el uso del Atlas de Riesgos Climáticos para Chile (ARClim)[1] y de los mapas de riesgo y de amenaza climática incorporados a este, se realiza la comparación de los índices climáticos actuales o de referencia (resultados del modelo a partir de registros de los años 1980 – 2010) con índices climáticos futuros (resultados del modelo bajo el escenario RCP8.5[5] para los años 2035 – 2065). Esta información permite evaluar la frecuencia y magnitud de ocurrencia de ciertas condiciones meteorológicas (potencialmente adversas) en base a la distribución diaria de variables atmosféricas. En particular, de ARClim se extrae información georreferenciada para la evolución de las variables precipitación acumulada anual, temperatura media anual y velocidad del viento anual a nivel comunal. A modo complementario, también se extrae la información para los índices climáticos de viento medio, viento máximo diario, temperatura media, temperatura mínima diaria, temperatura máxima diaria, humedad relativa media, humedad relativa mínima diaria, humedad relativa máxima diaria, insolación solar diaria, insolación solar mínima diaria, insolación solar máxima diaria,

3 Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Universidad de Chile y Pontificia Universidad Católica de Chile (2017). Actualización del Balance Hídrico Nacional. Enlace: https://repositoriodirplan.mop.gob.cl/biblioteca/handle/20.500.12140/32653

4 Sarricolea Espinoza, P., Herrera Ossandón, M. y Meseguer Ruiz, Ó. (2017). Climatic regionalisation of continental Chile. Recuperado desde https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/146887

5 Representative Concentration Pathways (RCP). Escenario que describe cuatro trayectorias de emisión y concentración atmosférica de Gases de Efecto Invernadero (GEI), emisiones de otros contaminantes y de uso de suelo. Recuperado desde IPCC AR5 (2014). Enlace: https://ar5-syr.ipcc.ch/

precipitación acumulada y precipitación máxima diaria a nivel de ráster de 5 km, para la comuna de emplazamiento del proyecto.

4.2 METEOROLOGÍA

4.2.1 Meteorología en superficie

Para la obtención de datos meteorológicos utilizados en la presente línea de base, para la caracterización de la componente, se ha considerado la revisión de los registros disponibles en las estaciones de monitoreo meteorológico en el área de estudio del Proyecto, en particular, de las variables meteorológicas de velocidad de viento, dirección del viento, temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar, presión atmosférica y precipitación acumulada diaria.

Las fuentes de información consultadas corresponden a:

- Registros meteorológicos de acceso público obtenidos desde las redes de monitoreo de organismos públicos, privados o con fines académicos, como el Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire[6] (SINCA).
- Registros meteorológicos de estaciones de propiedad del Titular del Proyecto.

Con el fin de caracterizar la componente de forma representativa, se privilegia el uso de la información meteorológica más reciente, acotada a un horizonte máximo de 5 años previos al año anterior al ingreso del proyecto, privilegiando el último trienio de acuerdo con lo indicado en el inciso 3.2 de la "Guía para la descripción de la calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA"[2] (SEA, 2015).

6 Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA). Ministerio del Medio Ambiente. Enlace: https://sinca.mma.gob.cl/ https://sinca.mma.gob.cl/

5. LÍNEA DE BASE

En la siguiente sección se presenta el desarrollo de la caracterización de los componentes: clima y meteorología para el proyecto.

5.1 CLIMA

5.1.1 Descripción del clima en el área del Proyecto

La zona de ejecución del Proyecto corresponde a la comuna de Quirihue, en la Región de Ñuble. En consecuencia, la descripción climática se circunscribe a esta zona regional.

De acuerdo con el documento "Climatología Regional" de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC, 2001), la región de Ñuble[7] posee un clima templado cálido con estación seca de 5 a 4 meses. Presenta un régimen térmico moderado, con un gradiente de temperatura de aproximadamente 2°C entre las áreas más cercanas a la cordillera de los Andes y la zona costera. En cuanto a las precipitaciones, estas aumentan progresivamente, tanto con la latitud como desde la costa hacia la cordillera, presentando en la zona costera acumulados anuales entre 700 y 1.200 mm, en la zona intermedia valores del orden de 950 a 1.500 mm, y en la precordillera y cordillera registros que superan los 1.400 mm anuales.

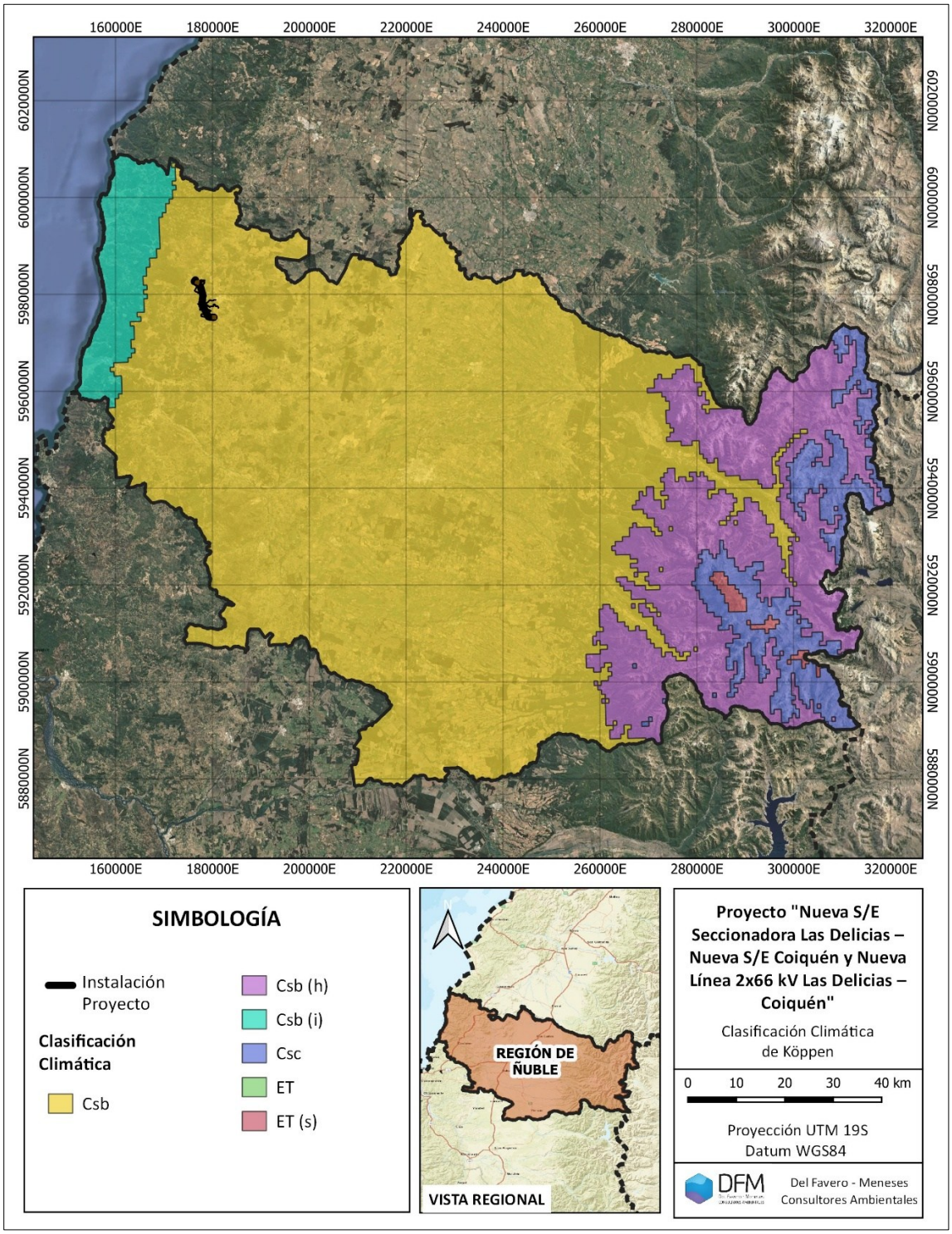
En la Figura 5-1, se presenta la clasificación de Köppen-Geiger para la Región de Ñuble. Se observa que las obras del Proyecto se desarrollan en áreas clasificadas como "Clima Mediterráneo de Lluvia Invernal" (Csb), caracterizado por sus veranos templados y secos, e inviernos húmedos y lluviosos. Además, esta región presenta los siguientes subtipos climáticos:

- Clima mediterráneo de lluvia invernal de altura ($Csb_{(h)}$)
- Clima mediterráneo de lluvia invernal e influencia costera ($Csb_{(h)\ (i)}$)
- Clima mediterráneo frío de lluvia invernal (Csc)
- Clima de tundra (ET)[8]
- Clima de tundra de lluvia invernal ($ET_{(s)}$)

7 La caracterización climática presentada corresponde a la antigua región del Biobío, vigente al momento de la elaboración del citado documento, dentro de la cual se encontraba comprendido el actual territorio de la región de Ñuble.

8 Por efecto de la escala cartográfica, los valores de ET no se visualizan. No obstante, ET se encuentra presente en la Región de Ñuble.

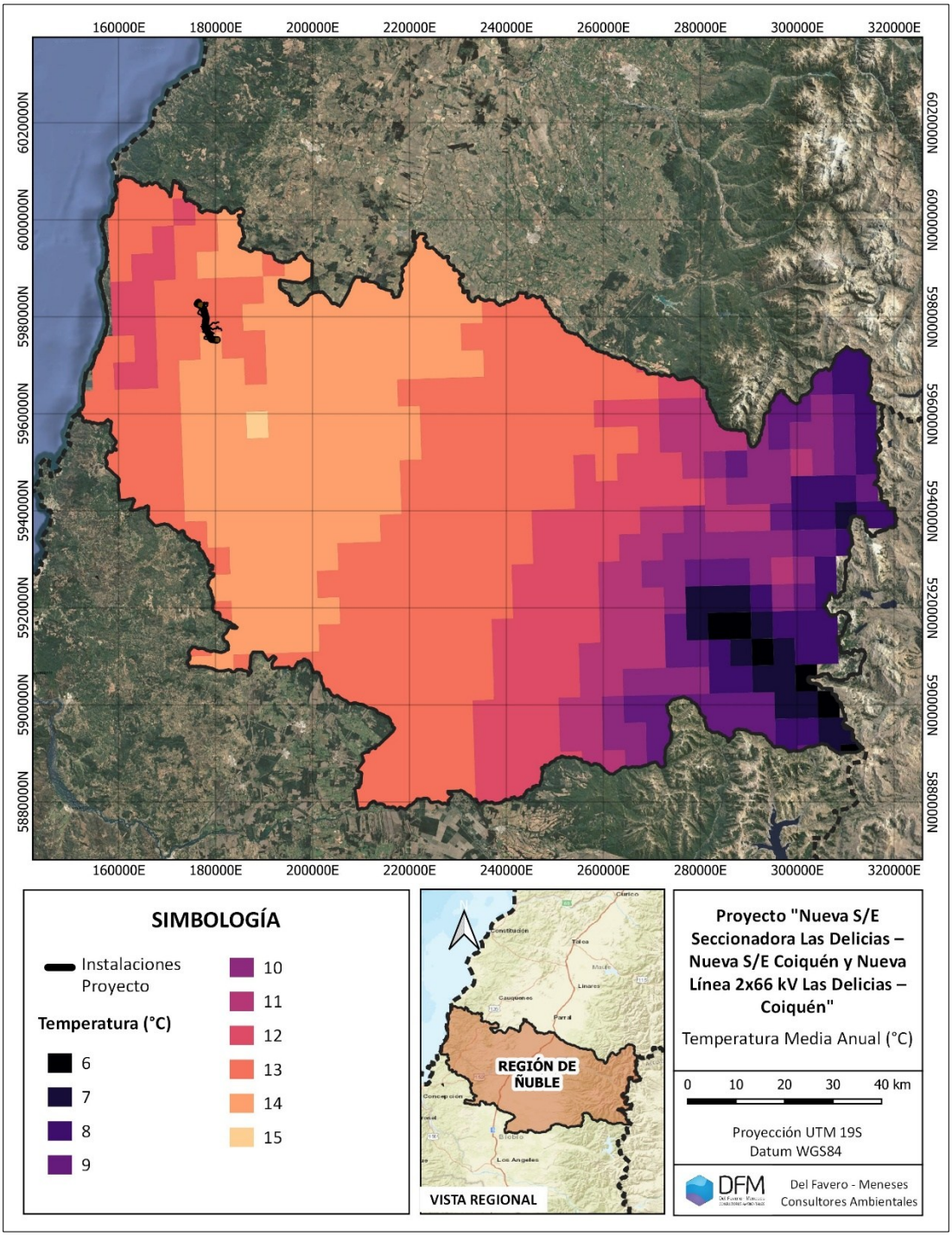
Figura 5-1. Clasificación Climática de Köppen-Geiger. Región de Ñuble.



Fuente: DFM Consultores, 2026. Elaborado en base a Sarricolea P., MJ. Herrera, O. Meseguer-Ruiz. (2017). Climatic regionalization of continental Chile. Journal of Maps 13(2)66-73.

En la Figura 5-2 se presenta en la cartografía la temperatura media anual en la Región de Ñuble.

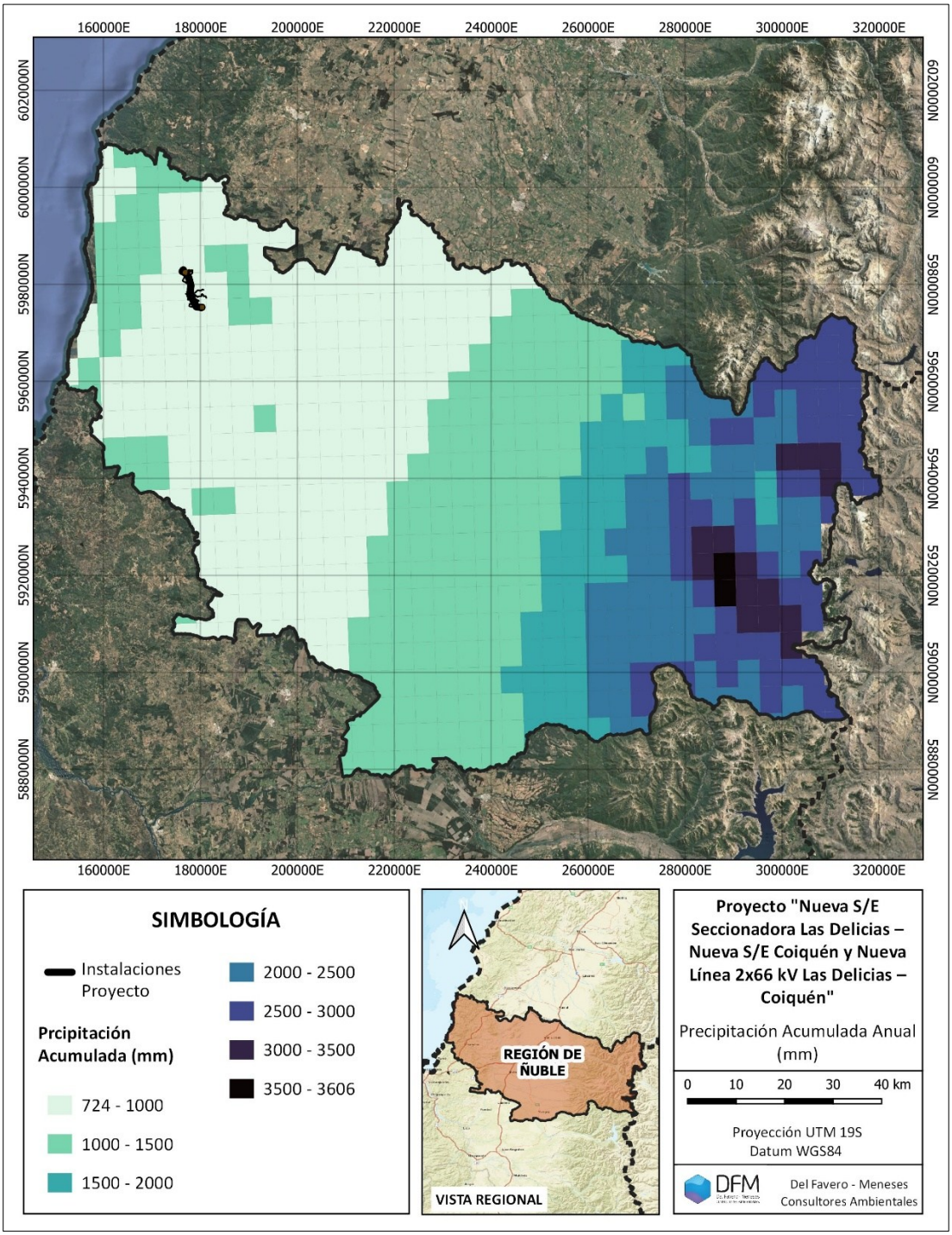
Figura 5-2. Temperatura Media Anual. Región del Ñuble.



Fuente: DFM Consultores, 2026. Elaborado en base a información georreferenciada contenida en el proyecto "Actualización del Balance Hídrico Nacional" (DGA, 2017).

A continuación, en la Figura 5-3 se presenta en la cartografía la precipitación acumulada anual en la Región de Ñuble.

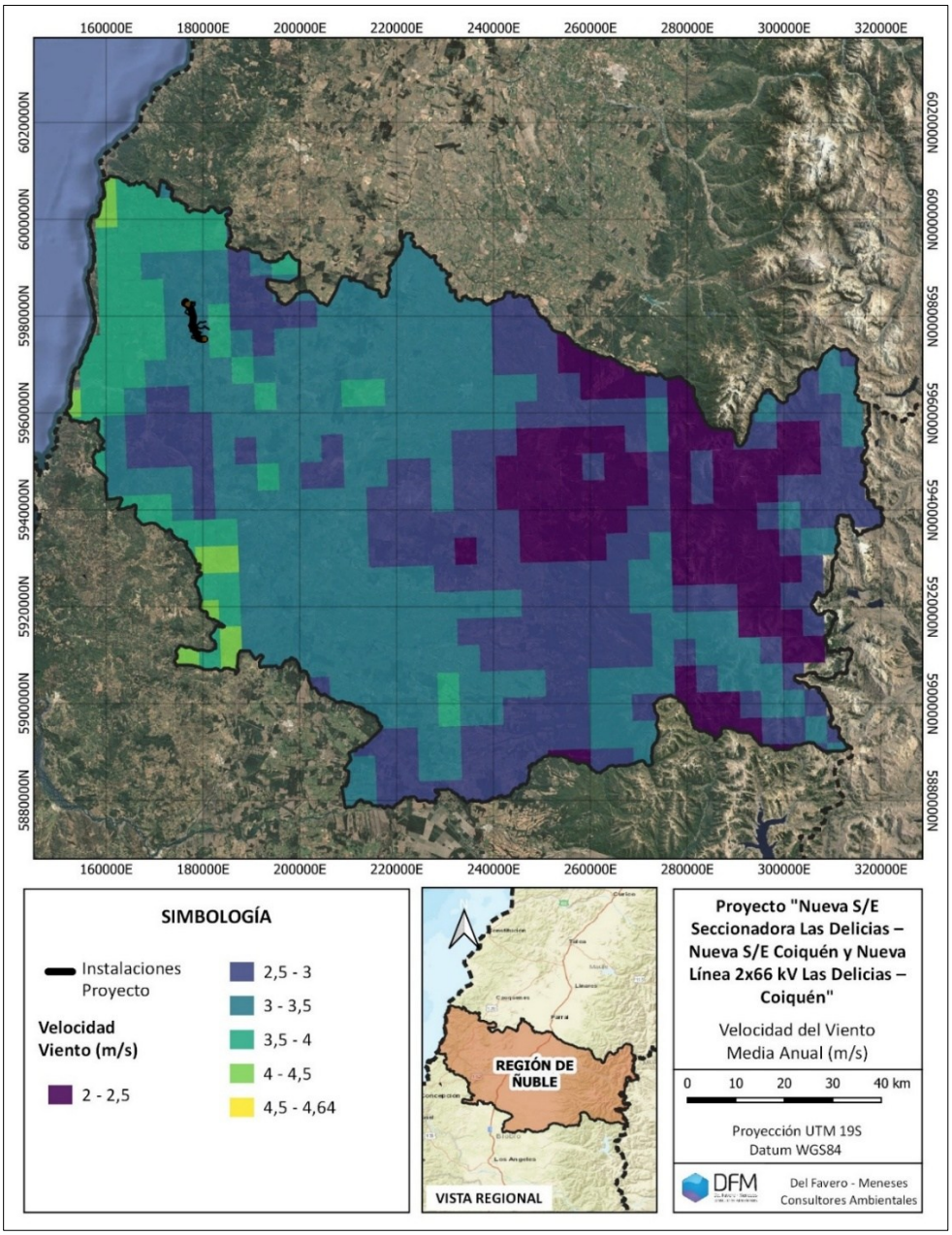
Figura 5-3. Precipitación Acumulada Anual. Región del Ñuble.



Fuente: DFM Consultores, 2026. Elaborado en base a información georreferenciada contenida en el proyecto "Actualización del Balance Hídrico Nacional" (DGA, 2017).

En la Figura 5-4 se presenta en la cartografía la velocidad del viento media anual en la Región de Ñuble.

Figura 5-4. Velocidad del Viento Media Anual. Región del Ñuble.[9]



Fuente: DFM Consultores, 2026. Elaborado en base a información georreferenciada contenida en el proyecto "Actualización del Balance Hídrico Nacional" (DGA, 2017).

[9] Las zonas con valores superiores a 4,5 corresponden a superficies de muy reducida extensión, por lo que no alcanzan a distinguirse a la escala de representación de la cartografía. No obstante, dichas zonas se encuentran técnicamente presentes en el área representada.

El campo de la temperatura media anual en la Región de Ñuble (Figura 5-2) da cuenta de un gradiente térmico de 4 a 8°C entre la Cordillera de los Andes y los valles centrales de la región, con valores por debajo de los 8°C en la Cordillera y por sobre los 14°C en el valle ubicado entre las comunas de Ninhue y Portezuelo (ambas ubicadas al este de la comuna de Quirihue). Hacia el sector litoral, el campo térmico es relativamente constante, alcanzando diferencias de temperatura de hasta 4°C entre los valles, la costa y la Cordillera de la Costa. En particular, en el área donde se emplazará el proyecto, las temperaturas medias anuales se encuentran dentro del rango de 12 a 14°C..

En cuanto a la distribución de precipitaciones acumuladas anuales (Figura 5-3), nuevamente se observa un gradiente de la variable, en este caso con mayores valores hacia la cordillera de los Andes, donde alcanza valores que pueden superar los 3.000 mm acumulados anuales. Los mínimos, por otro lado, se alcanzan en los valles de la zona central de la región, con magnitudes entre 724 y 1.000 mm anuales. En el área del proyecto, las precipitaciones se encuentran dentro del rango más bajo, de 724 a 1.000 mm acumulados anuales.

Por último, el campo de velocidades medias de viento anuales (Figura 5-4) también muestra un gradiente de la variable, con máximos de viento entre 4 y 4,64 m/s sobre la costa y el borde oeste de la región, y mínimos de viento entre 2 y 2,5 m/s en la zona precordillerana y cordillerana. En el área donde se emplazará el proyecto, las velocidades medias de viento anuales se encuentran dentro del rango de 3 a 3,5 m/s.

5.1.2 Evolución del clima por efectos del cambio climático en el área del Proyecto

De acuerdo con la Ley N°21.455 o Ley Marco de Cambio Climático[10], publicada el 13 de junio de 2022, y conforme a la "Guía Metodológica para la consideración del cambio climático en el SEIA"[11], tercera edición, noviembre de 2024, surge la necesidad de considerar la variable de cambio climático en los componentes del medio ambiente que resulten pertinentes en el marco del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

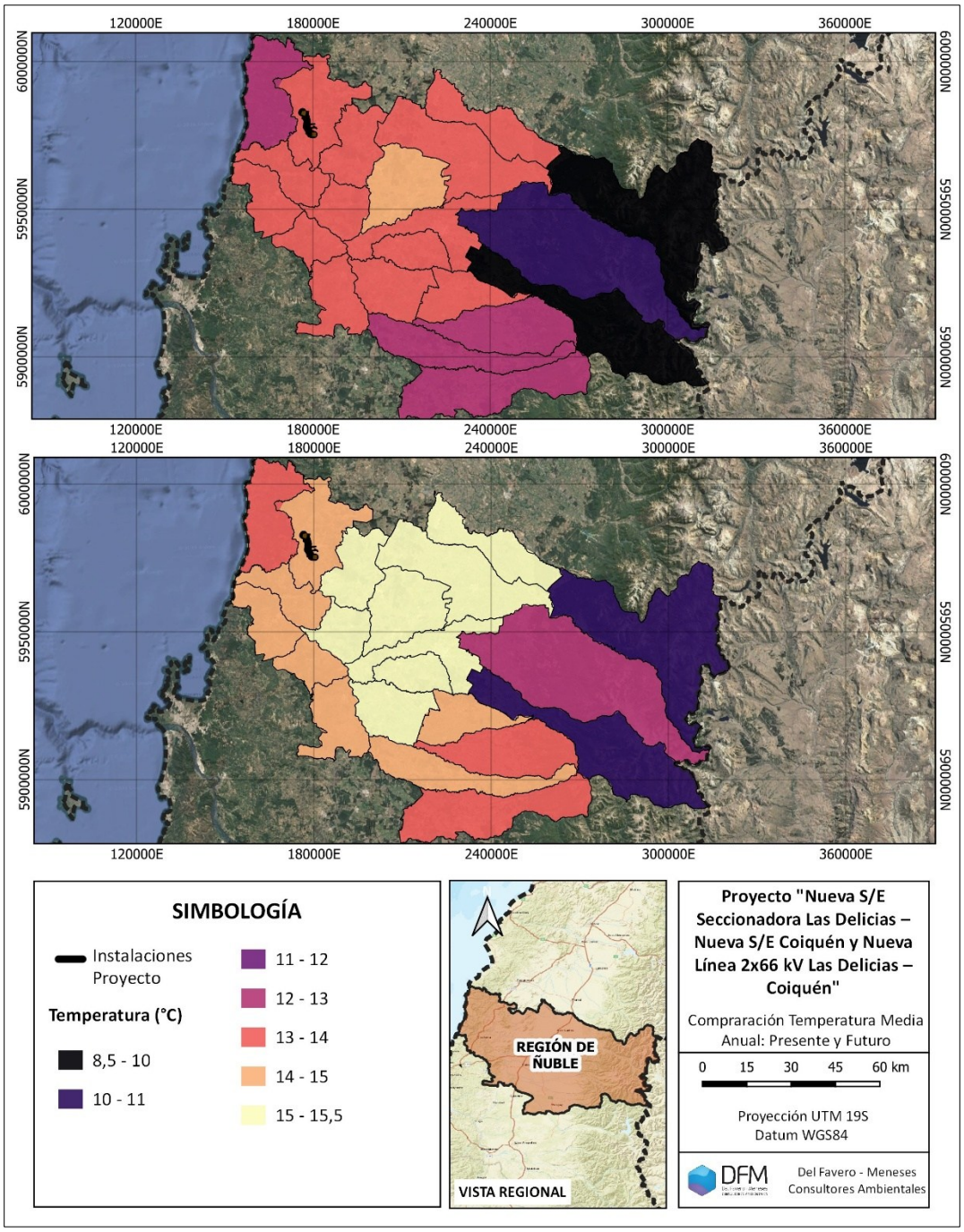
De este modo, para evaluar la variación del cambio climático en la zona donde se emplazará el Proyecto, se ha utilizado la información disponible en el Explorador de Amenazas Climáticas, específicamente la herramienta ARClim[1], con el fin de visualizar y analizar los principales índices climáticos actuales y futuros (considerando un plazo de 12 a 42 años), y la diferencia entre ellos.

Para este fin, en las siguientes figuras se presenta comparación entre la situación presente y futura, de los índices climáticos "Temperatura media anual", "Precipitación acumulada media anual" y "Velocidad del viento media anual", y su evolución indicados previamente para la región de Ñuble. En particular, el análisis se centrará en la comuna de Quirihue, donde se emplazará el proyecto.

[10] Ley 21.455 "Ley marco de cambio climático" del Ministerio del Medioambiente (2022). Enlace a texto de ley en la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile: https://bcn.cl/32l1s
[11] Guía Metodológica para la consideración del cambio climático en el SEIA. Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) (2024). Enlace: https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2024/11/11/2024_CC_3_v1.pdf#page=5

En la Figura 5-5 se presenta la evolución del índice climático "Temperatura media anual" producto de los efectos del cambio climático en la región de Ñuble.

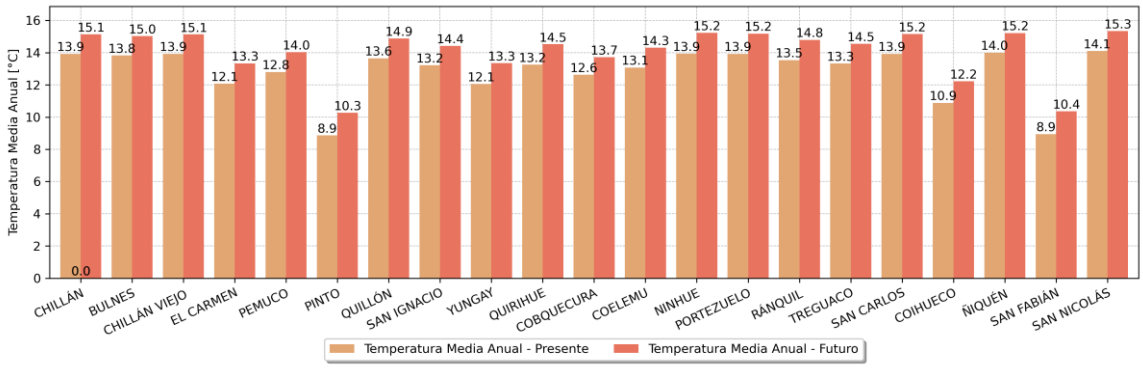
Figura 5-5. Evolución de la temperatura media anual, situación actual y futura. Región de Ñuble.



Fuente: DFM Consultores, 2026. Elaborado en base a información digital obtenida de la web de ARClim, "Explorador de Amenazas Climáticas".

En la Tabla 5-1 se despliega un gráfico comparativo de los escenarios de la temperatura media anual, tanto presente como futura, en las comunas de Ñuble. Como se puede apreciar, la comuna de Quirihue, donde se emplazará el proyecto, muestra un aumento de 1,3°C, equivalente a una variación de un 9.8%.

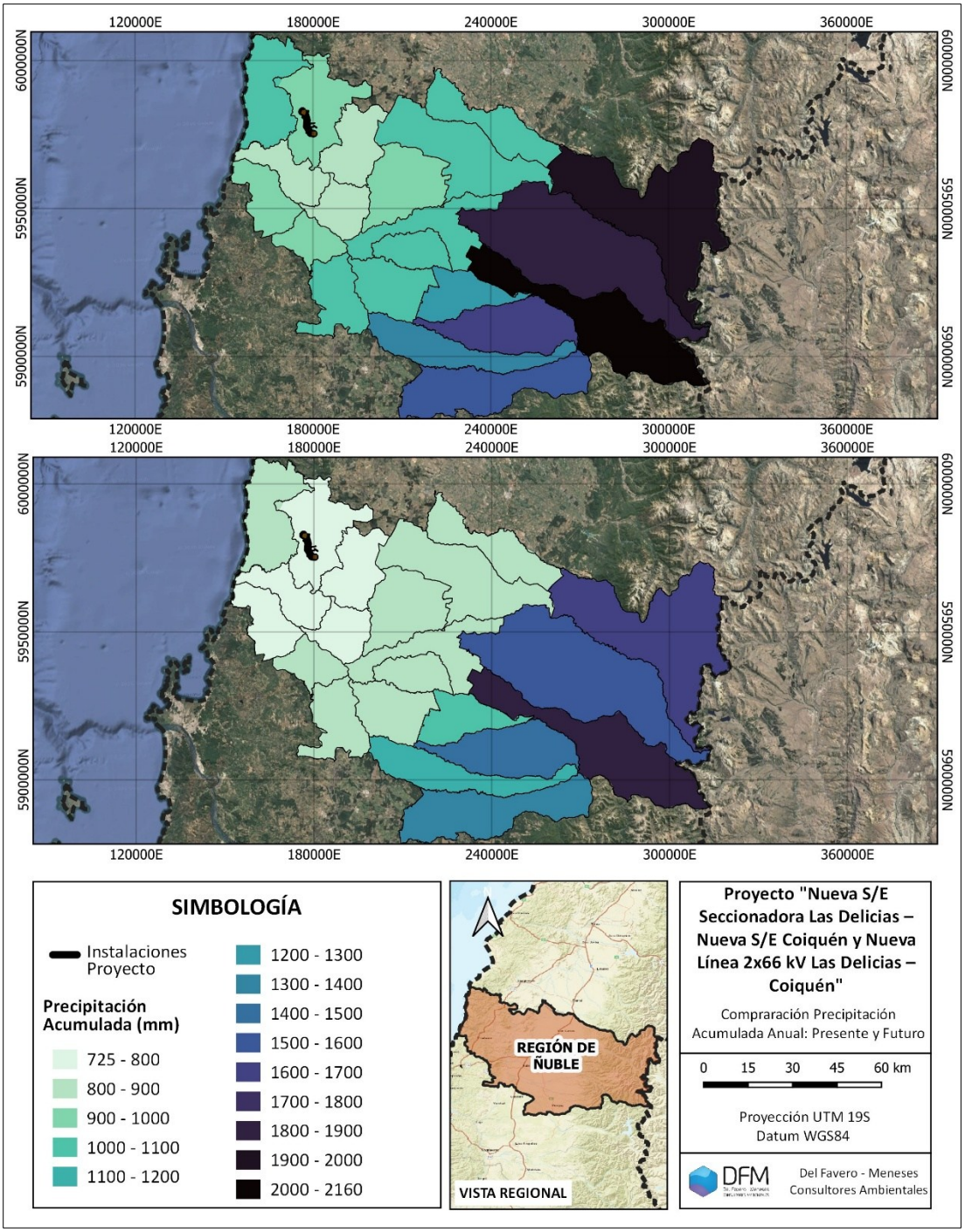
Tabla 5-1. Comparativa y variación de los escenarios de Temperatura Media Anual. Región de Ñuble.



Fuente: DFM Consultores, 2026. Elaborado en base a información disponible en ARClim

En la Figura 5-6 se presenta la evolución del índice climático "Precipitación acumulada anual" producto de los efectos del cambio climático en la región de Ñuble.

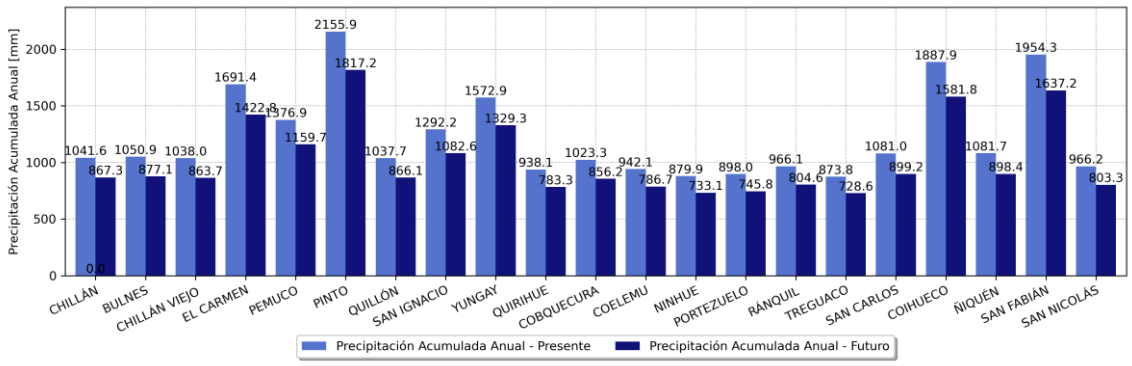
Figura 5-6. Evolución de la precipitación acumulada anual, situación actual y futura. Región de Ñuble.



Fuente: DFM Consultores, 2026. Elaborado en base a información digital obtenida de la web de ARClim, "Explorador de Amenazas Climáticas".

En la Tabla 5-2 se despliega el gráfico comparativo de los escenarios de la precipitación anual acumulada, tanto presente como futura. Como se puede apreciar, la comuna de Quirihue experimentaría una disminución de 154,8 mm en las precipitaciones acumuladas anuales del escenario futuro respecto al escenario presente, equivalente a una disminución de un 17%.

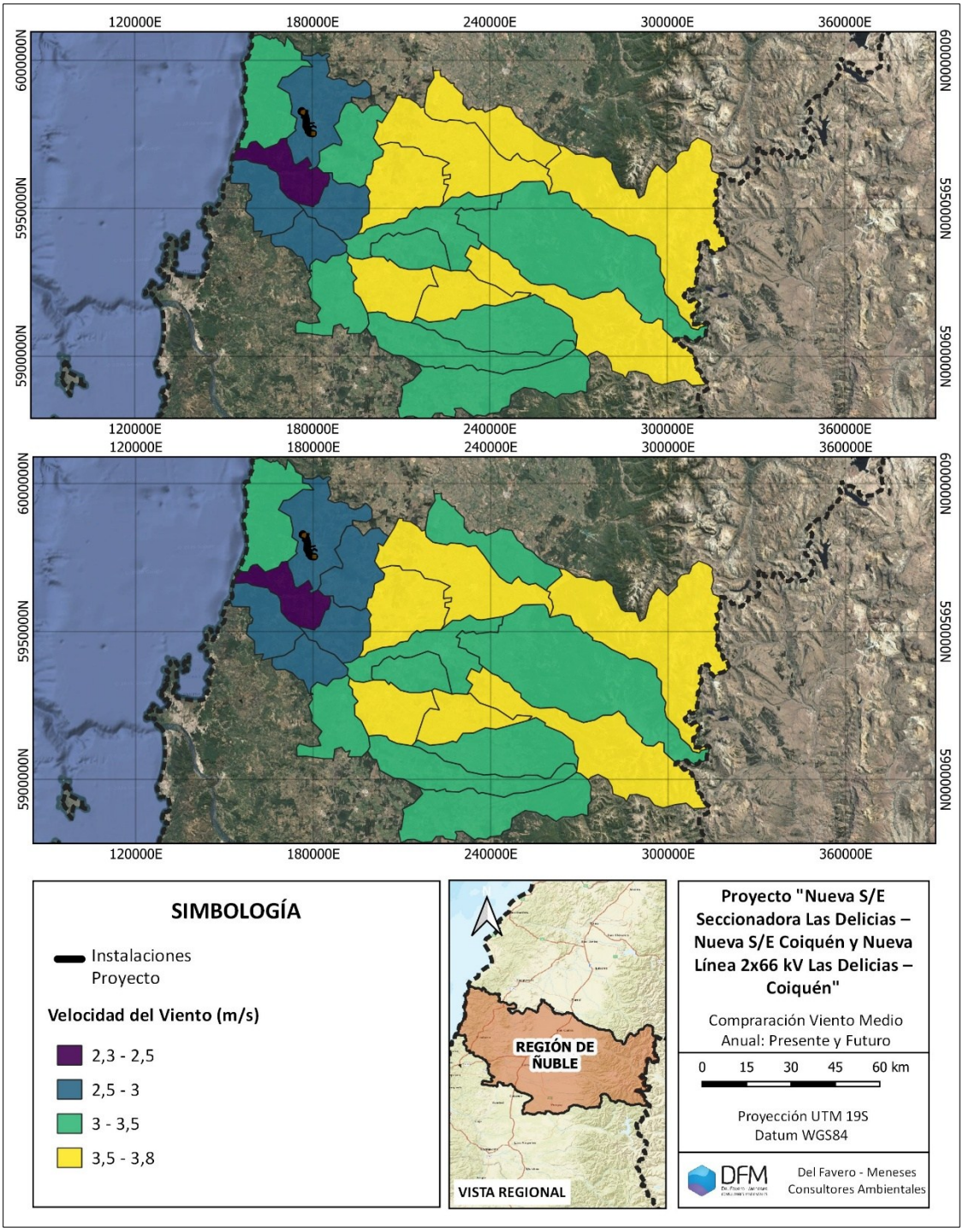
Tabla 5-2. Comparativa y variación de los escenarios de Precipitación Anual Acumulada. Región de Ñuble.



Fuente: DFM Consultores, 2026. Elaborado en base a información disponible en ARClim.

En la Figura 5-7 se presenta la evolución del índice climático "Velocidad del viento media anual" producto de los efectos del cambio climático en la región de Ñuble.

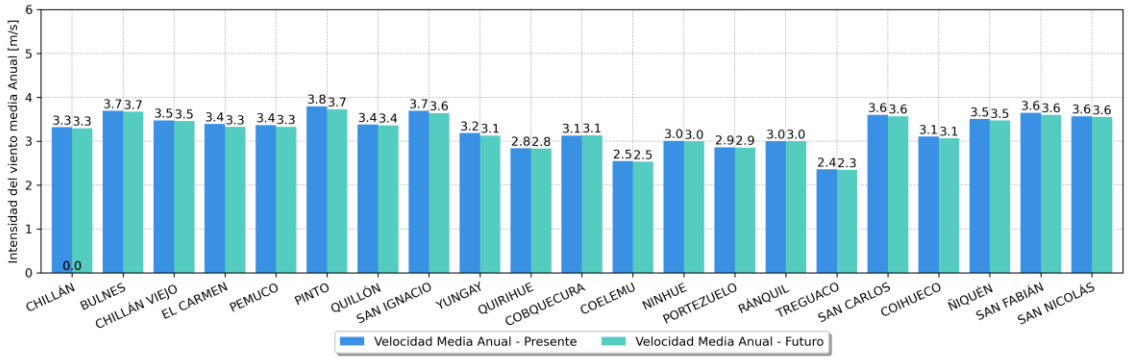
Figura 5-7. Evolución de la velocidad viento media anual, situación actual y futura. Región de Ñuble.



Fuente: DFM Consultores, 2026. Elaborado en base a información digital obtenida de la web de ARClim, "Explorador de Amenazas Climáticas".

En la Tabla 5-3 se despliega un gráfico comparativo de los escenarios de la intensidad del viento media anual, tanto presente como futura. Se puede apreciar que, en la comuna de Quirihue, las intensidades medias del viento no experimentan un cambio considerable en el escenario futuro.

Tabla 5-3. Comparativa y variación de los escenarios de la Velocidad media anual del viento. Región de Ñuble.



Fuente: DFM Consultores, 2026. Elaborado en base a información disponible en ARClim.

En la Tabla 5-4 se presenta el resumen del análisis de la evolución de los índices climáticos estudiados para la comuna de Quirihue.

Tabla 5-4. Evolución de los principales índices climáticos. Comuna de Quirihue, región de Ñuble.

Comuna	Índice	Periodo	Valor
Quirihue	Temperatura media anual (°C)	Presente	13,2
		Futuro	14,5
		Cambio (Futuro - Presente)	1,3
	Precipitación acumulada anual (mm)	Presente	938,1
		Futuro	783,3
		Cambio (Futuro - Presente)	-154,8
	Velocidad viento promedio anual (m/s)	Presente	2,8
		Futuro	2,8
		Cambio (Futuro - Presente)	0

Fuente: DFM Consultores, 2026. Elaborado en base a índices climáticos anuales por comuna recuperados desde ARClim.

5.2 METEOROLOGÍA

5.2.1 Meteorología en superficie

En este inciso se presenta la caracterización de la componente meteorología de superficie para el Proyecto "Nueva S/E Seccionadora Las Delicias – Nueva S/E Coiquén y Nueva Línea 2x66 kV Las Delicias – Coiquén".

Se ha realizado la revisión de las fuentes de información meteorológica listadas en el inciso 4.2. De la revisión, se indica que, se utilizarán los registros horarios de velocidad del viento, dirección del viento, temperatura, humedad relativa, radiación solar, presión atmosférica y precipitación acumulada, cuando estos estén disponibles. Se analizarán los datos de la estación Zorzal Blanco, perteneciente a Forestal Arauco (ARAUCO), junto con las estaciones Ninhue, Puralihue y Portezuelo, pertenecientes al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), para caracterizar la meteorología en las cercanías del Proyecto.

La ubicación de las estaciones de monitoreo meteorológicas mencionadas anteriormente se presenta en la Tabla 5-5 junto con las variables medidas, el periodo de monitoreo considerado para este estudio y la distancia aproximada al Proyecto.

Tabla 5-5. Descripción de las estaciones de monitoreo meteorológico.

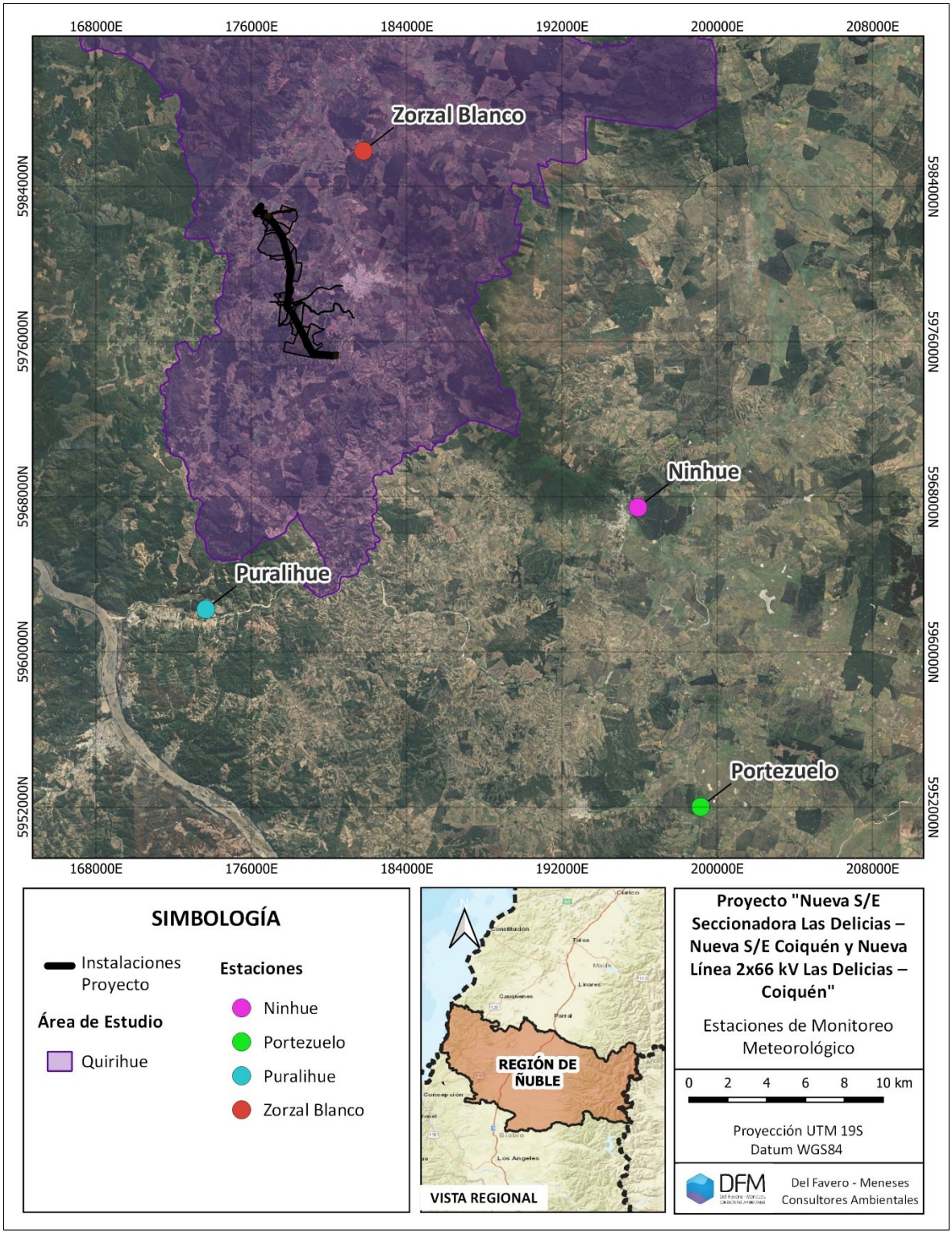
Estación de monitoreo	Comuna	Coordenadas UTM (Datum WGS84 19S)		Distancia al Proyecto [m]	Variables meteorológicas registradas	Período de datos analizado
		Este [m]	Norte [m]			
Zorzal Blanco	Quirihue	721.117	5.988.844	5.858	Velocidad del Viento (m/s)	Enero 2023 a diciembre 2025
					Dirección del Viento (°)	
					Temperatura (°C)	
					Humedad Relativa (%)	
					Radiación Solar (W/m^2)	
					Presión Atmosférica (mbar)	
					Precipitación Acumulada (mm)	
Ninhue	Ninhue	734.094	5.969.629	17.370	Velocidad del Viento (m/s)	Enero 2023 a diciembre 2025
					Dirección del Viento (°)	
					Temperatura (°C)	
					Humedad Relativa (%)	
					Radiación Solar (W/m^2)	
					Presión Atmosférica (mbar)	
					Precipitación Acumulada (mm)	
Puralihue	Treguaco	711.558	5.965.768	14.261	Velocidad del Viento (m/s)	Enero 2023 a diciembre 2025
					Dirección del Viento (°)	

Estación de monitoreo	Comuna	Coordenadas UTM (Datum WGS84 19S)		Distancia al Proyecto [m]	Variables meteorológicas registradas	Período de datos analizado
		Este [m]	Norte [m]			
					Temperatura (°C)	
					Humedad Relativa (%)	
					Radiación Solar (W/m^2)	
					Presión Atmosférica (mbar)	
					Precipitación Acumulada (mm)	
Portezuelo	Portezuelo	736.359	5.954.022	29.844	Velocidad del Viento (m/s)	Enero 2023 a diciembre 2025
					Dirección del Viento (°)	
					Temperatura (°C)	
					Humedad Relativa (%)	
					Radiación Solar (W/m^2)	
					Presión Atmosférica (mbar)	
					Precipitación Acumulada (mm)	

Fuente: DFM Consultores, 2026.

A continuación, en la Figura 5-8 se presenta la ubicación referencial de los puntos de monitoreo meteorológicos presentados en la Tabla 5-5 respecto a la zona de emplazamiento del Proyecto.

Figura 5-8. Ubicación de estaciones de monitoreo meteorológico.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.1 Estación Zorzal Blanco

5.2.1.1.1 Velocidad y dirección del viento

En la Tabla 5-6 se presenta el resumen de los registros para la variable velocidad del viento en la estación, específicamente el promedio, máximo y mínimo del periodo en estudio, además del porcentaje de calmas, el cual se define como el porcentaje del tiempo en que la velocidad del viento es menor a 0,5 m/s.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para los años 2024 y 2025. En consecuencia, los resultados mostrados a continuación son de carácter referencial.

Tabla 5-6. Resumen de información velocidad del viento. Estación Zorzal Blanco.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Velocidad de Viento (m/s)	Promedio	1,95	1,98	1,8
	Máximo	11,41	14,89	12,01
	Mínimo	0	0	0
	Porcentaje de calmas (%)	29,06	29,6	34,55
	Datos Válidos (%)	54,6	97,73	93,18
Dirección del viento (°)	Datos Válidos (%)	54,6	97,73	93,18

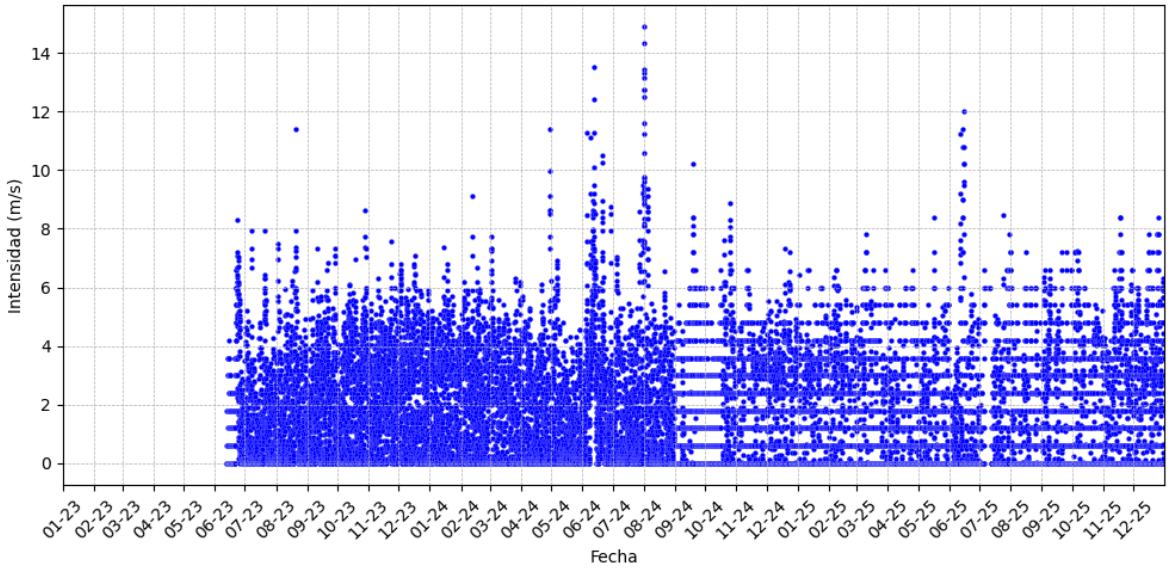
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A continuación, se muestran las series de tiempo, ciclos diarios y ciclo estacional para las variables meteorológicas velocidad y dirección del viento.

5.2.1.1.1.1 Series de tiempo

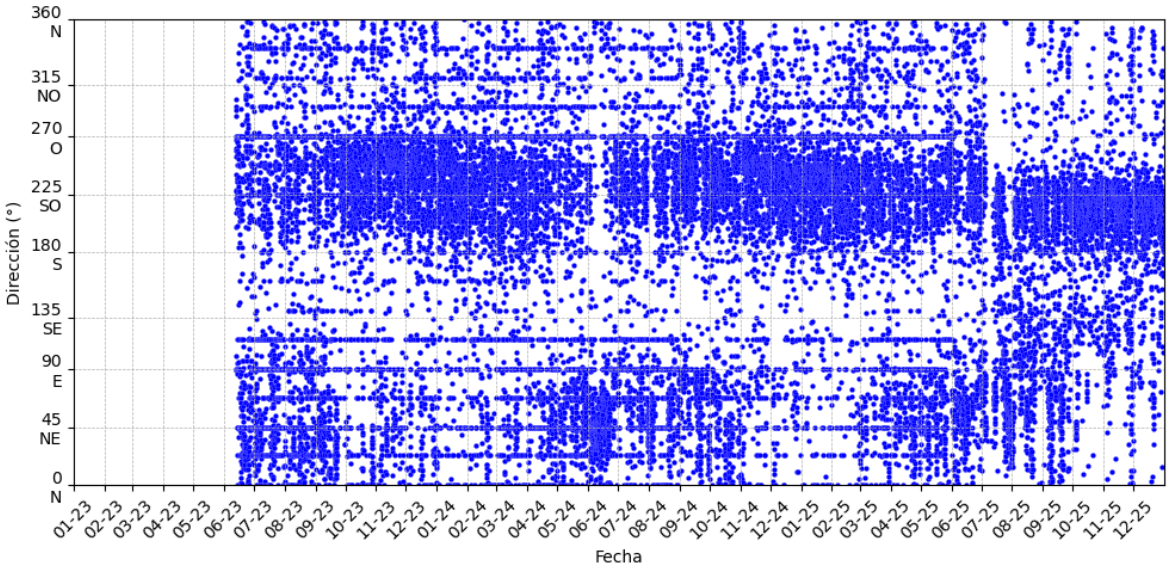
Con el objetivo de verificar la completitud de la serie de los registros de las variables en la Estación Zorzal Blanco, se presentan en la Figura 5-9 y Figura 5-10 las series de tiempo para la variable velocidad del viento y dirección del viento respectivamente.

Figura 5-9. Serie de tiempo velocidad del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

Figura 5-10. Serie de tiempo dirección del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

En las figuras anteriores se observa el alto grado de completitud de los registros asociados a las variables meteorológicas en los años 2024 y 2025. Se observa que los datos de viento comenzaron a registrarse a mediados de junio del 2023, sin interrupciones hasta el término del periodo de estudio.

Cabe destacar que, tanto los registros de intensidad del viento como de dirección del viento, presentan períodos y rangos específicos con una menor resolución en los datos, evidenciada por la presencia de valores discretos. En particular, la serie de intensidad del viento muestra esta discretización en un período acotado, comprendido entre inicios de septiembre y fines de octubre de 2024, mientras que la serie de dirección del viento presenta este comportamiento en ciertos rangos, principalmente bajo los 120° y sobre los 270°. No obstante, los valores registrados son consistentes con el resto del conjunto de datos, por lo que esta condición no compromete la validez de los análisis posteriores.

Para caracterizar la información anual registrada tanto para la velocidad como para la dirección del viento, se presenta en la Tabla 5-7 la escala de Beaufort de los vientos, recomendada por la *World Meteorological Organization*[12], como referencia para la intensidad de los vientos, a partir de la cual, en la Tabla 5-8 se calculan las frecuencias de distribución para la velocidad y dirección del viento observada para el periodo de estudio.

Tabla 5-7. Escala de Beaufort.

Categoría	Intensidad (m/s)	Descripción
Calma	<= 0,5	Calma; el humo asciende verticalmente
Aire ligero	0,6 - 1,5	Dirección del viento mostrada por la deriva de humo, pero no por veletas
Brisa ligera	1,6 - 3,3	El viento se siente en la cara, las hojas de los árboles crujen, las veletas se mueven
Brisa gentil	3,4 - 5,4	Hojas y ramas pequeñas en constante movimiento; el viento extiende banderas livianas
Brisa moderada	5,5 - 7,9	Levanta polvo y papeles sueltos; pequeñas ramas se mueven
Brisa fresca	8,0 - 10,7	Pequeños árboles con hojas empiezan a balancearse, se forman ondas con cresta en cuerpos de agua lacustres
Brisa fuerte	10,8 - 13,8	Grandes ramas en movimiento; se escucha el silbido del viento en cables eléctricos, paraguas usados con dificultad
Vendaval ligero	13,9 - 17,1	Árboles enteros en movimiento; se siente dificultad al caminar contra el viento
Vendaval	17,2 - 20,7	Rome ramas de árboles; generalmente impide caminar contra el viento
Vendaval fuerte	20,8 - 24,4	Se producen daños estructurales leves (daños en chimeneas y tejas)
Tormenta	24,5 - 28,4	Rara vez se experimenta tierra adentro; árboles arrancados de raíz; Se producen daños estructurales considerables.
Tormenta violenta	28,5 - 32,6	Muy raramente experimentada tierra adentro; acompañado de daños generalizados
Huracán	>= 32,7	Fenómeno exclusivo de altamar y zonas costeras

Fuente: WMO, 2019

[12] *Manual on International Codes – Section E*. Enlace al documento: https://library.wmo.int/viewer/35713/download?file=306_i1_2019_en.pdf&type=pdf&navigator=1

Tabla 5-8. Frecuencia de distribución velocidad y dirección del viento, periodo de enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco.

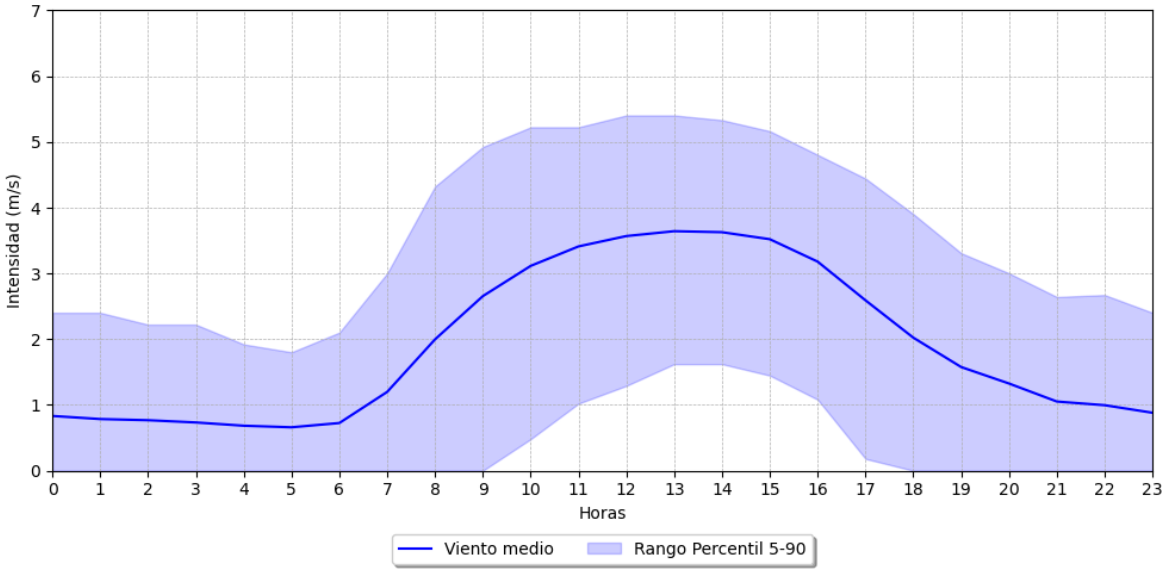
Dirección del viento	Distribución porcentual de la intensidad del viento							
	Aire ligero (0,6 - 1,5 m/s)	Brisa ligera (1,6 - 3,3 m/s)	Brisa gentil (3,4 - 5,4 m/s)	Brisa moderada (5,5 - 7,9 m/s)	Brisa fresca (8,0 - 10,7 m/s)	Brisa fuerte (10,8 - 13,8 m/s)	Vendaval ligero (13,9 - 17,1 m/s)	Total (%)
N (348,75° - 11,25°)	0,39%	0,73%	0,61%	0,27%	0,04%	0,00%	0,00%	**2,04%**
NNE (11,25° - 33,75°)	0,63%	1,27%	0,92%	0,52%	0,11%	0,02%	0,00%	**3,46%**
NE (33,75° - 56,25°)	1,23%	1,95%	1,47%	0,61%	0,13%	0,06%	0,01%	**5,44%**
ENE (56,25° - 78,75°)	1,77%	1,63%	0,54%	0,10%	0,04%	0,00%	0,00%	**4,08%**
E (78,75° - 101,25°)	1,22%	0,49%	0,10%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	**1,82%**
ESE (101,25° - 123,75°)	0,56%	0,35%	0,08%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	**1,01%**
SE (123,75° - 146,25°)	0,26%	0,22%	0,18%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	**0,65%**
SSE (146,25° - 168,75°)	0,21%	0,39%	0,29%	0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	**0,93%**
S (168,75° - 191,25°)	0,45%	1,00%	1,18%	0,18%	0,00%	0,00%	0,00%	**2,81%**
SSO (191,25° - 213,75°)	1,62%	2,99%	4,11%	1,21%	0,01%	0,00%	0,00%	**9,94%**
SO (213,75° - 236,25°)	3,40%	6,48%	4,72%	0,69%	0,04%	0,00%	0,00%	**15,33%**
OSO (236,25° - 258,75°)	3,16%	6,14%	2,77%	0,10%	0,00%	0,00%	0,00%	**12,16%**
O (258,75° - 281,25°)	1,75%	1,78%	0,55%	0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	**4,13%**
ONO (281,25° - 303,75°)	0,47%	0,61%	0,37%	0,07%	0,01%	0,01%	0,00%	**1,54%**
NO (303,75° - 326,25°)	0,44%	0,59%	0,42%	0,10%	0,01%	0,00%	0,00%	**1,56%**
NNO (326,25° - 348,75°)	0,47%	0,64%	0,41%	0,21%	0,00%	0,00%	0,00%	**1,73%**
Calma (<=0,5 m/s)								**31,35%**
Total (%)	**18,01%**	**27,27%**	**18,71%**	**4,15%**	**0,39%**	**0,09%**	**0,01%**	**100%**

Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.1.1.2 Ciclos diarios

En la Figura 5-11 se presenta el ciclo diario para la variable velocidad del viento, en donde se puede observar que las menores velocidades ocurren durante el periodo nocturno y de madrugada, específicamente entre las 21:00 y 06:00 horas, en donde se alcanza un mínimo promedio de velocidad de viento de aproximadamente 0,7 m/s. Luego, la velocidad comienza a incrementar sostenidamente alcanzando las mayores intensidades de viento entre las 13:00 y 14:00 horas, con un valor máximo promedio de aproximadamente 3,6 m/s.

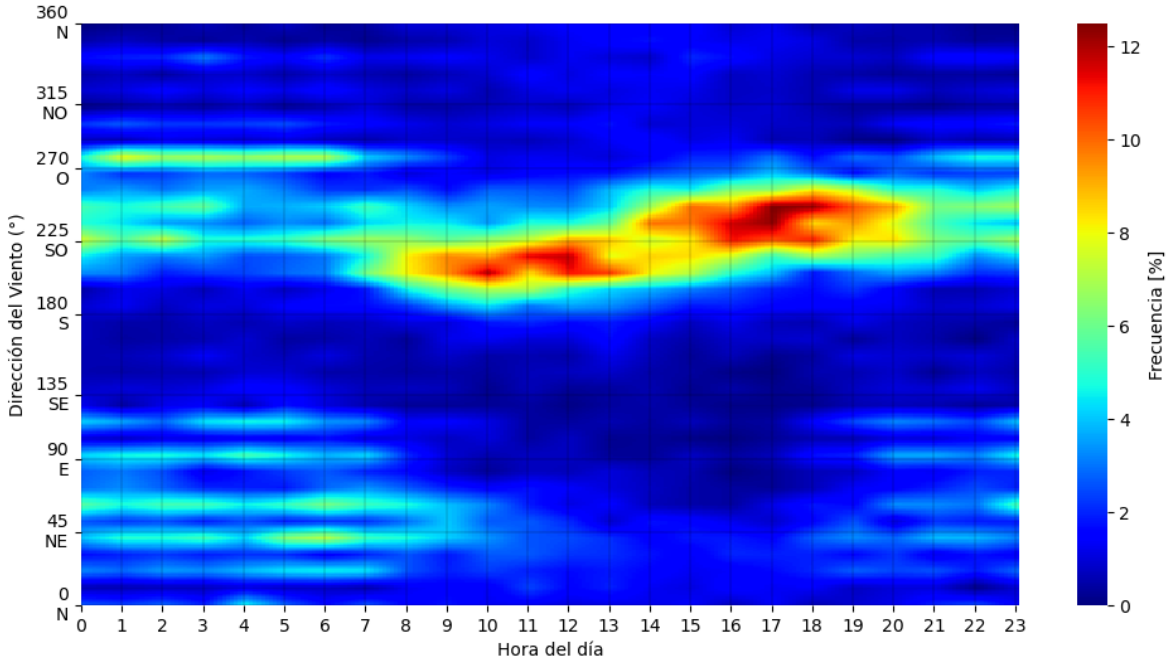
Figura 5-11. Ciclo diario velocidad del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

Para facilitar la visualización de las distribuciones de las direcciones del viento, se presenta, a continuación, el histograma del ciclo diario de la dirección para el periodo de monitoreo comprendido entre enero de 2023 y diciembre de 2025 (Figura 5-12).

Figura 5-12. Ciclo diario dirección del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco.



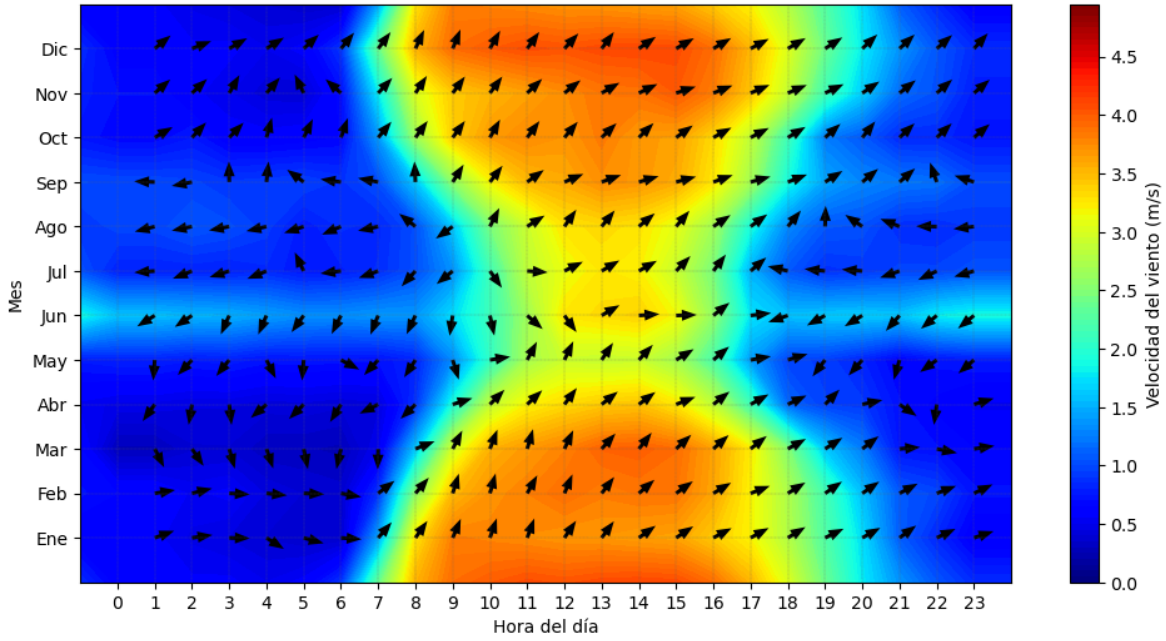
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A partir de esta figura se observa la presencia de una alta frecuencia de vientos con dirección oeste-suroeste (OSO) durante el periodo diurno, entre las 15:00 y las 20:00 horas. Asimismo, se aprecia una alta frecuencia de vientos del sur suroeste (SSO) durante la mañana y mediodía, entre las 08:00 y las 14:00 horas. En menor medida, se registran también vientos del oeste (O) y suroeste (SO) durante parte de la noche y la madrugada, entre las 22:00 y las 07:00.

5.2.1.1.1.3Ciclo estacional

En la Figura 5-13 se presenta el ciclo estacional de viento, en donde es posible apreciar que las mayores intensidades de viento se producen entre los meses de noviembre y marzo durante la mañana y el período diurno, específicamente entre las 08:00 y las 17:00 horas, mientras que las menores intensidades se presentan en la noche y la madrugada, entre las 21:00 y las 06:00 horas, durante todo el año, con la excepción de los meses entre mayo y agosto, donde el mínimo se extiende desde las 17:00 hasta las 09:00 horas. No obstante, durante el mes de junio, el mínimo de velocidad aumenta de 0 a 3 m/s. En cuanto a la dirección del viento, es posible observar una marcada predominancia del suroeste (SO) en el periodo diurno y durante todo el año, excepto en el mes de junio en que el viento adopta predominantemente una dirección noroeste (NO). En el periodo nocturno se puede observar un comportamiento más caótico del viento, por lo que no se identifica una dirección predominante.

Figura 5-13. Ciclo estacional del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.1.2 Temperatura del aire

En la Tabla 5-9 se muestra el resumen de información para la variable temperatura, específicamente promedio, máximo y mínimo para el periodo de estudio.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para los años 2024 y 2025. En consecuencia, los datos obtenidos de los años mencionados serán utilizados para los análisis posteriores.

Tabla 5-9. Resumen de información temperatura del aire. Estación Zorzal Blanco.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Temperatura del aire (°C)	Promedio	11,61	13,54	14,4
	Máximo	37,2	42,9	44,8
	Mínimo	-2,5	-3,1	-4
	Datos Válidos (%)	54,6	97,73	93,18

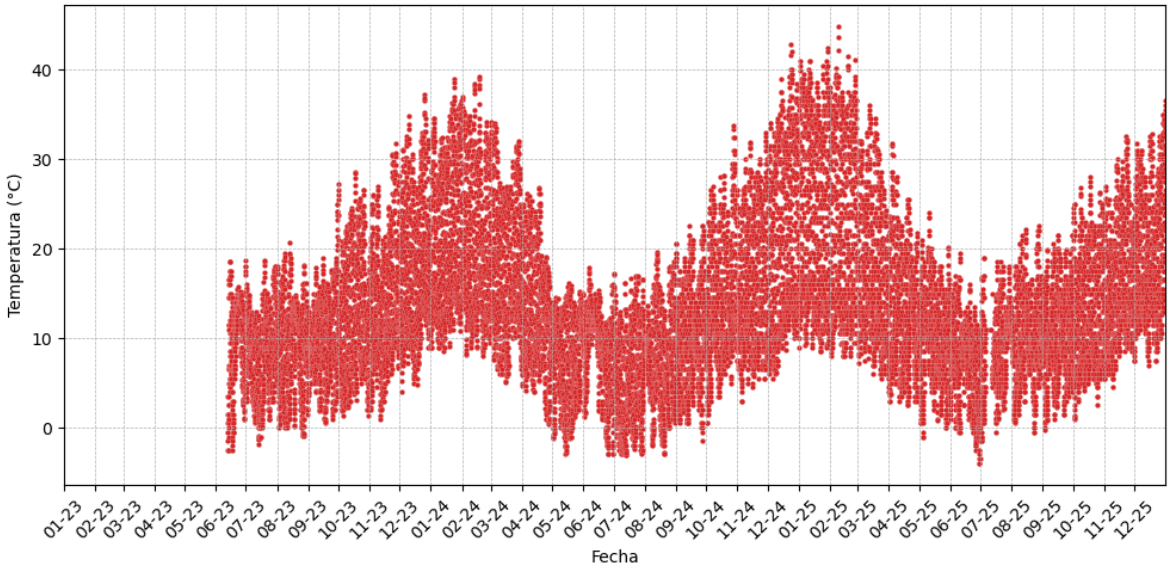
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A continuación, en los siguientes incisos se presenta la serie de tiempo, ciclo diario y ciclo estacional observados para la variable meteorológica temperatura del aire.

5.2.1.1.2.1 Serie de tiempo

A modo de verificación de la completitud de la serie de datos registrados en la Estación Zorzal Blanco, se presenta en la Figura 5-14 la serie de tiempo para la variable temperatura.

Figura 5-14. Serie de tiempo temperatura, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco.



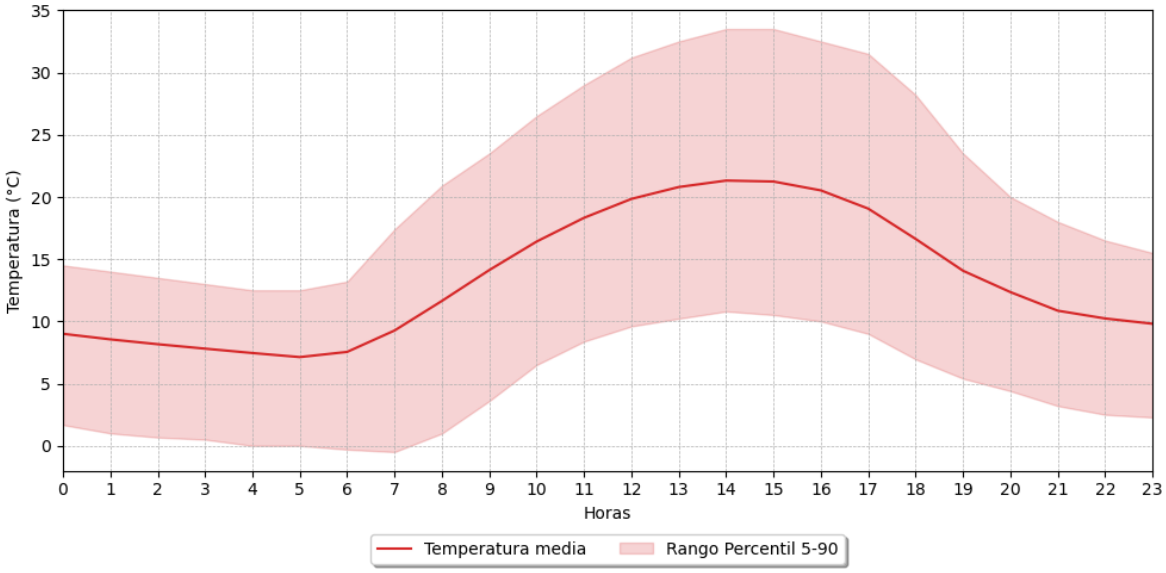
Fuente: DFM Consultores, 2026.

En la figura anterior se puede observar el alto grado de completitud de los registros asociados a la variable meteorológica en los años 2024 y 2025. Se observa que los datos de temperatura comenzaron a registrarse a mediados de junio del 2023, sin interrupciones hasta el término del periodo de estudio.

5.2.1.1.2.2 Ciclo diario

En la Figura 5-15 se presenta el ciclo diario para la variable temperatura, en donde es posible observar que las menores temperaturas ocurren durante el periodo de madrugada, entre las 21:00 y 05:00 horas, alcanzando un mínimo promedio de aproximadamente 7,1°C. Los valores más altos se alcanzan durante la tarde, entre las 13:00 y 15:00 horas, llegando a un máximo de aproximadamente 21,3°C. A partir de esta última hora, la temperatura comienza a disminuir de manera gradual hasta alcanzar los valores de temperatura nocturnas, dando comienzo nuevamente al ciclo.

Figura 5-15. Ciclo diario temperatura, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco.

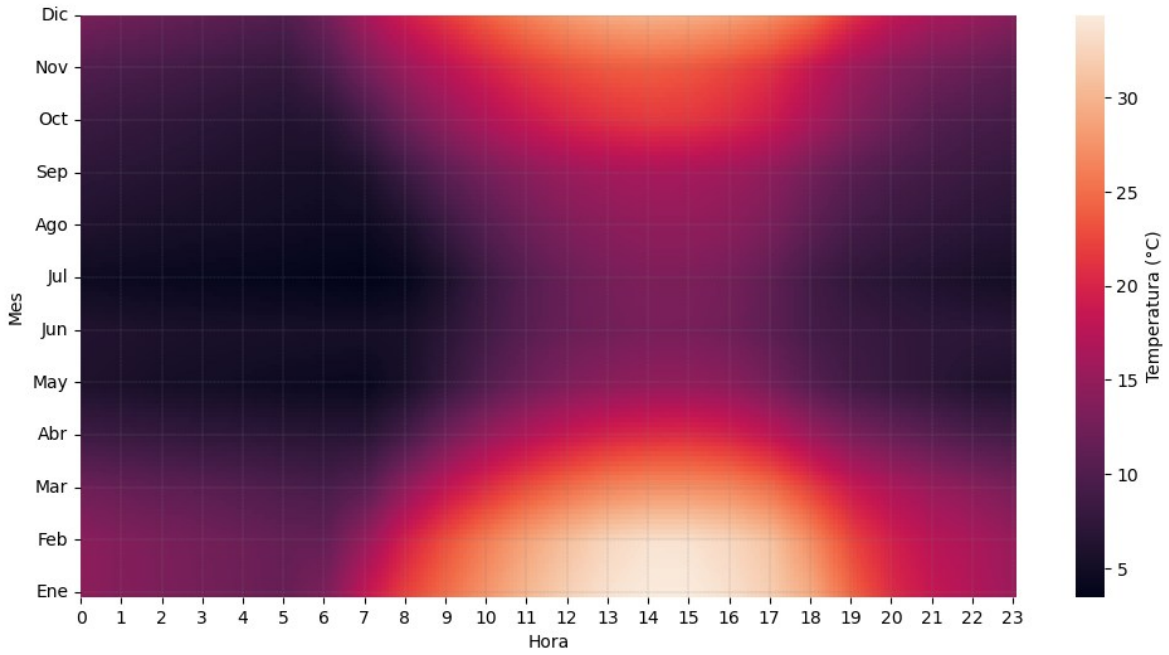


Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.1.2.3 Ciclo estacional

En la Figura 5-16 se presenta el ciclo estacional de la temperatura registrada en la estación, en donde es posible observar que las mayores temperaturas se registran durante los meses de verano en el periodo diurno, alcanzando los máximos valores entre 12:00 y 16:00 horas, particularmente entre los meses de diciembre a febrero. Por otra parte, las menores temperaturas se registran en invierno, entre los meses de mayo y agosto, entre las 23:00 y las 07:00 horas.

Figura 5-16. Ciclo estacional temperatura, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.1.3 Humedad relativa

En la Tabla 5-10 se presenta el resumen de información para la variable humedad relativa, detallando los valores promedio, máximos y mínimos anuales para el periodo en estudio.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para los años 2024 y 2025. En consecuencia, los resultados mostrados a continuación son de carácter referencial.

Tabla 5-10. Resumen de información humedad relativa. Estación Zorzal Blanco.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Humedad relativa (%)	Promedio	79,74	72,36	71,73
	Máximo	99	99	99
	Mínimo	17	11,2	10,4
	Datos Válidos (%)	54,6	97,73	93,18

Fuente: DFM Consultores, 2026.

A continuación, se presentan la serie de tiempo, ciclo diario y ciclo estacional observados para la variable meteorológica humedad relativa.

5.2.1.1.3.1 Serie de tiempo

A modo de verificación de la completitud de la serie de datos registrados en la Estación Zorzal Blanco, se presenta en la Figura 5-17 la serie de tiempo para la variable meteorológica humedad relativa.

Figura 5-17. Serie de tiempo humedad relativa, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco.



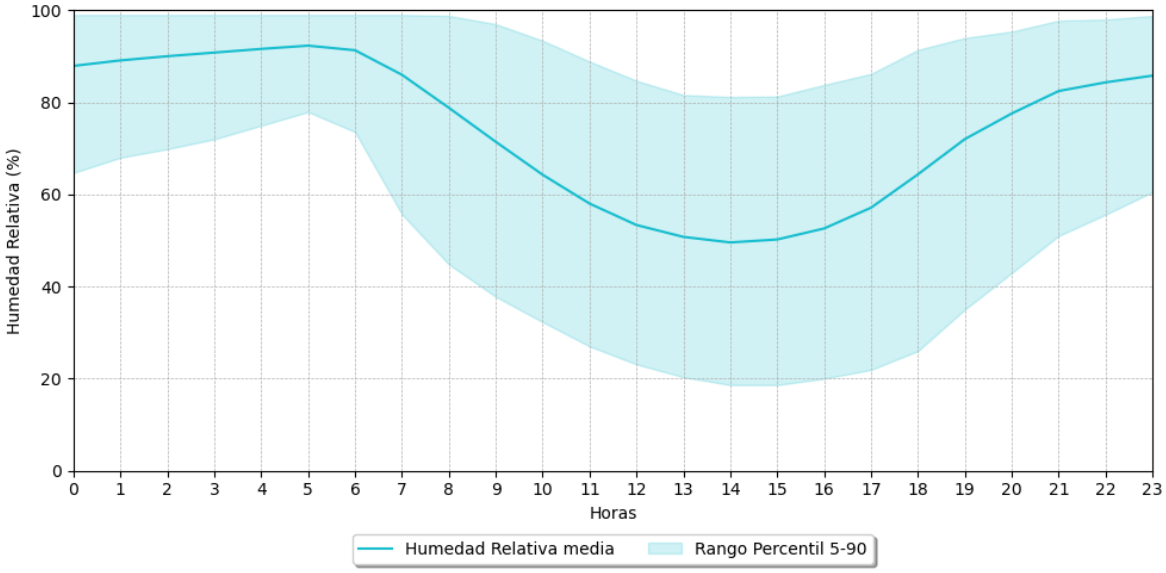
Fuente: DFM Consultores, 2026.

En la figura anterior se puede observar el alto grado de completitud de los registros asociados a la variable meteorológica en los años 2024 y 2025. Se observa que los datos de humedad relativa comenzaron a registrarse a mediados de junio del 2023, sin interrupciones hasta el término del periodo de estudio.

5.2.1.1.3.2 Ciclo diario

En la Figura 5-18 se presenta el ciclo diario para la variable humedad relativa, en donde es posible apreciar que durante el periodo de madrugada, entre las 21:00 y 05:00 horas, se registran los mayores porcentajes de humedad, alcanzando un valor máximo promedio de 92,3% a las 05:00. Posteriormente, la humedad comienza a descender a lo largo del día alcanzando un mínimo promedio aproximado de 49,6% entre las 13:00 y 15:00 horas, para luego aumentar paulatinamente hasta adoptar los valores nocturnos dando inicio nuevamente al ciclo.

Figura 5-18. Ciclo diario humedad relativa, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco.

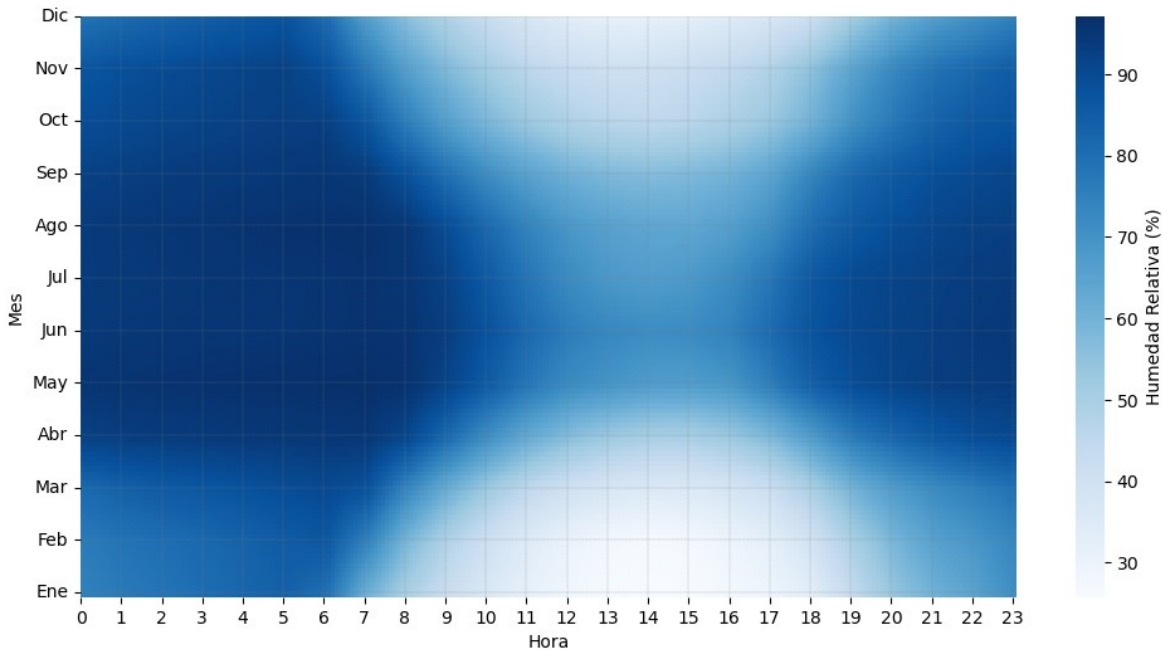


Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.1.3.3 Ciclo estacional

En la Figura 5-19 se presenta el ciclo estacional de la humedad relativa, en donde se puede apreciar que los mayores valores se registran entre los meses de abril y septiembre durante la madrugada, entre las 00:00 y las 08:00 horas, superando el 90%. Los valores mínimos se aprecian entre los meses de diciembre y marzo, entre las 11:00 y 16:00 horas, llegando a valores menores al 30%.

Figura 5-19. Ciclo estacional humedad relativa, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.1.4 Radiación solar

En relación con la variable radiación solar, la Estación Zorzal Blanco no cuenta con registros disponibles para el período en estudio, por lo que no es posible efectuar un análisis estadístico conforme a las directrices de la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015). En consecuencia, dicha variable no es considerada en los análisis correspondientes a esta estación.

5.2.1.1.5 Presión atmosférica

En la Tabla 5-11 se presenta el resumen de información para la variable presión atmosférica, especificando los valores promedios, máximos y mínimos registrados durante el periodo en estudio.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para los años 2024 y 2025. En consecuencia, los resultados mostrados a continuación son de carácter referencial.

Tabla 5-11. Resumen de información presión atmosférica. Estación Zorzal Blanco.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Presión Atmosférica (mbar)	Promedio	995	1.004,69	1.019,55
	Máximo	1.029	1.030	1.036
	Mínimo	975	968	1.007
	Datos Válidos (%)	54,6	97,73	93,18

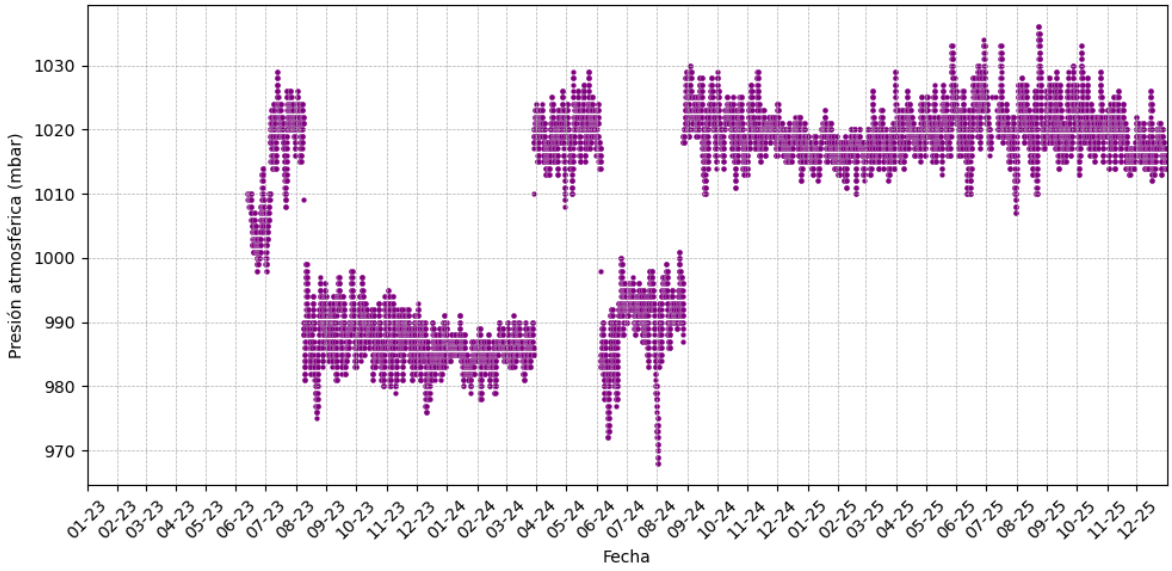
Fuente: DFM Consultores, 2026.

De esta forma, a continuación, se presenta la serie de tiempo, ciclo diario y ciclo estacional observados para la variable meteorológica presión atmosférica.

5.2.1.1.5.1 Serie de tiempo

A modo de verificación de la completitud de la serie de datos registrados en la Estación Zorzal Blanco, se presenta en la Figura 5-20 la serie de tiempo para la variable meteorológica presión atmosférica.

Figura 5-20. Serie de tiempo presión atmosférica, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco.



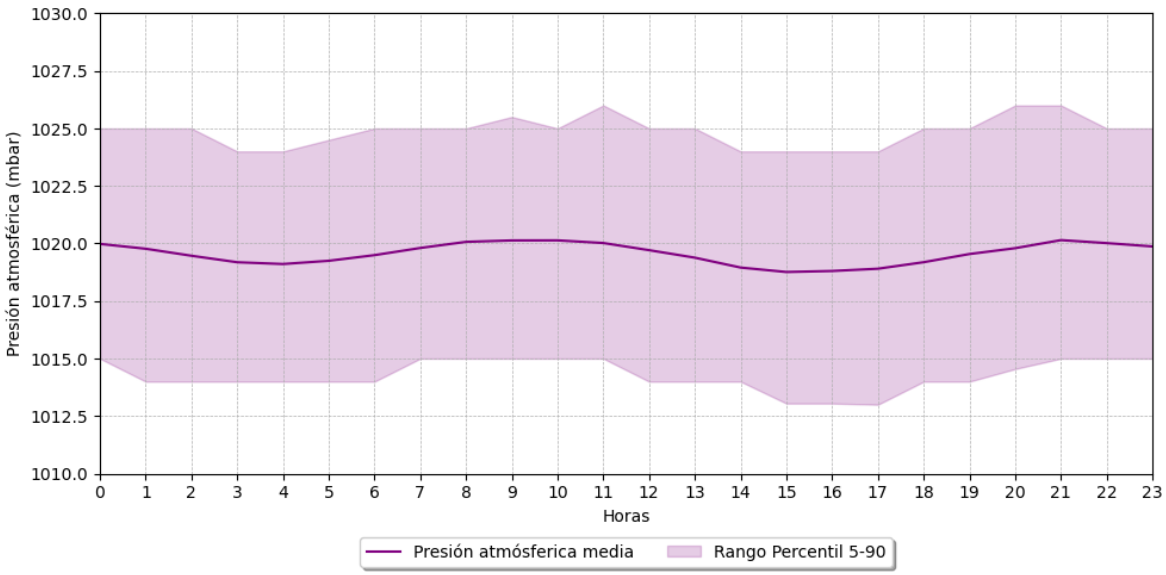
Fuente: DFM Consultores, 2026.

En la figura anterior se puede observar el alto grado de completitud de los registros asociados a la variable meteorológica en los años 2024 y 2025. Se observa que los datos de presión atmosférica comenzaron a registrarse a mediados de junio del 2023, sin interrupciones hasta el término del periodo de estudio. Además, se observa que la serie de presión atmosférica presenta varios episodios de descalibración del sensor a lo largo del periodo analizado, evidenciados por cambios abruptos en los promedios anuales de la presión. Como resultado de estos desajustes, se distinguen claramente seis periodos de medición con promedios significativamente diferentes entre sí, cuyas diferencias pueden alcanzar el orden de 30 mbar. En base a esto, para el análisis presentado a continuación, solo se utilizarán los datos del año 2025, de modo que los resultados presentados son de carácter referencial.

5.2.1.1.5.2Ciclo Diario

En la Figura 5-21 se presenta el ciclo diario para la variable presión atmosférica. Se pueden apreciar dos instantes con leves bajas en la presión, uno entre las 03:00 y las 05:00 horas, y otro entre 14:00 y las 17:00 horas. Por otro lado, se observan dos instantes de leves altas presiones, uno entre las 08:00 y 10:00 horas, y otro entre las 20:00 y 23:00 horas.

Figura 5-21. Ciclo diario presión atmosférica, periodo enero 2025 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco.

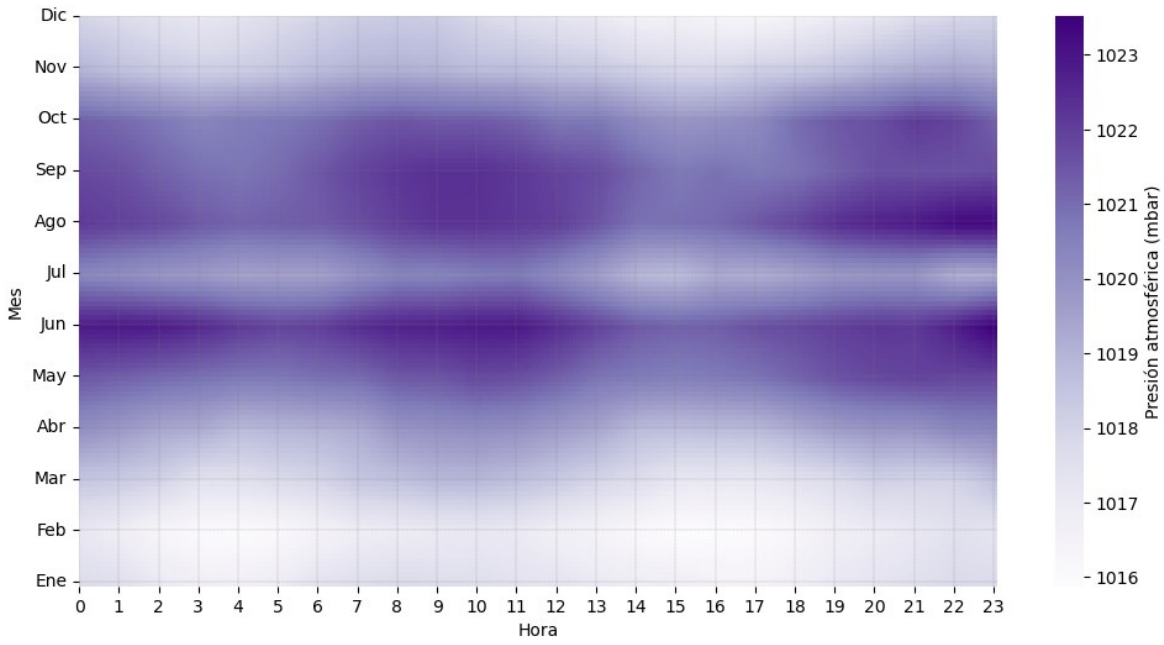


Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.1.5.3 Ciclo estacional

En la Figura 5-22 se presenta el ciclo estacional de la presión atmosférica, en donde es posible apreciar que, durante la mañana, entre 07:00 y 12:00 horas, y en la noche, entre las 20:00 y 01:00 horas, en junio y entre agosto y octubre se aprecian las mayores presiones, mientras que en los meses de verano la presión se mantiene con bajos valores.

Figura 5-22. Ciclo estacional presión atmosférica, periodo enero 2025 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.1.6 Precipitación acumulada

En la Tabla 5-12 se presenta el resumen de información para la variable precipitación diaria y mensual acumulada, especificando los valores promedios, máximos y mínimos anuales para el periodo en estudio, además del total de precipitaciones anuales acumuladas.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para los años 2024 y 2025. En consecuencia, los resultados mostrados a continuación son de carácter referencial.

Tabla 5-12. Resumen de información precipitación acumulada. Estación Zorzal Blanco.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Precipitación Acumulada (mm)	Acumulado anual	870,1	1.105,2	492,2
	Máximo mensual	282,4	534,6	142,3
	Mínimo mensual	0	0	0
	Datos Válidos (%)	54,6	97,73	93,18

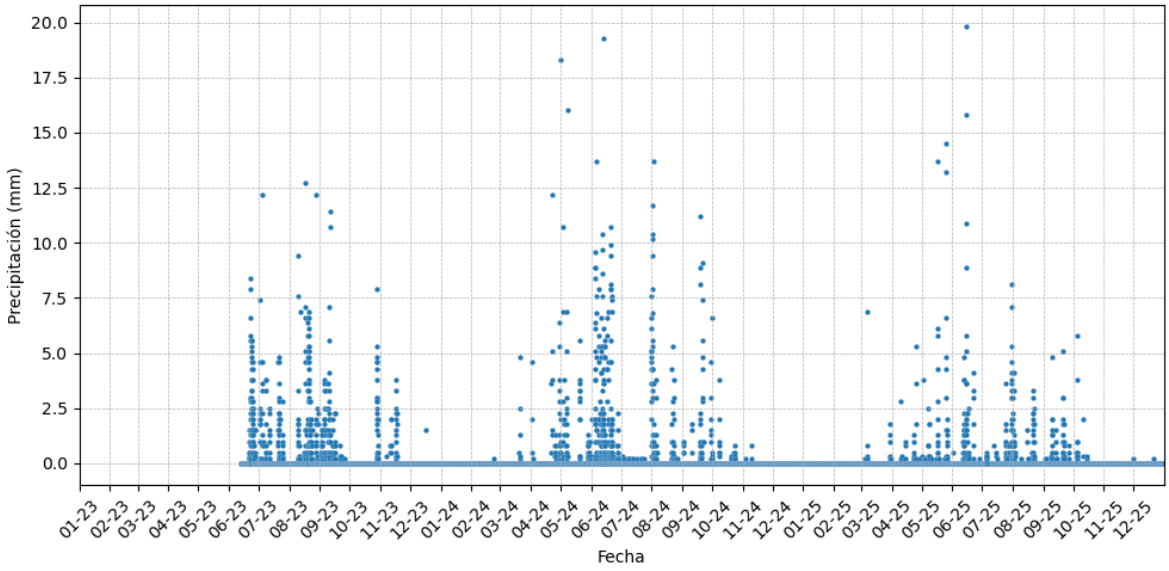
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A continuación, se presenta la serie de tiempo para la variable meteorológicas precipitación diaria acumulada.

5.2.1.1.6.1 Series de tiempo

A modo de verificación de la completitud de la serie de datos registrados en la estación Zorzal Blanco se presenta en la Figura 5-23 la serie de tiempo para la variable meteorológica precipitación diaria acumulada.

Figura 5-23. Serie de tiempo precipitación acumulada diaria, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco.



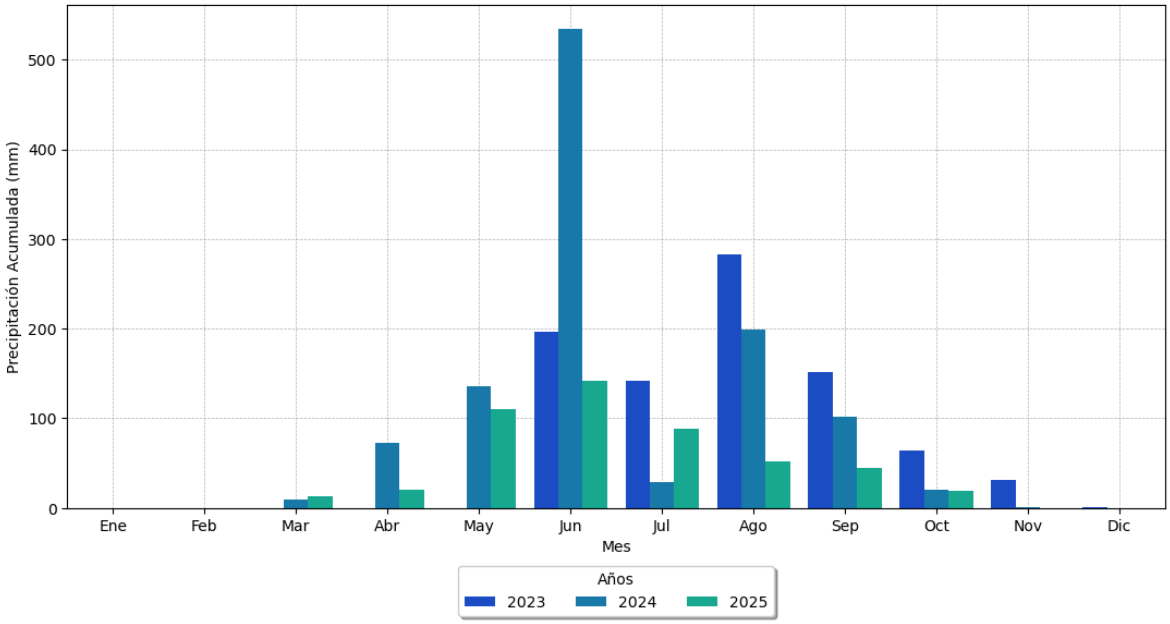
Fuente: DFM Consultores, 2026.

En la figura anterior se puede observar el alto grado de completitud de los registros asociados a la variable meteorológica en los años 2024 y 2025. Se observa que los datos de precipitación comenzaron a registrarse a mediados de junio del 2023, sin interrupciones hasta el término del periodo de estudio.

5.2.1.1.6.2 Acumulado mensual

En la Figura 5-24 se presentan los datos de precipitación mensual acumulada, donde se observa una marcada concentración de las precipitaciones entre los meses de mayo y septiembre. El año 2024 corresponde al periodo con mayores precipitaciones acumuladas, destacando un máximo en junio de 534 mm, seguido por agosto que acumuló 200 mm. Al contrario, el año 2023 presenta menores precipitaciones acumuladas, con un máximo durante agosto de 282 mm, mientras que el año 2025 presenta un máximo de 142 mm durante el mes de junio.

Figura 5-24. Precipitación Acumulada Mensual, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Zorzal Blanco.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.2 Estación Ninhue

5.2.1.2.1 Velocidad y dirección del viento

En la Tabla 5-13 se presenta el resumen de los registros para la variable velocidad del viento en la estación, específicamente el promedio, máximo y mínimo del periodo en estudio, además del porcentaje de calmas, el cual se define como el porcentaje del tiempo en que la velocidad del viento es menor a 0,5 m/s.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para el trienio de estudio. En consecuencia, los datos obtenidos de los años mencionados serán utilizados para los análisis posteriores.

Tabla 5-13. Resumen de información velocidad del viento. Estación Ninhue.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Velocidad de Viento (m/s)	Promedio	2,01	0,8	0
	Máximo	9,27	17,38	0,9
	Mínimo	0	0	0
	Porcentaje de calmas (%)	32,01	75,13	99,95
	Datos Válidos (%)	100	99,94	100
Dirección del viento (°)	Datos Válidos (%)	100	99,94	100

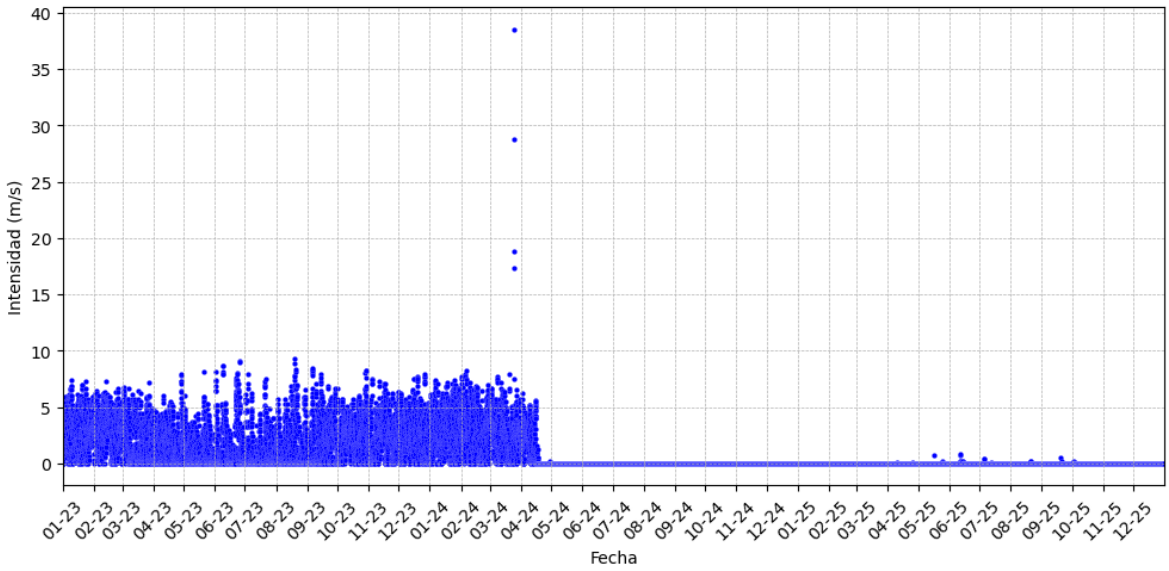
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A continuación, se muestran las series de tiempo, ciclos diarios y ciclo estacional para las variables meteorológicas velocidad y dirección del viento.

5.2.1.2.1.1Series de tiempo

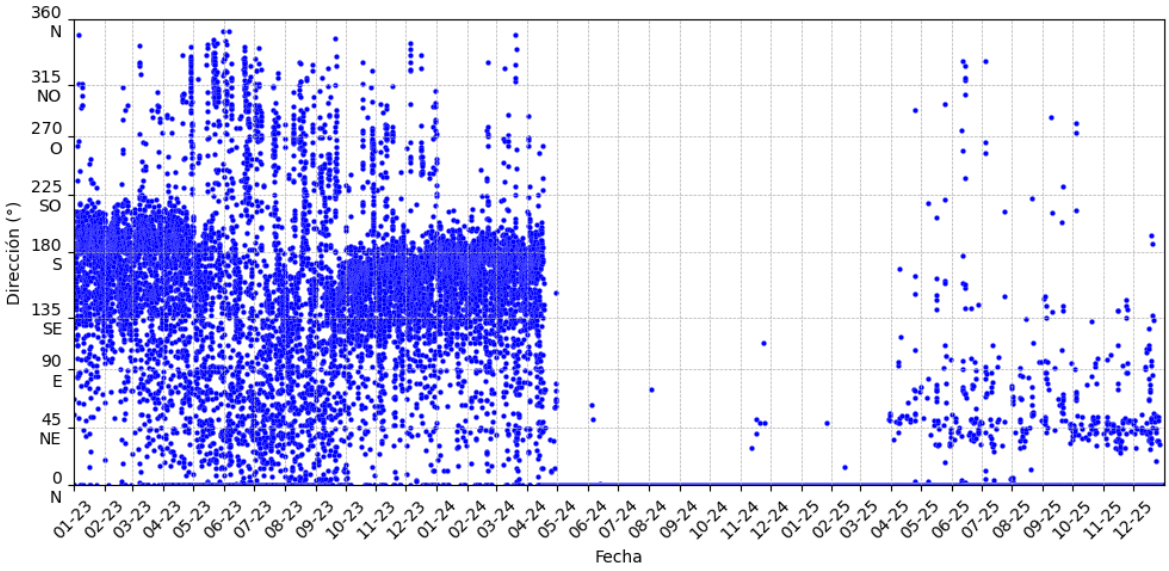
Con el objetivo de verificar la completitud de la serie de los registros de las variables en la Estación Ninhue, se presentan en la Figura 5-25 y Figura 5-26 las series de tiempo para la variable velocidad del viento y dirección del viento respectivamente.

Figura 5-25. Serie de tiempo velocidad del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

Figura 5-26. Serie de tiempo dirección del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

En las figuras anteriores se observa el alto grado de completitud de los registros asociados a las variables meteorológicas para el trienio 2023-2025, con más de un 75% de datos válidos, cumpliendo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015). Sin embargo, desde abril de 2024 a diciembre de 2025 se observa un error en las mediciones, con valores iguales o cercanos a 0 m/s para la velocidad del viento durante todo este periodo, lo que no se observa en la primera parte del trienio. De igual manera, para la dirección del viento se observa un cambio con respecto a la tendencia observada entre enero 2023 y marzo 2024, presentando una alta frecuencia de vientos con dirección norte (N) en contraste con la variabilidad observada en el inicio del trienio. En base a esto, para el análisis presentado a continuación, solo se utilizarán los datos del año 2023, con el fin de evitar sesgos estacionales, de modo que los resultados presentados son de carácter referencial.

Para caracterizar la información anual registrada tanto para la velocidad como para la dirección del viento, se utiliza la escala de Beaufort, presentada en la Tabla 5-7, recomendada por la *World Meteorological Organization*[10] como referencia para la intensidad de los vientos, a partir de la cual, en la Tabla 5-14 se calculan las frecuencias de distribución para la velocidad y dirección del viento observada para el periodo de estudio.

Tabla 5-14 – Frecuencia de distribución velocidad y dirección del viento, periodo de enero 2023 a diciembre 2023. Estación Ninhue.

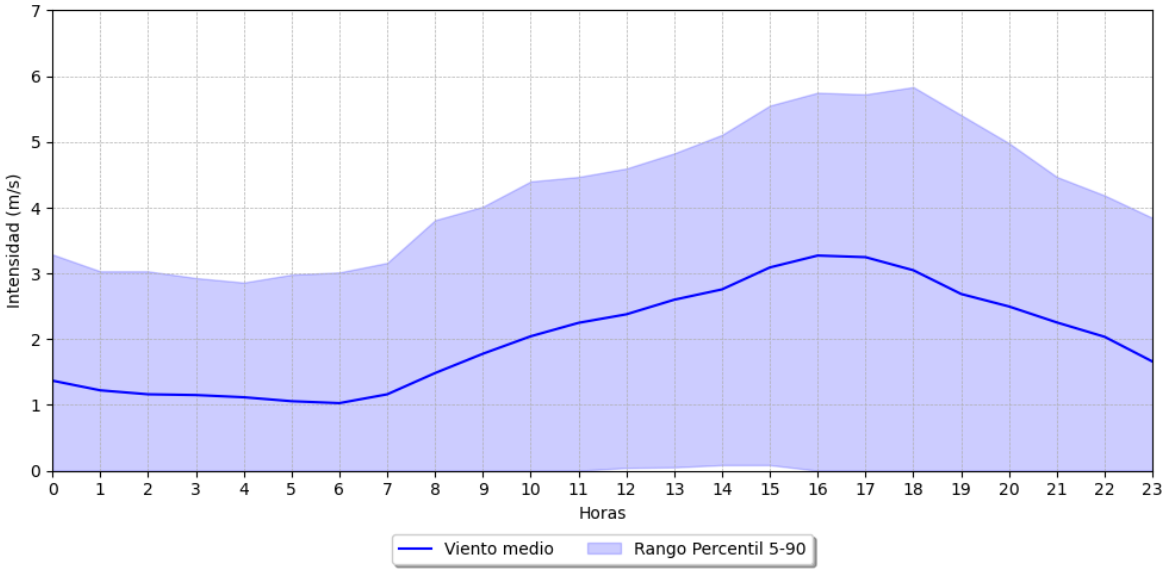
Dirección del viento	Distribución porcentual de la intensidad del viento						
	Aire ligero (0,6 - 1,5 m/s)	Brisa ligera (1,6 - 3,3 m/s)	Brisa gentil (3,4 - 5,4 m/s)	Brisa moderada (5,5 - 7,9 m/s)	Brisa fresca (8,0 - 10,7 m/s)	Brisa fuerte (10,8 - 13,8 m/s)	Total (%)
N (348,75° - 11,25°)	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	**0,02%**
NNE (11,25° - 33,75°)	0,07%	0,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	**0,14%**
NE (33,75° - 56,25°)	0,09%	0,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	**0,13%**
ENE (56,25° - 78,75°)	0,22%	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	**0,25%**
E (78,75° - 101,25°)	0,54%	0,23%	0,06%	0,00%	0,00%	0,00%	**0,83%**
ESE (101,25° - 123,75°)	0,70%	0,84%	0,46%	0,06%	0,00%	0,00%	**2,06%**
SE (123,75° - 146,25°)	1,14%	2,06%	1,54%	0,23%	0,00%	0,00%	**4,97%**
SSE (146,25° - 168,75°)	1,39%	3,53%	1,91%	0,29%	0,00%	0,00%	**7,11%**
S (168,75° - 191,25°)	1,20%	3,62%	3,16%	0,95%	0,01%	0,00%	**8,94%**
SSO (191,25° - 213,75°)	0,41%	0,84%	1,41%	0,46%	0,01%	0,00%	**3,13%**
SO (213,75° - 236,25°)	0,26%	0,18%	0,19%	0,09%	0,03%	0,00%	**0,75%**
OSO (236,25° - 258,75°)	0,14%	0,17%	0,18%	0,13%	0,02%	0,00%	**0,64%**
O (258,75° - 281,25°)	0,17%	0,24%	0,24%	0,14%	0,01%	0,00%	**0,79%**
ONO (281,25° - 303,75°)	0,12%	0,15%	0,19%	0,06%	0,02%	0,00%	**0,53%**
NO (303,75° - 326,25°)	0,08%	0,19%	0,13%	0,07%	0,00%	0,00%	**0,47%**
NNO (326,25° - 348,75°)	0,06%	0,08%	0,06%	0,01%	0,00%	0,00%	**0,21%**
Calma (<=0,5 m/s)							**69,04%**
Total (%)	**6,61%**	**12,25%**	**9,53%**	**2,48%**	**0,09%**	**0,00%**	**100%**

Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.2.1.2Ciclos diarios

En la Figura 5-27 se presenta el ciclo diario para la variable velocidad del viento, en donde se puede observar que las menores velocidades ocurren durante el periodo nocturno y de madrugada, específicamente entre las 00:00 y 06:00 horas, en donde se alcanza un mínimo promedio de velocidad de viento de aproximadamente 1 m/s. Luego, la velocidad comienza a incrementar sostenidamente alcanzando las mayores intensidades de viento entre las 16:00 y 17:00 horas, con un valor máximo promedio de aproximadamente 3,3 m/s.

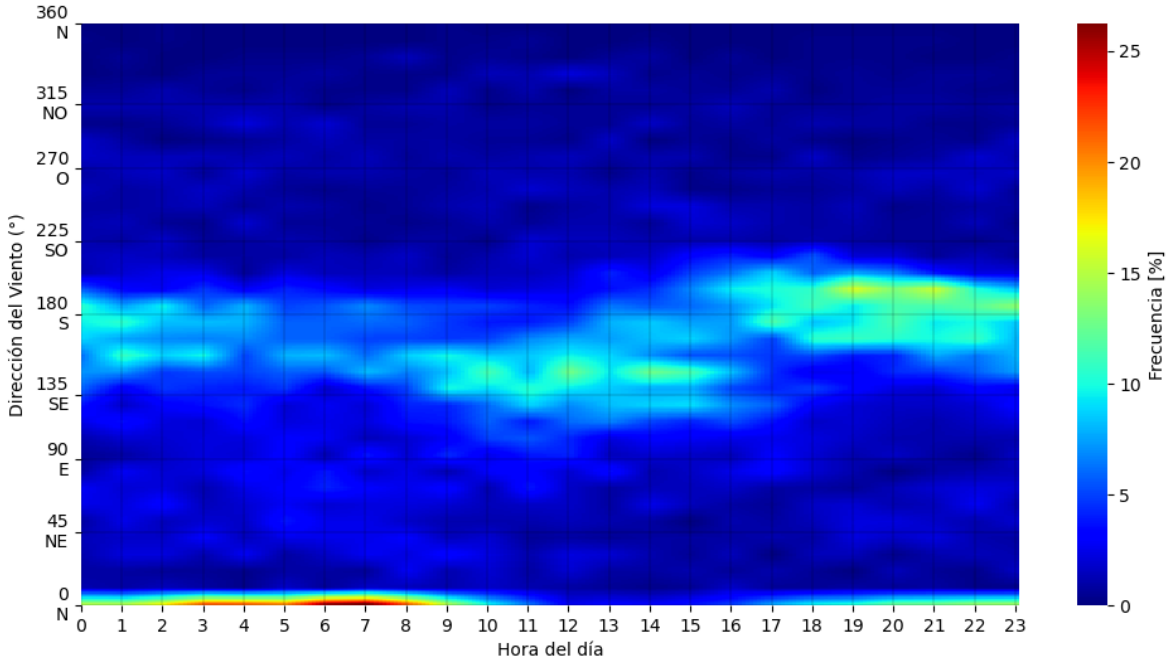
Figura 5-27. Ciclo diario velocidad del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2023. Estación Ninhue.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

Para facilitar la visualización de las distribuciones de las direcciones del viento, se presenta, a continuación, el histograma del ciclo diario de la dirección para el periodo de monitoreo comprendido entre enero y diciembre de 2023 (Figura 5-28).

Figura 5-28. Ciclo diario dirección del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2023. Estación Ninhue.



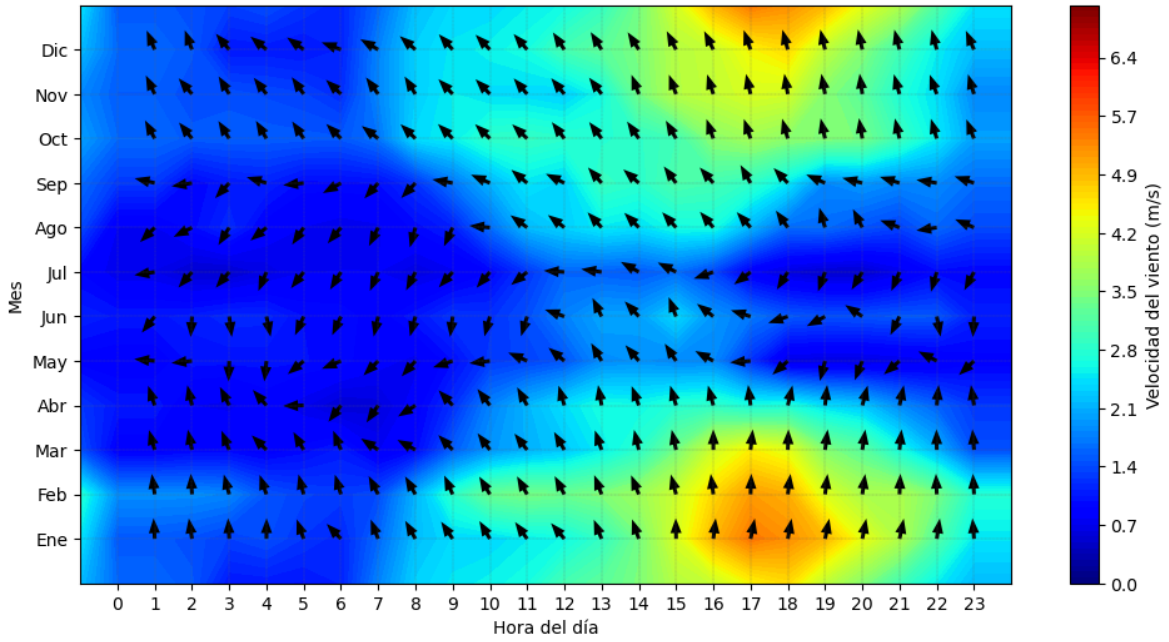
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A partir de esta figura se observa la presencia de una alta frecuencia de vientos con dirección norte (N) durante la madrugada, entre las 02:00 y las 09:00 horas. Asimismo, se aprecia una alta frecuencia de vientos del sur (S) durante la tarde, noche y madrugada, entre las 15:00 y las 04:00 horas. En menor medida, se registran también vientos del sursureste (SSE) durante el periodo diurno, entre las 09:00 y las 15:00.

5.2.1.2.1.3Ciclo estacional

En la Figura 5-29 se presenta el ciclo estacional de viento, en donde es posible apreciar que las mayores intensidades de viento se producen entre los meses de noviembre y marzo durante el período diurno, específicamente entre las 15:00 y las 20:00 horas, mientras que las menores intensidades se presentan en la noche y la madrugada, entre las 00:00 y las 07:00 horas, durante todo el año, con la excepción de los meses entre mayo y septiembre, donde el mínimo se extiende desde las 17:00 hasta las 10:00 horas. En cuanto a la dirección del viento, es posible observar una marcada predominancia de viento del sur (S), sur suroeste (SSO) y sur sureste (SSE) durante todo el día y durante todo el año, menos en los meses de invierno en que predomina una dirección este (E) a lo largo de todo el día. Estos vientos invernales presentan diferencias diurnas, adoptando una dirección noreste (NE) en la noche y madrugada, mientras que en el periodo diurno no se observa una dirección predominante.

Figura 5-29. Ciclo estacional del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2023. Estación Ninhue.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.2.2 Temperatura del aire

En la Tabla 5-15 se muestra el resumen de información para la variable temperatura, específicamente promedio, máximo y mínimo para el periodo de estudio.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para los años 2023-2025. En consecuencia, los datos obtenidos de los años mencionados serán utilizados para los análisis posteriores.

Tabla 5-15. Resumen de información temperatura del aire. Estación Ninhue.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Temperatura del aire (°C)	Promedio	14,62	14,19	15,02
	Máximo	39,1	47,7	40,7
	Mínimo	-2,4	-4,6	-5,5
	Datos Válidos (%)	100	99,97	100

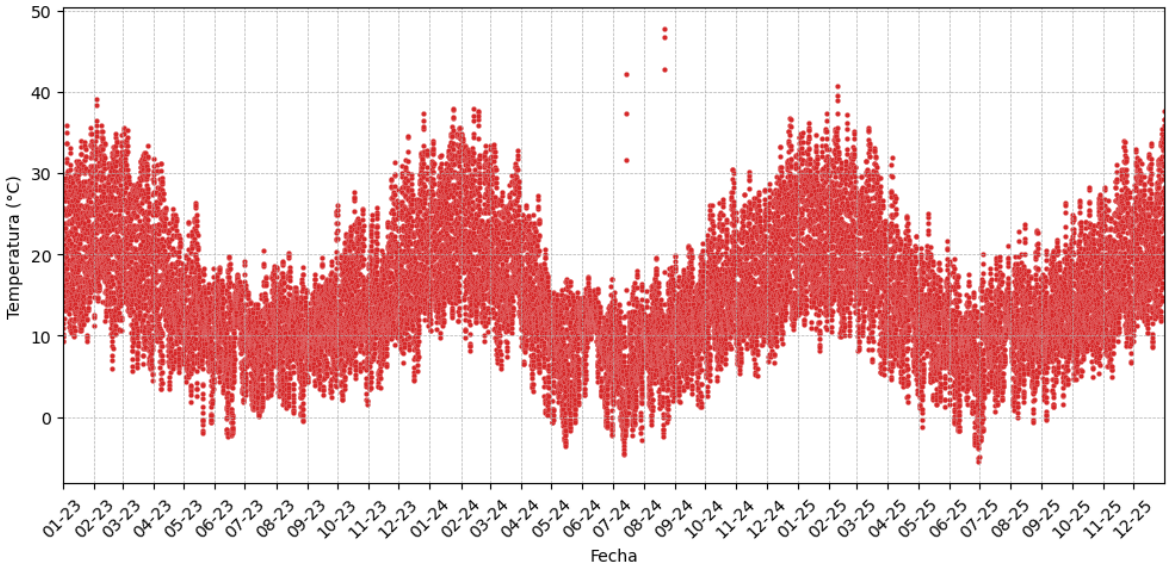
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A continuación, en los siguientes incisos se presenta la serie de tiempo, ciclo diario y ciclo estacional observados para la variable meteorológica temperatura del aire

5.2.1.2.2.1Serie de tiempo

A modo de verificación de la completitud de la serie de datos registrados en la Estación Ninhue, se presenta en la Figura 5-30 la serie de tiempo para la variable temperatura.

Figura 5-30. Serie de tiempo temperatura, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

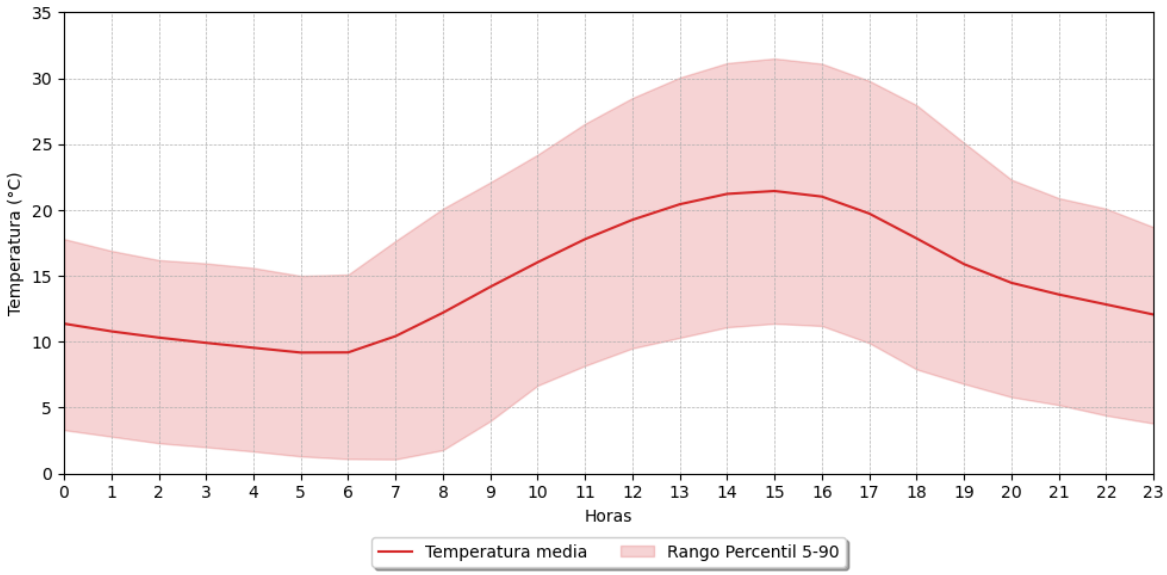
En la figura anterior se puede observar el alto grado de completitud de los registros asociados a la variable meteorológica en el periodo de estudio. Se observa que las series de tiempo cuentan con más de un 75% de datos válidos, cumpliendo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015).

Cabe mencionar la existencia de seis valores atípicos de temperatura registrados en julio y agosto de 2024. No obstante, al ser tan pocos datos anómalos (menos del 1% de los datos totales durante el 2024), no se compromete la validez de los análisis posteriores.

5.2.1.2.2.2Ciclo diario

En la Figura 5-31 se presenta el ciclo diario para la variable temperatura, en donde es posible observar que las menores temperaturas ocurren durante el periodo de madrugada, alcanzando un mínimo promedio de aproximadamente 9°C entre las 04:00 y 06:00 horas. Los valores más altos se alcanzan durante la tarde, entre las 14:00 y 16:00 horas, llegando a un máximo de aproximadamente 21,4°C. A partir de esta última hora, la temperatura comienza a disminuir de manera gradual hasta alcanzar los valores de temperatura nocturnas, dando comienzo nuevamente al ciclo.

Figura 5-31. Ciclo diario temperatura, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue.

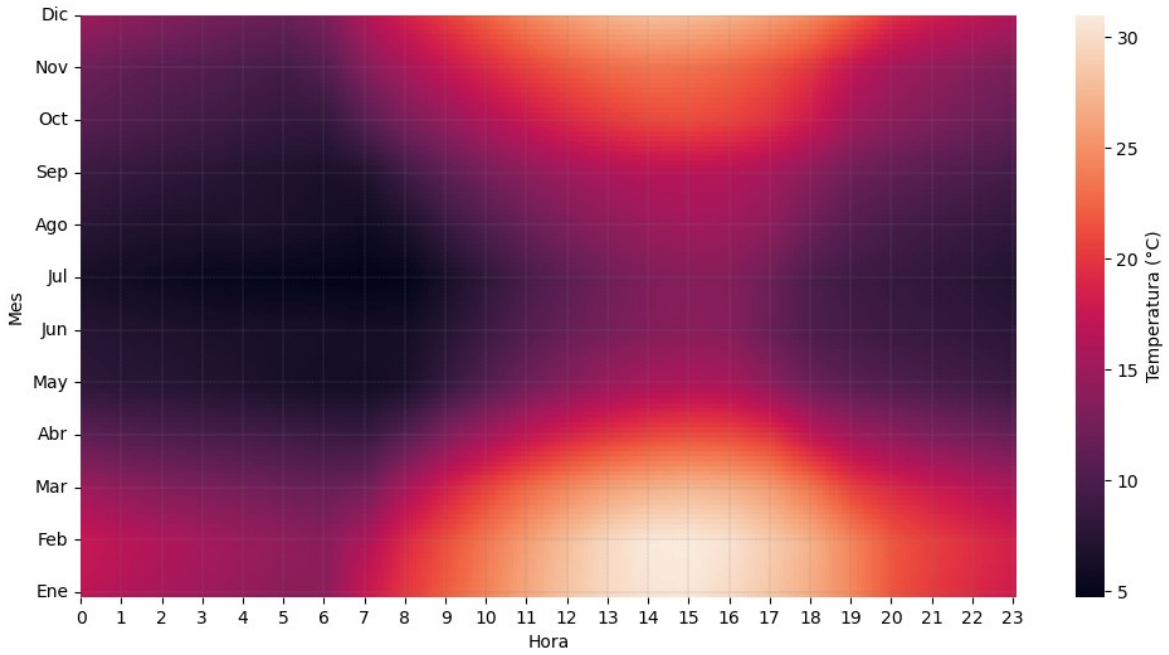


Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.2.2.3Ciclo estacional

En la Figura 5-32 se presenta el ciclo estacional de la temperatura registrada en la estación, en donde es posible observar que las mayores temperaturas se registran durante los meses de verano en el periodo diurno, alcanzando los máximos valores entre 13:00 y 17:00 horas, particularmente entre los meses de diciembre a febrero. Por otra parte, las menores temperaturas se registran en invierno, entre los meses de mayo y agosto, entre las 23:00 y las 07:00 horas.

Figura 5-32. Ciclo estacional temperatura, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.2.3 Humedad relativa

En la Tabla 5-16 se presenta el resumen de información para la variable humedad relativa, detallando los valores promedio, máximos y mínimos anuales para el periodo en estudio.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para los años 2023-2025. En consecuencia, los datos obtenidos de los años mencionados serán utilizados para los análisis posteriores.

Tabla 5-16 – Resumen de información humedad relativa. Estación Ninhue.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Humedad relativa (%)	Promedio	65,08	64,78	64,04
	Máximo	93,8	94,4	93,6
	Mínimo	7,6	7,4	8,5
	Datos Válidos (%)	100	99,89	100

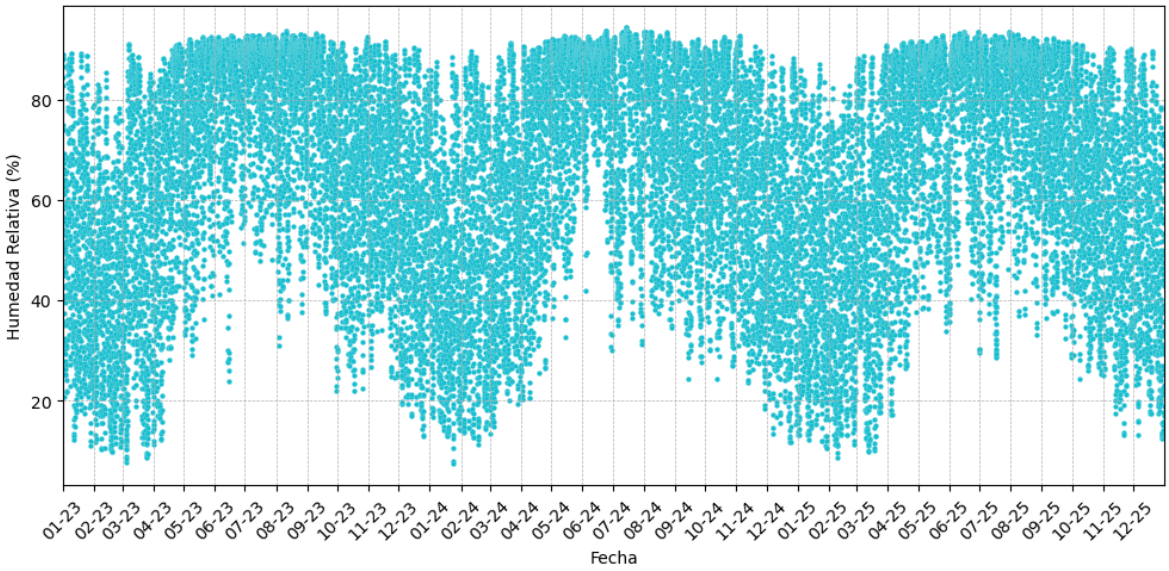
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A continuación, se presentan la serie de tiempo, ciclo diario y ciclo estacional observados para la variable meteorológica humedad relativa.

5.2.1.2.3.1Serie de tiempo

A modo de verificación de la completitud de la serie de datos registrados en la Estación Ninhue, se presenta en la Figura 5-33 la serie de tiempo para la variable meteorológica humedad relativa.

Figura 5-33. Serie de tiempo humedad relativa, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue.



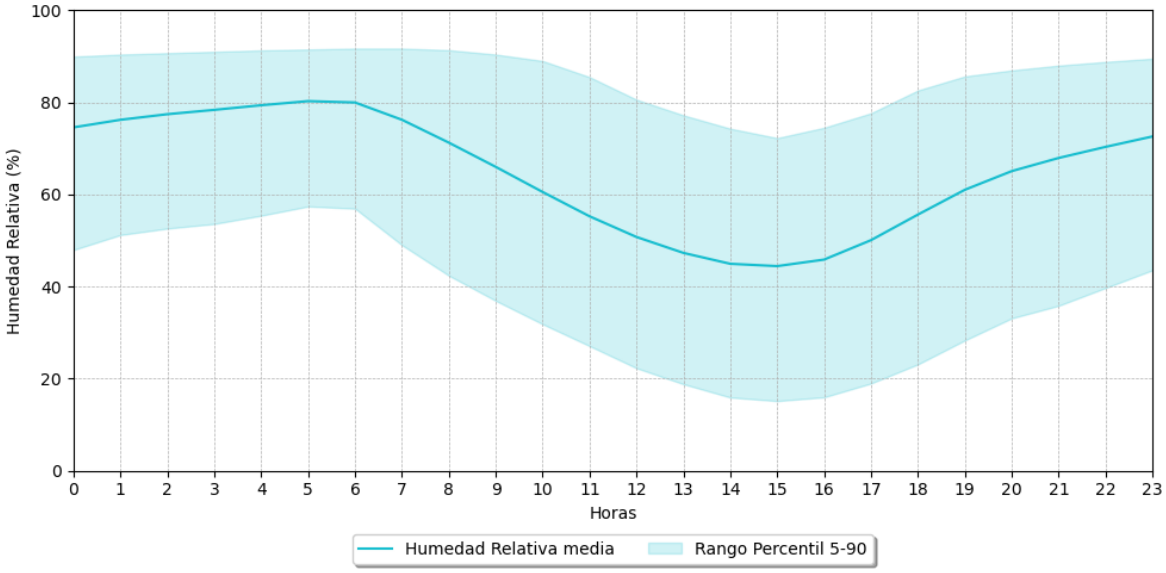
Fuente: DFM Consultores, 2026.

En la figura anterior se puede observar el alto grado de completitud de los registros asociados a la variable meteorológica en el periodo de estudio. Se observa que las series de tiempo cuentan con más de un 75% de datos válidos, cumpliendo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015).

5.2.1.2.3.2Ciclo diario

En la Figura 5-34 se presenta el ciclo diario para la variable humedad relativa, en donde es posible apreciar que, durante el periodo de madrugada, entre las 00:00 y 06:00 horas, se registran los mayores porcentajes de humedad, alcanzando un valor máximo promedio de 80,3% a las 05:00. Posteriormente, la humedad comienza a descender a lo largo del día alcanzando un mínimo promedio aproximado de 44,4% entre las 14:00 y 16:00 horas, para luego aumentar paulatinamente hasta adoptar los valores nocturnos dando inicio nuevamente al ciclo.

Figura 5-34. Ciclo diario humedad relativa, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue.

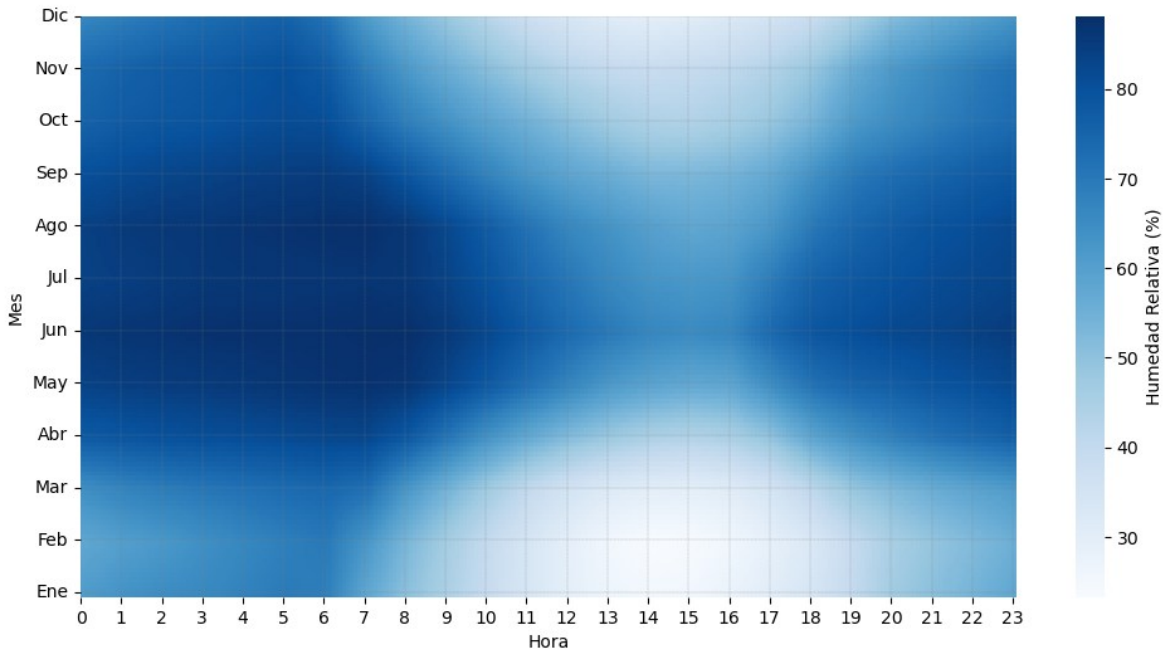


Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.2.3.3Ciclo estacional

En la Figura 5-35 se presenta el ciclo estacional de la humedad relativa, en donde se puede apreciar que los mayores valores se registran en los meses de mayo y junio durante la madrugada, entre las 00:00 y las 08:00 horas, superando el 80%. Los valores mínimos se aprecian en verano, entre los meses de diciembre y febrero, entre las 12:00 y 16:00 horas, llegando a valores menores al 30%.

Figura 5-35. Ciclo estacional humedad relativa, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.2.4 Radiación solar

En la Tabla 5-17 se presenta el resumen de información para la variable radiación solar, especificando los valores máximos, mínimos y promedios anuales para el periodo en estudio.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para los años 2023-2025. En consecuencia, los datos obtenidos de los años mencionados serán utilizados para los análisis posteriores.

Tabla 5-17. Resumen de información radiación solar. Estación Ninhue.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Radiación Solar (W/m^2)	Promedio	143,64	148,29	149,53
	Máximo	792,9	868	767,2
	Mínimo	0	0	0
	Datos Válidos (%)	100	99,91	100

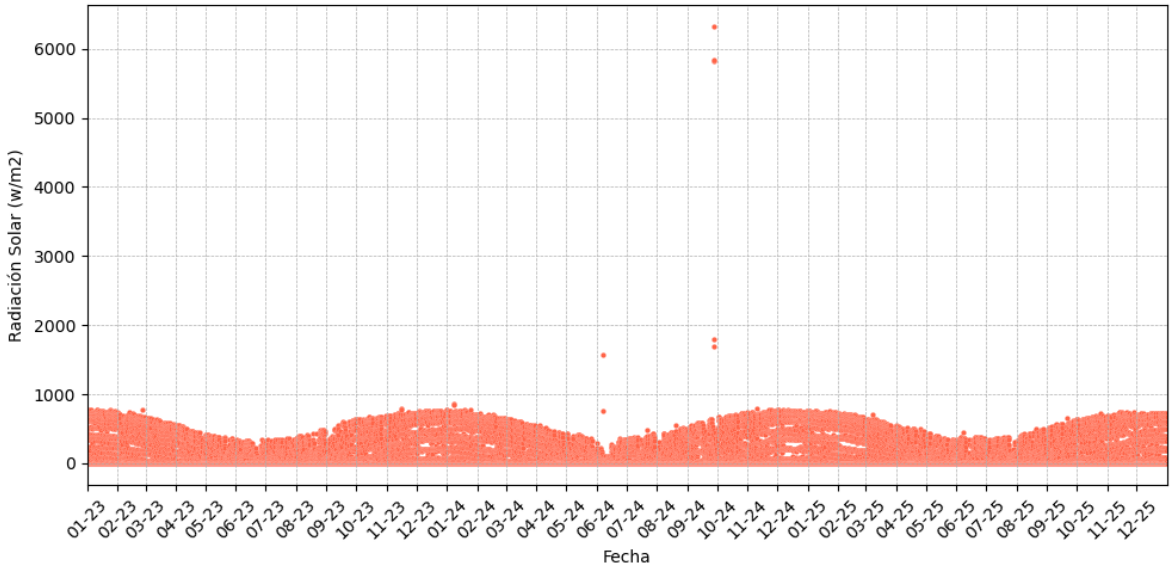
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A continuación, se muestran la serie de tiempo, ciclo diario y ciclo estacional observados para la variable meteorológica radiación solar.

5.2.1.2.4.1Serie de tiempo

A modo de verificación de la completitud de la serie de datos registrados en la Estación Ninhue, se presenta en la Figura 5-36 la serie de tiempo para la variable meteorológica radiación solar.

Figura 5-36. Serie de tiempo radiación solar, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

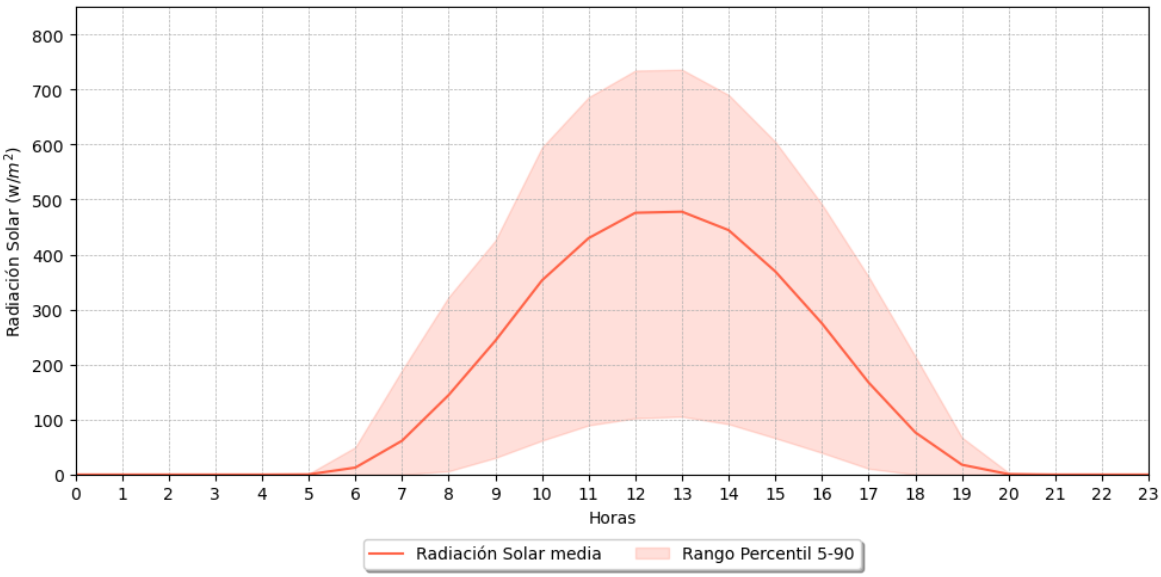
En la figura anterior se puede observar el alto grado de completitud de los registros asociados a la variable meteorológica en el periodo de estudio. Se observa que las series de tiempo cuentan con más de un 75% de datos válidos, cumpliendo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015).

Cabe mencionar la existencia de seis valores atípicos de temperatura registrados en junio y septiembre de 2024. No obstante, al ser tan pocos datos anómalos (menos del 1% de los datos totales durante el 2024), no se compromete la validez de los análisis posteriores.

5.2.1.2.4.2Ciclo diario

En la Figura 5-37 se presenta el ciclo diario para la variable radiación solar, en donde se puede apreciar que durante el periodo nocturno y de madrugada no se registra radiación solar, específicamente entre las 20:00 y 05:00 horas. Al comenzar el día, a partir de las 05:00 horas, la radiación solar incrementa de manera sostenida hasta alcanzar un máximo promedio aproximado de 478 W/m^2 entre las 12:00 y las 13:00 horas. Luego, la radiación solar comienza a disminuir rápidamente durante la tarde hasta llegar a valores nulos, dando inicio nuevamente al ciclo descrito.

Figura 5-37. Ciclo diario radiación solar, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue.

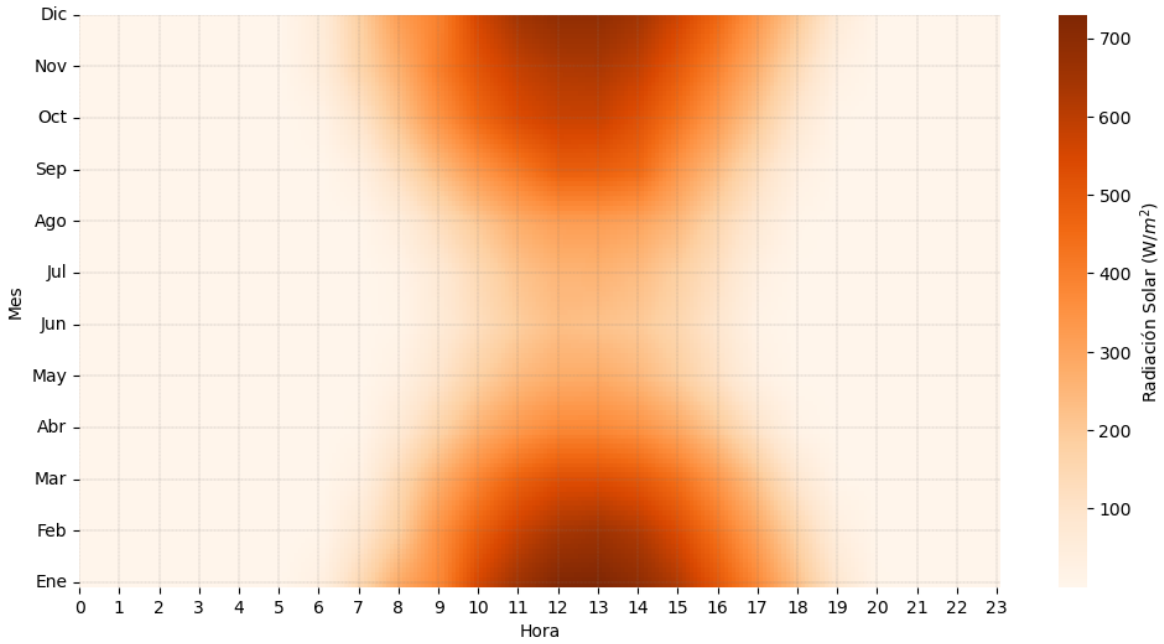


Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.2.4.3Ciclo estacional

En la Figura 5-38 se presenta el ciclo estacional de radiación solar observada, en donde es posible apreciar que, durante todo el año en las horas de periodo nocturno y de madrugada, es decir, entre las 20:00 y 06:00 horas, se registran valores nulos para esta variable meteorológica. Por otro lado, entre los meses de diciembre a febrero se registran los máximos valores de radiación solar, particularmente entre las 11:00 y las 14:00 horas.

Figura 5-38. Ciclo estacional radiación solar, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.2.5 Presión atmosférica

En la Tabla 5-18 se presenta el resumen de información para la variable presión atmosférica, especificando los valores promedios, máximos y mínimos registrados durante el periodo en estudio.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para los años 2023-2025. En consecuencia, los datos obtenidos de los años mencionados serán utilizados para los análisis posteriores.

Tabla 5-18. Resumen de información presión atmosférica. Estación Ninhue.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Presión Atmosférica (mbar)	Promedio	1.006,25	1.007,07	1.006,96
	Máximo	1.019	1.021	1.024
	Mínimo	994	991	995
	Datos Válidos (%)	100	99,86	100

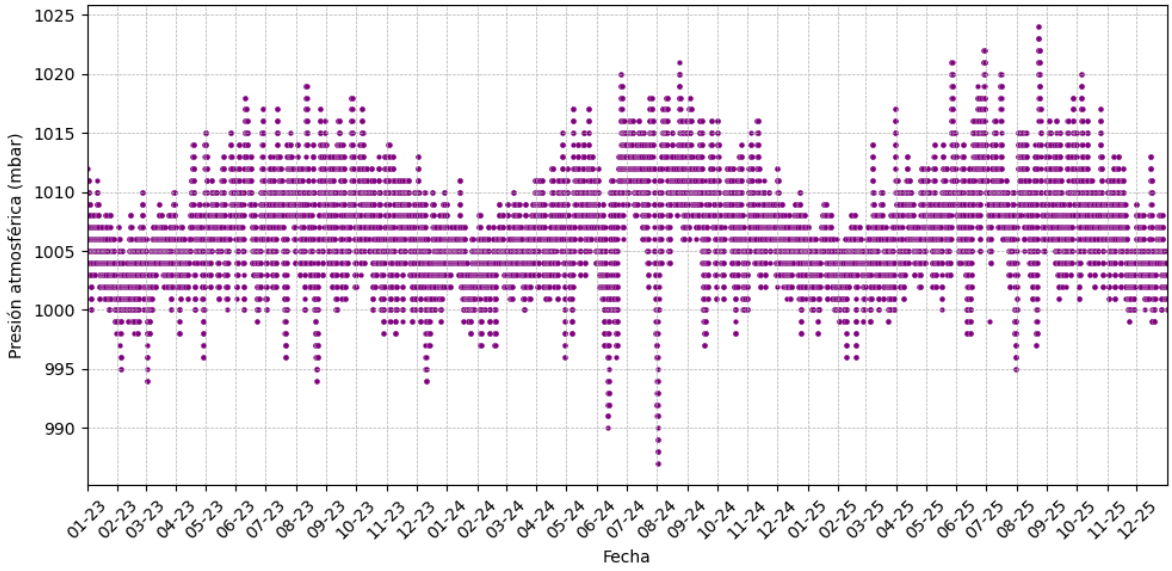
Fuente: DFM Consultores, 2026.

De esta forma, a continuación, se presenta la serie de tiempo, ciclo diario y ciclo estacional observados para la variable meteorológica presión atmosférica.

5.2.1.2.5.1Serie de tiempo

A modo de verificación de la completitud de la serie de datos registrados en la Estación Ninhue, se presenta en la Figura 5-39 la serie de tiempo para la variable meteorológica presión atmosférica.

Figura 5-39. Serie de tiempo presión atmosférica, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue.



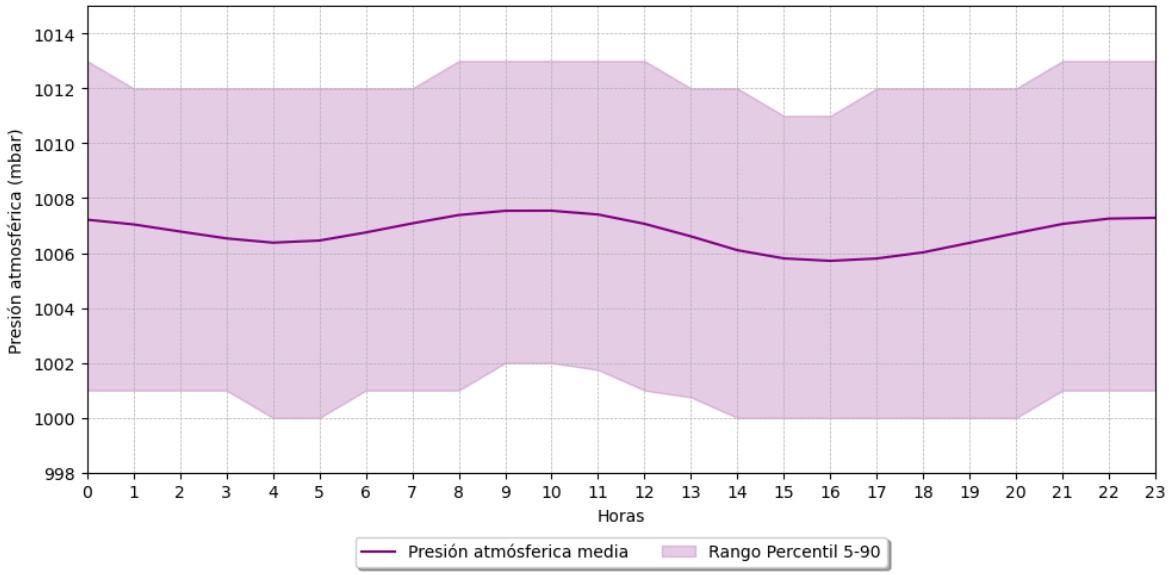
Fuente: DFM Consultores, 2026.

En la figura anterior se puede observar el alto grado de completitud de los registros asociados a la variable meteorológica en el periodo de estudio. Se observa que las series de tiempo cuentan con más de un 75% de datos válidos, cumpliendo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015).

5.2.1.2.5.2Ciclo Diario

En la Figura 5-40 se presenta el ciclo diario para la variable presión atmosférica, en donde se pueden apreciar dos instantes con leves bajas en la presión, uno entre las 03:00 y las 05:00 horas, y otro entre 15:00 y las 17:00 horas. Por otro lado, se observan dos intantes de leves altas presiones, uno entre las 08:00 y 10:00 horas, y otro entre las 22:00 y 01:00 horas.

Figura 5-40. Ciclo diario presión atmosférica, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue.

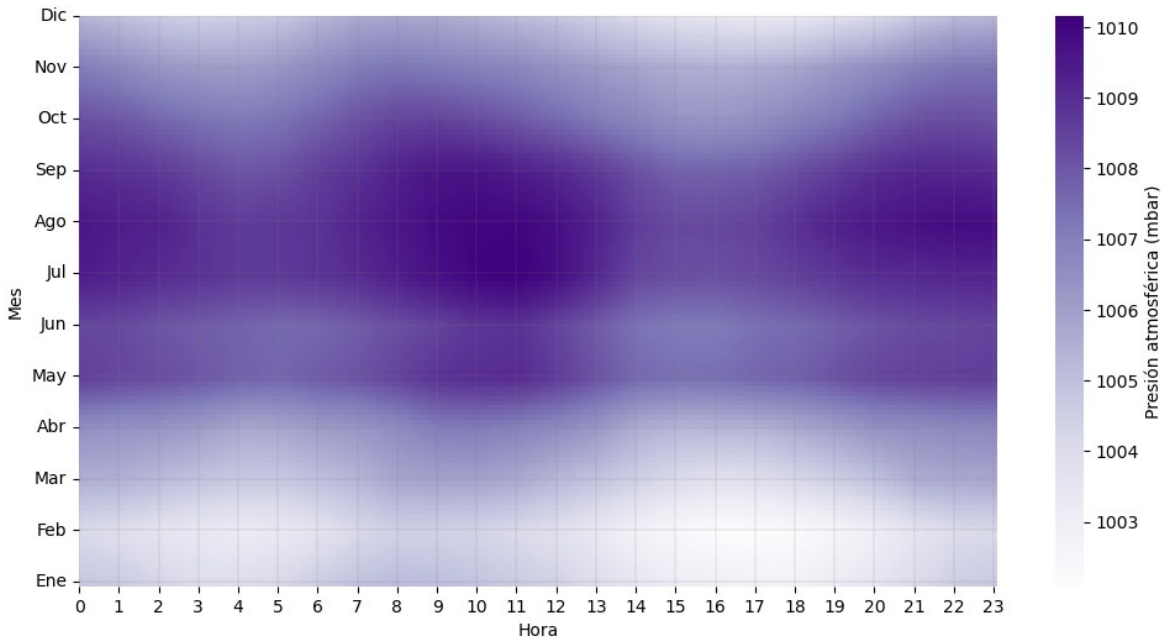


Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.2.5.3Ciclo estacional

En la Figura 5-41 se presenta el ciclo estacional de la presión atmosférica, en donde es posible apreciar que, durante la mañana, entre 08:00 y 12:00 horas, y en la noche, entre las 21:00 y 01:00 horas, entre los meses de mayo y entre julio y septiembre se aprecian las mayores presiones, mientras que en los meses de verano la presión se mantiene con bajos valores.

Figura 5-41. Ciclo estacional presión atmosférica, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.2.6 Precipitación acumulada

En la Tabla 5-19 se presenta el resumen de información para la variable precipitación diaria y mensual acumulada, especificando los valores promedios, máximos y mínimos anuales para el periodo en estudio, además del total de precipitaciones anuales acumuladas.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para el trienio 2023-2025. En consecuencia, los datos obtenidos los años mencionados serán utilizados para los análisis posteriores.

Tabla 5-19 – Resumen de información precipitación acumulada. Estación Zorzal Blanco.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Precipitación Acumulada (mm)	Acumulado anual	791,5	823,5	538,7
	Máximo mensual	171,2	362,8	151
	Mínimo mensual	0	0	0
	Datos Válidos (%)	100	100	100

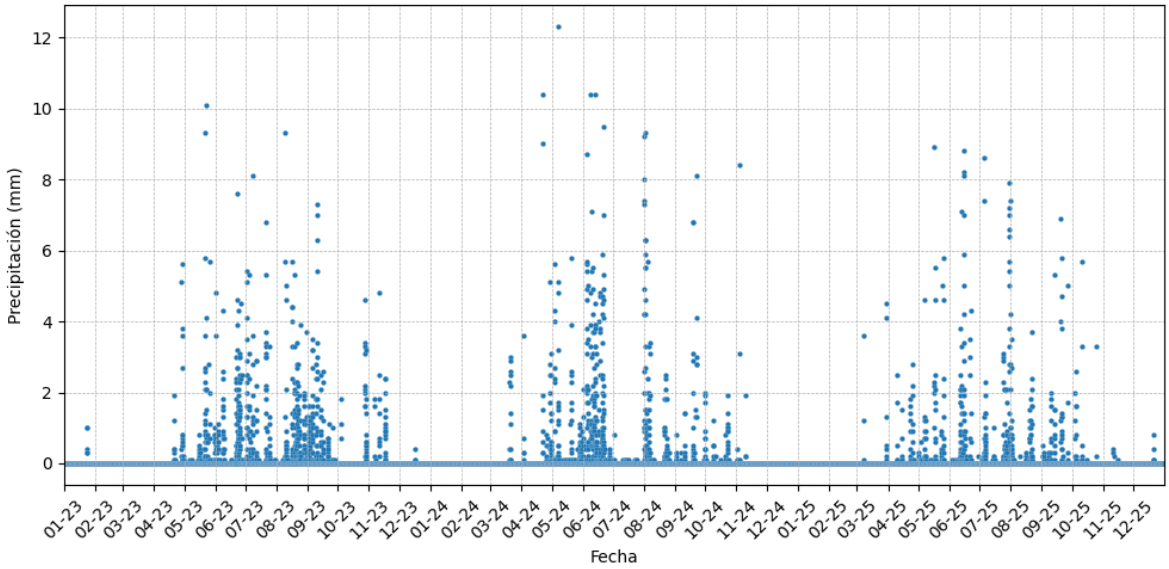
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A continuación, se presenta la serie de tiempo para la variable meteorológicas precipitación diaria acumulada.

5.2.1.2.6.1Series de tiempo

A modo de verificación de la completitud de la serie de datos registrados en la Estación Ninhue se presenta en la Figura 5-42 la serie de tiempo para la variable meteorológica precipitación diaria acumulada.

Figura 5-42. Serie de tiempo precipitación acumulada diaria, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue.



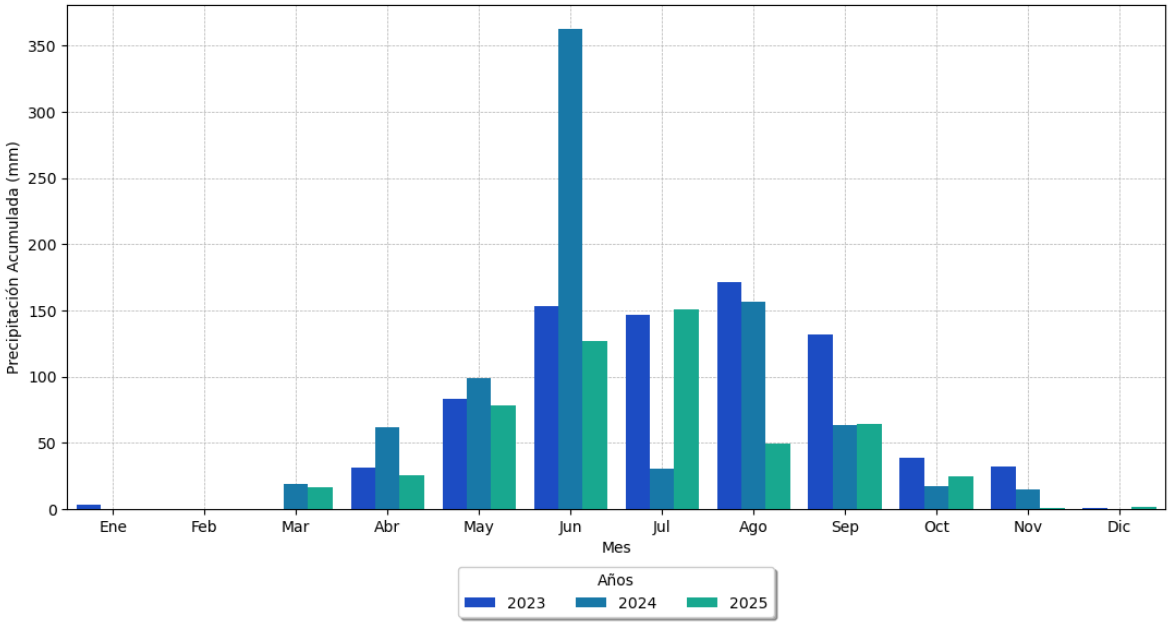
Fuente: DFM Consultores, 2026.

En la figura anterior se puede observar el alto grado de completitud de los registros asociados a la variable meteorológica en el periodo de estudio. Se observa que las series de tiempo cuentan con más de un 75% de datos válidos, cumpliendo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015).

5.2.1.2.6.2Acumulado mensual

En la Figura 5-43 se presentan los datos de precipitación mensual acumulada, donde se observa una marcada concentración de las precipitaciones entre los meses de abril y noviembre. El año 2024 corresponde al periodo con mayores precipitaciones acumuladas, destacando un máximo en junio de 363 mm, seguido por agosto que acumuló 156 mm. El año 2023 presenta menores precipitaciones acumuladas, con un acumulado anual de 792 mm y un máximo mensual durante agosto de 171 mm. Con respecto al año 2025, la precipitación acumulada anual alcanza los 539 mm, con un máximo mensual de 151 mm en el mes de julio.

Figura 5-43. Precipitación Acumulada Mensual, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Ninhue.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.3 Estación Puralihue

5.2.1.3.1 Velocidad y dirección del viento

En la Tabla 5-20 se presenta el resumen de los registros para la variable velocidad del viento en la Estación Puralihue, específicamente el promedio, máximo y mínimo del periodo en estudio, además del porcentaje de calmas, el cual se define como el porcentaje del tiempo en que la velocidad del viento es menor a 0,5 m/s.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para los años 2023 y 2025, mientras que en el año 2024 solo se alcanza un 61,5% de datos válidos. En consecuencia, los resultados presentados a continuación son de carácter referencial.

Tabla 5-20. Resumen de información velocidad del viento. Estación Puralihue.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Velocidad de Viento (m/s)	Promedio	0,57	0,78	0,25
	Máximo	4,7	4,7	4,65
	Mínimo	0	0	0
	Porcentaje de calmas (%)	70,76	60,2	87,73
	Datos Válidos (%)	99,73	61,48	100
Dirección del viento (°)	Datos Válidos (%)	99,73	61,48	100

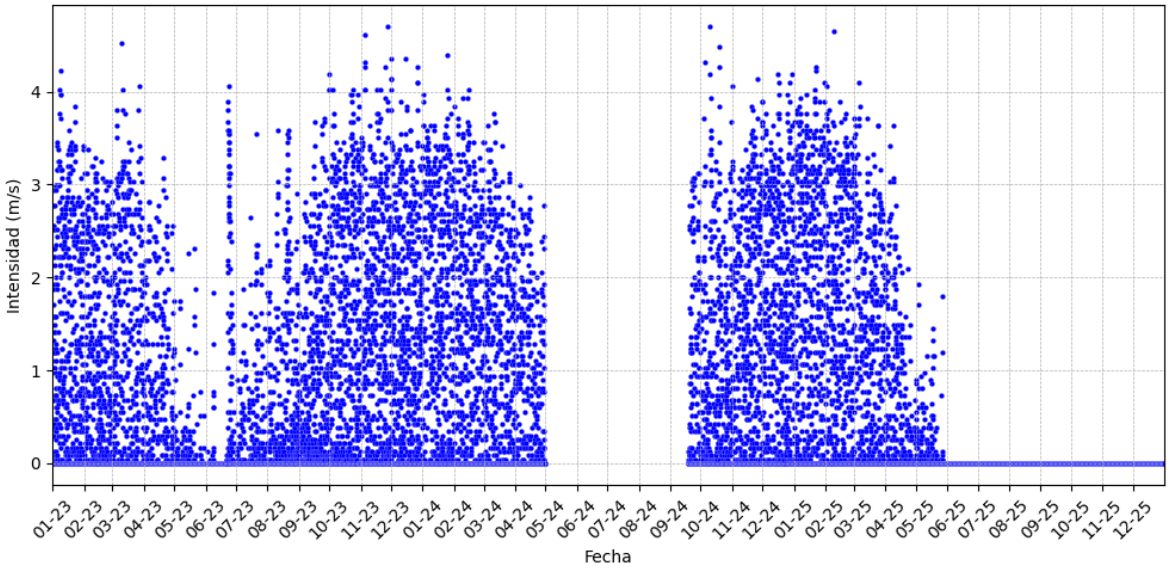
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A continuación, se muestran las series de tiempo, ciclos diarios y ciclo estacional para las variables meteorológicas velocidad y dirección del viento.

5.2.1.3.1.1Series de tiempo

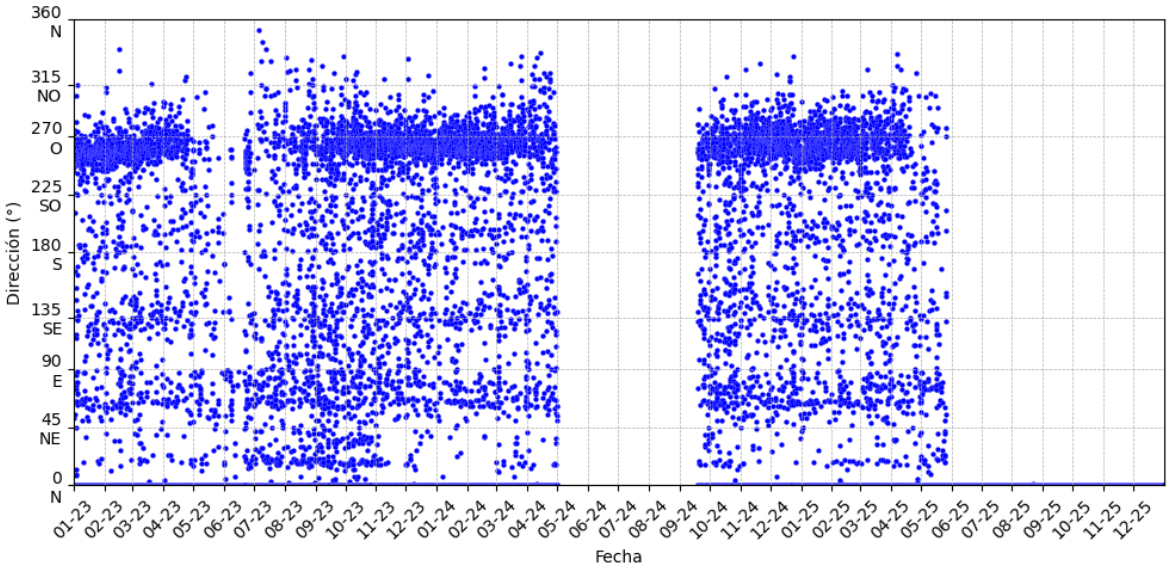
Con el objetivo de verificar la completitud de la serie de los registros de las variables en la Estación Puralihue, se presentan en la Figura 5-44 y Figura 5-45 las series de tiempo para la variable velocidad del viento y dirección del viento respectivamente.

Figura 5-44. Serie de tiempo velocidad del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Puralihue.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

Figura 5-45. Serie de tiempo dirección del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Puralihue.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

En las figuras anteriores se observa el alto grado de completitud de los registros asociados a las variables meteorológicas en los años 2023, contando con más de un 75% de datos válidos, y cumpliendo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015). Para el año 2024, por otro lado, se observa un periodo sin datos que parte desde inicios de mayo y se extiende hasta mediados de septiembre de ese año. Para el año 2025, a pesar de contar con más de 75% de datos válidos, presenta errores en las mediciones, con valores nulos desde junio hasta el final del periodo de estudio, tanto para la velocidad como la dirección del viento. En base a esto, para el análisis presentado a continuación, solo se utilizarán los datos del año 2023, de modo que los resultados presentados son de carácter referencial.

Para caracterizar la información anual registrada tanto para la velocidad como para la dirección del viento, se utiliza la escala de Beaufort, presentada en la Tabla 5-7, recomendada por la *World Meteorological Organization*[10] como referencia para la intensidad de los vientos, a partir de la cual, en la Tabla 5-21 se calculan las frecuencias de distribución para la velocidad y dirección del viento observada para el periodo de estudio.

Tabla 5-21 – Frecuencia de distribución velocidad y dirección del viento, periodo de enero 2023 a diciembre 2023. Estación Puralihue.

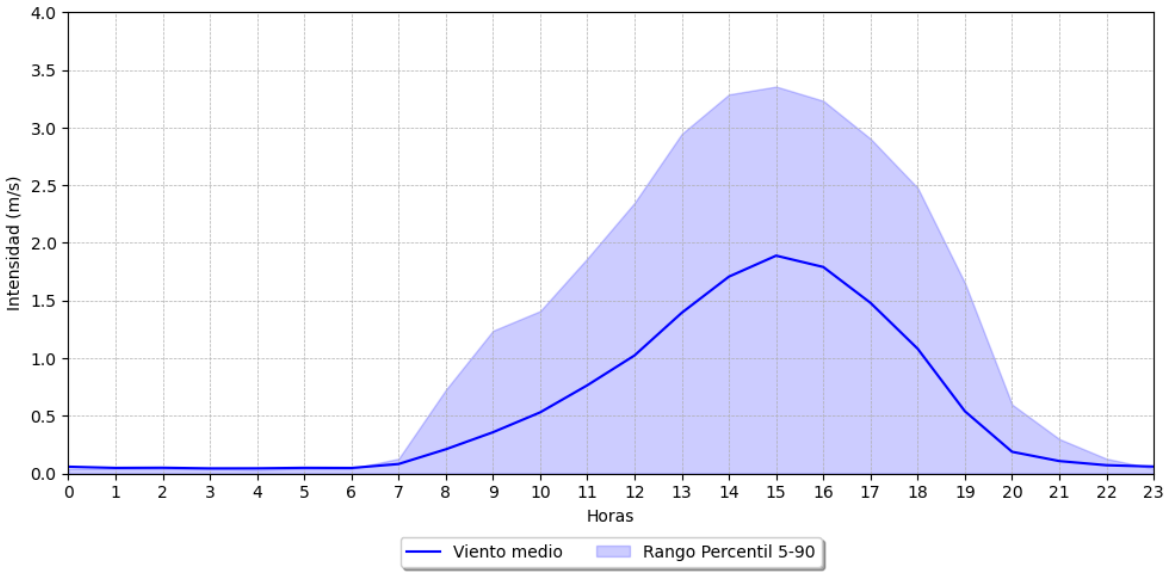
Dirección del viento	Distribución porcentual de la intensidad del viento			
	Aire ligero (0,6 - 1,5 m/s)	Brisa ligera (1,6 - 3,3 m/s)	Brisa gentil (3,4 - 5,4 m/s)	Total (%)
N (348,75° - 11,25°)	0,00%	0,00%	0,00%	**0,00%**
NNE (11,25° - 33,75°)	0,01%	0,00%	0,00%	**0,01%**
NE (33,75° - 56,25°)	0,10%	0,00%	0,00%	**0,10%**
ENE (56,25° - 78,75°)	0,37%	0,19%	0,00%	**0,57%**
E (78,75° - 101,25°)	0,66%	0,30%	0,00%	**0,96%**
ESE (101,25° - 123,75°)	0,63%	0,17%	0,00%	**0,80%**
SE (123,75° - 146,25°)	0,72%	0,12%	0,00%	**0,84%**
SSE (146,25° - 168,75°)	0,50%	0,08%	0,00%	**0,59%**
S (168,75° - 191,25°)	0,72%	0,09%	0,00%	**0,81%**
SSO (191,25° - 213,75°)	0,84%	0,14%	0,00%	**0,98%**
SO (213,75° - 236,25°)	0,87%	0,40%	0,01%	**1,28%**
OSO (236,25° - 258,75°)	2,51%	4,70%	1,05%	**8,26%**
O (258,75° - 281,25°)	4,19%	10,67%	1,01%	**15,88%**
ONO (281,25° - 303,75°)	1,14%	0,60%	0,00%	**1,74%**
NO (303,75° - 326,25°)	0,39%	0,01%	0,00%	**0,40%**
NNO (326,25° - 348,75°)	0,06%	0,00%	0,00%	**0,06%**
Calma (<=0,5 m/s)				**66,73%**
Total (%)	**13,72%**	**17,48%**	**2,07%**	**100%**

Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.3.1.2Ciclos diarios

En la Figura 5-46 se presenta el ciclo diario para la variable velocidad del viento, en donde se puede observar que las menores velocidades ocurren durante el periodo nocturno y de madrugada, específicamente entre las 22:00 y 06:00 horas, en donde se alcanzan condiciones de viento calmo, o sea, menores a los 0,5 m/s. Luego, la velocidad comienza a incrementar sostenidamente alcanzando las mayores intensidades de viento entre las 14:00 y 16:00 horas, con un valor máximo promedio de aproximadamente 1,9 m/s.

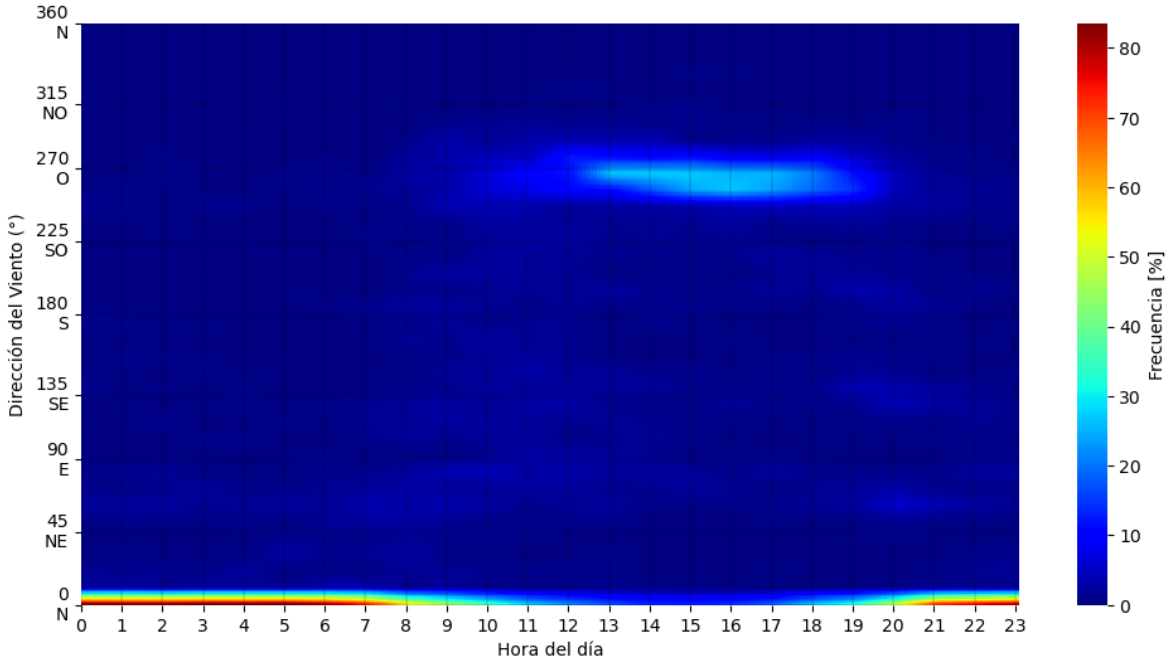
Figura 5-46. Ciclo diario velocidad del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2023. Estación Puralihue.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

Para facilitar la visualización de las distribuciones de las direcciones del viento, se presenta, a continuación, el histograma del ciclo diario de la dirección para el periodo de monitoreo comprendido entre enero y diciembre de 2023 (Figura 5-47).

Figura 5-47. Ciclo diario dirección del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2023. Estación Puralihue.



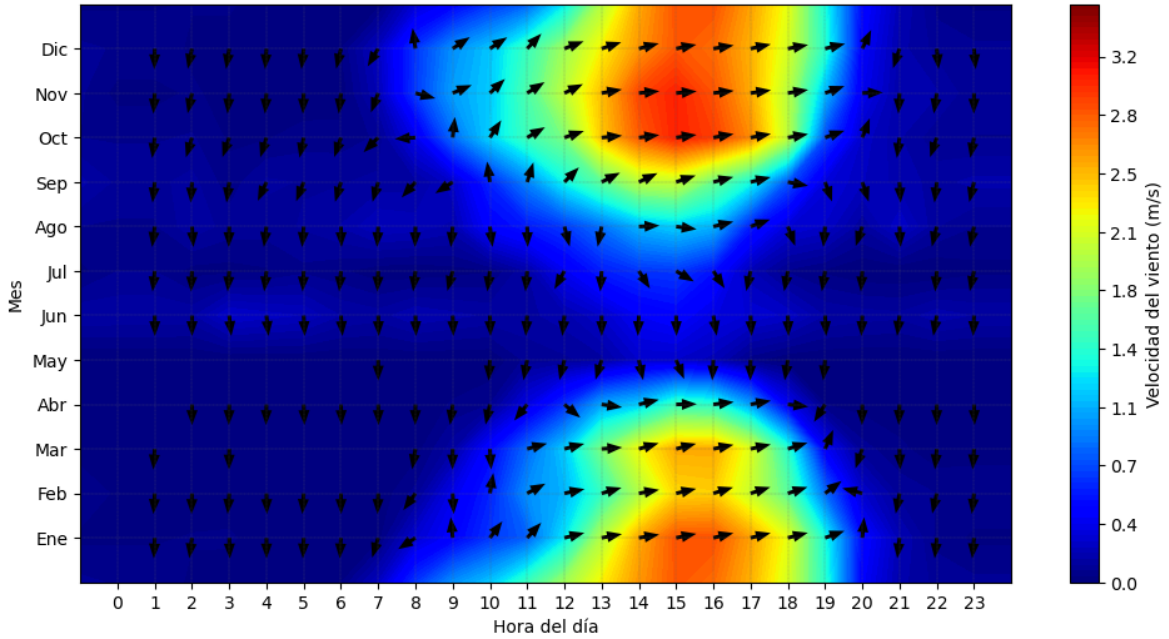
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A partir de esta figura se observa la presencia de una alta frecuencia de vientos con dirección norte (N) durante la noche y la madrugada, entre las 20:00 y las 08:00 horas. En menor medida, se registran también vientos del oeste (O) durante el periodo diurno, entre las 12:00 y las 19:00.

5.2.1.3.1.3Ciclo estacional

En la Figura 5-48 se presenta el ciclo estacional de viento, en donde es posible apreciar que las mayores intensidades de viento se producen entre los meses de septiembre y marzo durante el período diurno, específicamente entre las 13:00 y las 18:00 horas, mientras que las menores intensidades se presentan en la noche y la madrugada, entre las 20:00 y las 08:00 horas, durante todo el año, con la excepción de los meses entre mayo y julio, periodo en que predomina viento calmo durante todo el día. En cuanto a la dirección del viento, es posible observar una marcada predominancia de viento del norte (N) durante todo el día y durante todo el año, menos en los meses de primavera y verano en que predomina viento de dirección oeste (O) durante el período diurno, entre las 09:00 y 19:00 horas.

Figura 5-48. Ciclo estacional del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2023. Estación Puralihue.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.3.2 Temperatura del aire

En la Tabla 5-22 se muestra el resumen de información para la variable temperatura, específicamente promedio, máximo y mínimo para el periodo de estudio.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para los años 2023-2025. En consecuencia, los datos obtenidos de los años mencionados serán utilizados para los análisis posteriores.

Tabla 5-22. Resumen de información temperatura del aire. Estación Puralihue.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Temperatura del aire (°C)	Promedio	12,88	12,11	12,85
	Máximo	36,6	35,7	39,7
	Mínimo	-2,3	-4,5	-6,1
	Datos Válidos (%)	99,85	100	100

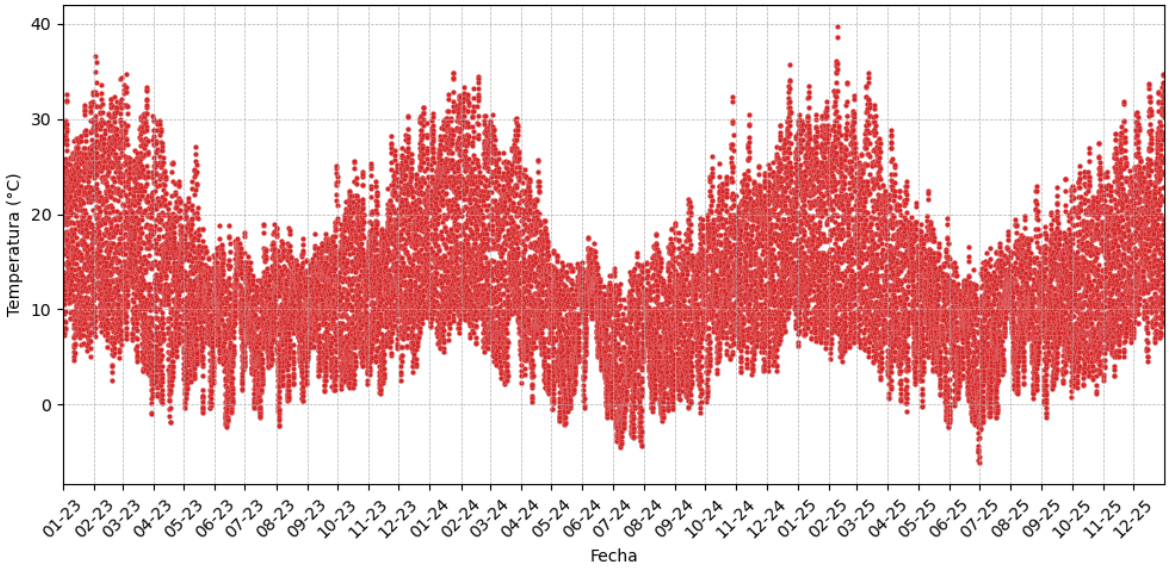
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A continuación, en los siguientes incisos se presenta la serie de tiempo, ciclo diario y ciclo estacional observados para la variable meteorológica temperatura del aire

5.2.1.3.2.1Serie de tiempo

A modo de verificación de la completitud de la serie de datos registrados en la Estación Puralihue, se presenta en la Figura 5-49 la serie de tiempo para la variable temperatura.

Figura 5-49. Serie de tiempo temperatura, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Puralihue.



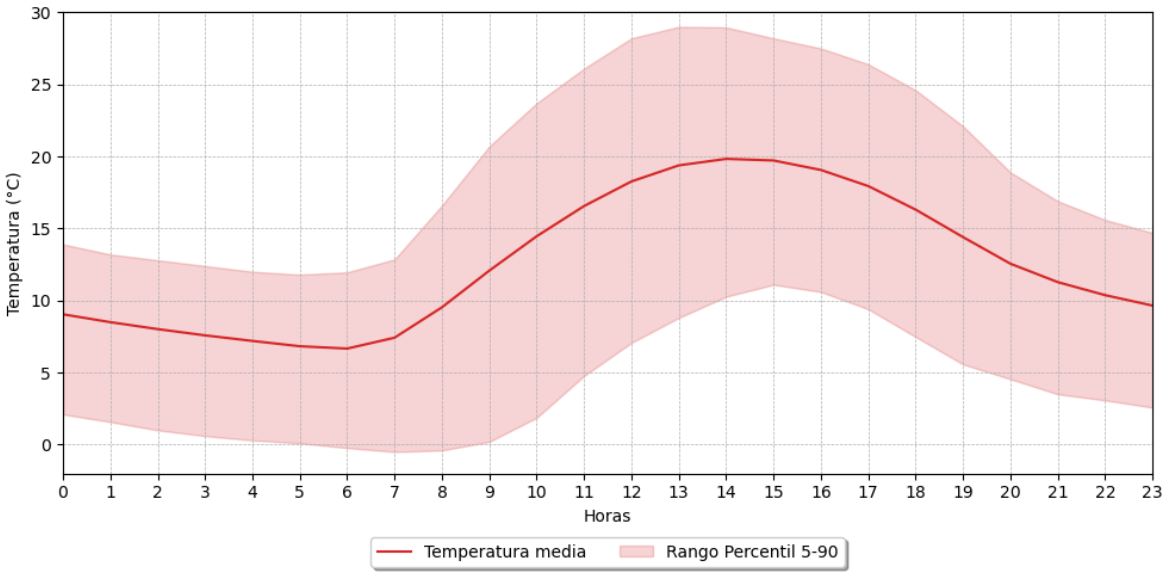
Fuente: DFM Consultores, 2026.

En la figura anterior se puede observar el alto grado de completitud de los registros asociados a la variable meteorológica en el periodo de estudio. Se observa que las series de tiempo cuentan con más de un 75% de datos válidos, cumpliendo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015).

5.2.1.3.2.2Ciclo diario

En la Figura 5-50 se presenta el ciclo diario para la variable temperatura, en donde es posible observar que las menores temperaturas ocurren durante el periodo de madrugada, entre las 05:00 y 07:00 horas, alcanzando un mínimo promedio de aproximadamente 6,7°C. Los valores más altos se alcanzan durante la tarde, entre las 13:00 y 15:00 horas, llegando a un máximo de aproximadamente 19,8°C. A partir de esta última hora, la temperatura comienza a disminuir de manera gradual hasta alcanzar los valores de temperatura nocturnas, dando comienzo nuevamente al ciclo.

Figura 5-50. Ciclo diario temperatura, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Puralihue.

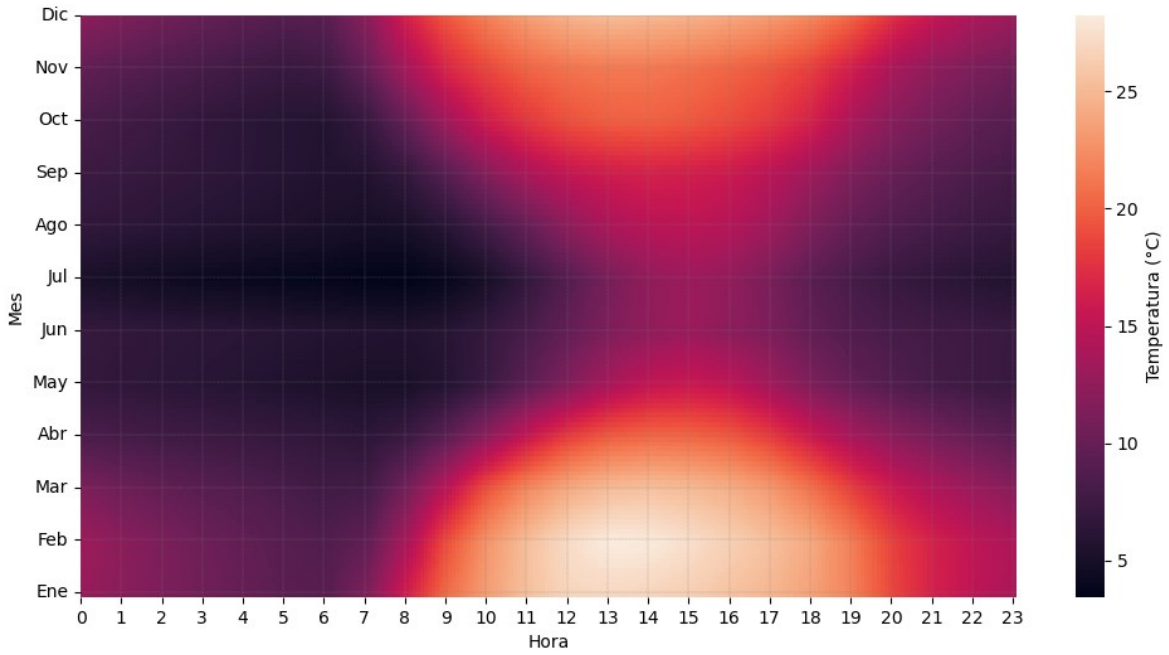


Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.3.2.3Ciclo estacional

En la Figura 5-51 se presenta el ciclo estacional de la temperatura registrada en la estación, en donde es posible observar que las mayores temperaturas se registran durante los meses de verano en el periodo diurno, alcanzando los máximos valores entre 12:00 y 16:00 horas, particularmente entre los meses de diciembre a febrero. Por otra parte, las menores temperaturas se registran en invierno, entre los meses de mayo y agosto, entre las 22:00 y las 08:00 horas.

Figura 5-51. Ciclo estacional temperatura, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Puralihue.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.3.3 Humedad relativa

En la Tabla 5-23 se presenta el resumen de información para la variable humedad relativa, detallando los valores promedio, máximos y mínimos anuales para el periodo en estudio.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para los años 2023-2025. En consecuencia, los datos obtenidos de los años mencionados serán utilizados para los análisis posteriores.

Tabla 5-23 – Resumen de información humedad relativa. Estación Puralihue.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Humedad relativa (%)	Promedio	79,68	80,16	79,33
	Máximo	100	100	100
	Mínimo	8,9	11,1	10,2
	Datos Válidos (%)	99,73	100	100

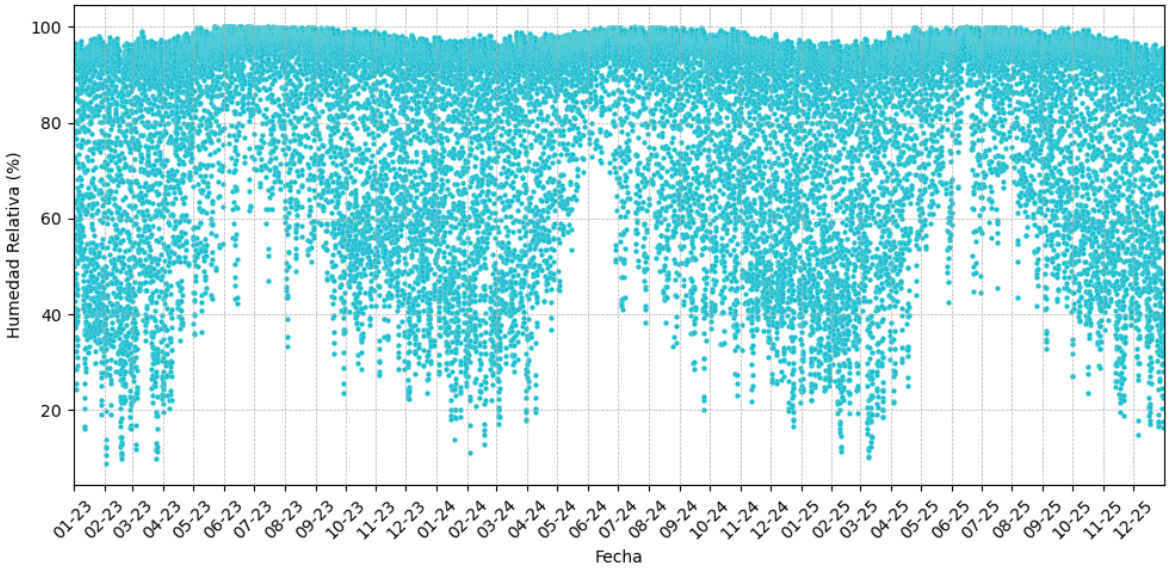
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A continuación, se presentan la serie de tiempo, ciclo diario y ciclo estacional observados para la variable meteorológica humedad relativa.

5.2.1.3.3.1Serie de tiempo

A modo de verificación de la completitud de la serie de datos registrados en la Estación Puralihue, se presenta en la Figura 5-52 la serie de tiempo para la variable meteorológica humedad relativa.

Figura 5-52. Serie de tiempo humedad relativa, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Puralihue.



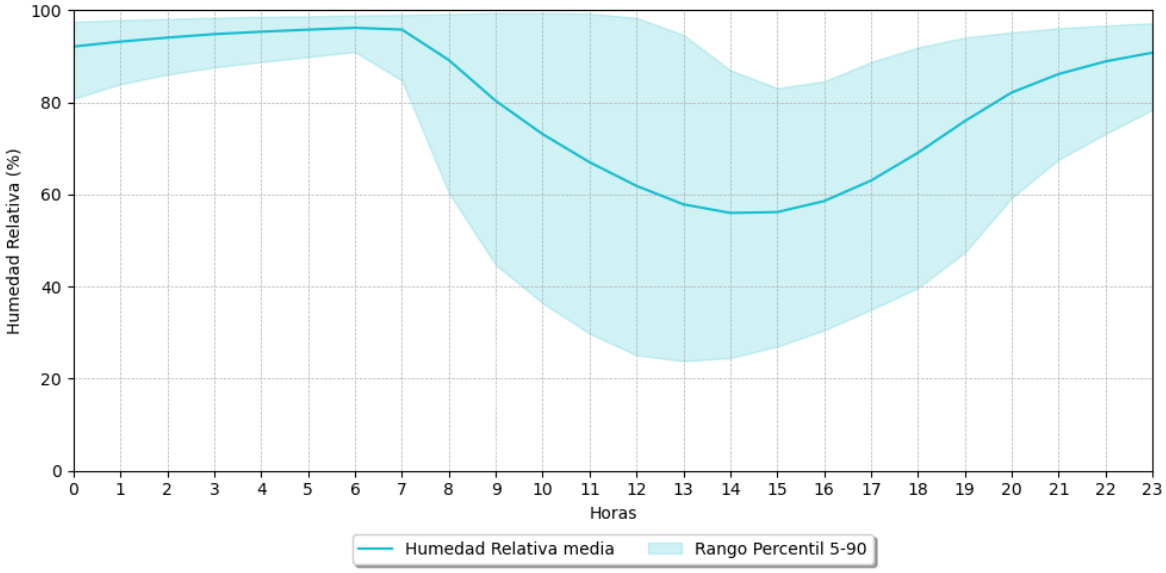
Fuente: DFM Consultores, 2026.

En la figura anterior se puede observar el alto grado de completitud de los registros asociados a la variable meteorológica en el periodo de estudio. Se observa que las series de tiempo cuentan con más de un 75% de datos válidos, cumpliendo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015).

5.2.1.3.3.2Ciclo diario

En la Figura 5-53 se presenta el ciclo diario para la variable humedad relativa, en donde es posible apreciar que, durante el periodo de madrugada, entre las 00:00 y 07:00 horas, se registran los mayores porcentajes de humedad, alcanzando un valor máximo promedio de 96,2% a las 06:00. Posteriormente, la humedad comienza a descender a lo largo del día alcanzando un mínimo promedio aproximado de 56% entre las 14:00 y 15:00 horas, para luego aumentar paulatinamente hasta adoptar los valores nocturnos dando inicio nuevamente al ciclo.

Figura 5-53. Ciclo diario humedad relativa, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Puralihue.

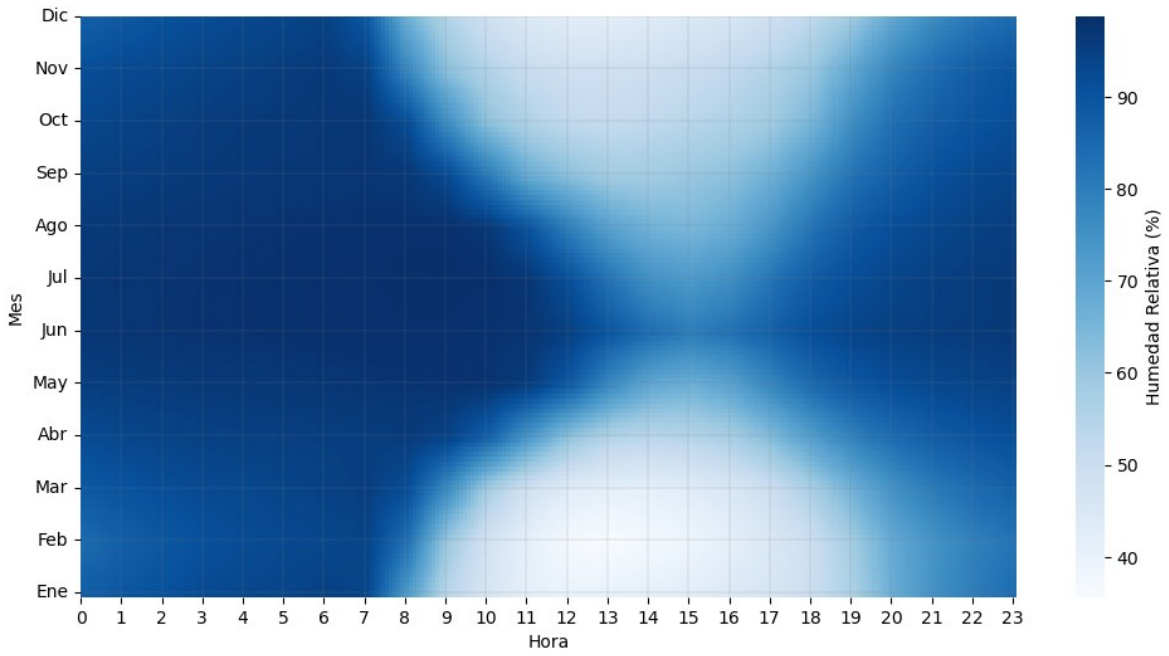


Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.3.3.3Ciclo estacional

En la Figura 5-54 se presenta el ciclo estacional de la humedad relativa, en donde se puede apreciar que los mayores valores se registran en los meses de mayo y agosto durante la madrugada, entre las 00:00 y las 10:00 horas, superando el 90%. Los valores mínimos se aprecian en verano, entre los meses de diciembre y marzo, entre las 11:00 y 16:00 horas, llegando a valores menores al 50%.

Figura 5-54. Ciclo estacional humedad relativa, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Puralihue.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.3.4 Radiación solar

En la Tabla 5-24 se presenta el resumen de información para la variable radiación solar, especificando los valores máximos, mínimos y promedios anuales para el periodo en estudio.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para los años 2023-2025. En consecuencia, los datos obtenidos de los años mencionados serán utilizados para los análisis posteriores.

Tabla 5-24. Resumen de información radiación solar. Estación Puralihue.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Radiación Solar (W/m^2)	Promedio	168,35	168,81	171,7
	Máximo	1453,6	954,5	1014
	Mínimo	0	0	0
	Datos Válidos (%)	99,73	100	100

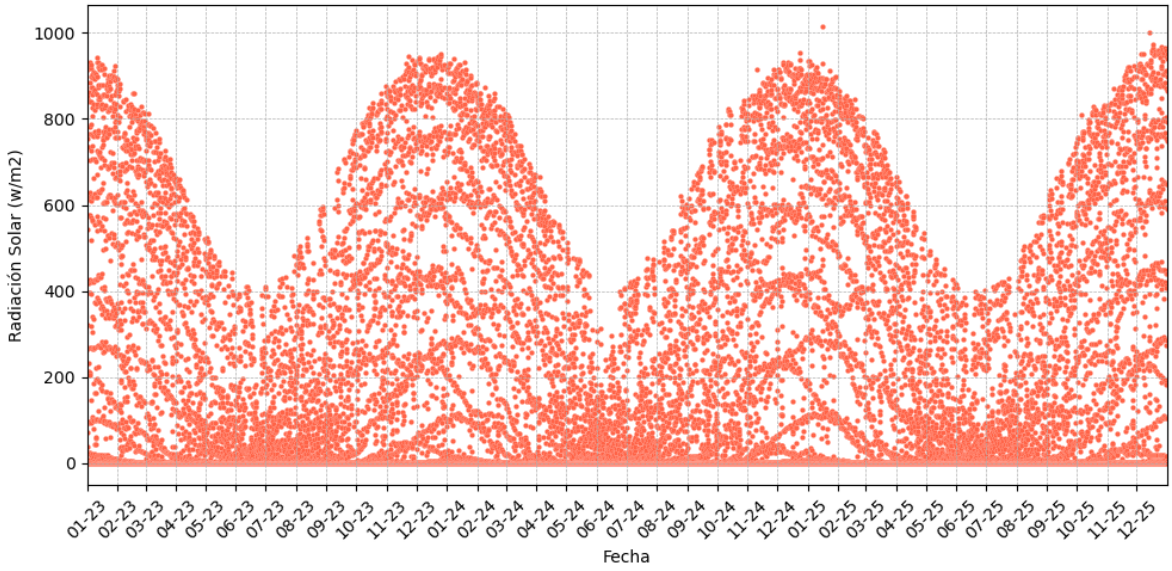
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A continuación, se muestran la serie de tiempo, ciclo diario y ciclo estacional observados para la variable meteorológica radiación solar.

5.2.1.3.4.1Serie de tiempo

A modo de verificación de la completitud de la serie de datos registrados en la Estación Puralihue, se presenta en la Figura 5-55 la serie de tiempo para la variable meteorológica radiación solar.

Figura 5-55. Serie de tiempo radiación solar, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Puralihue.



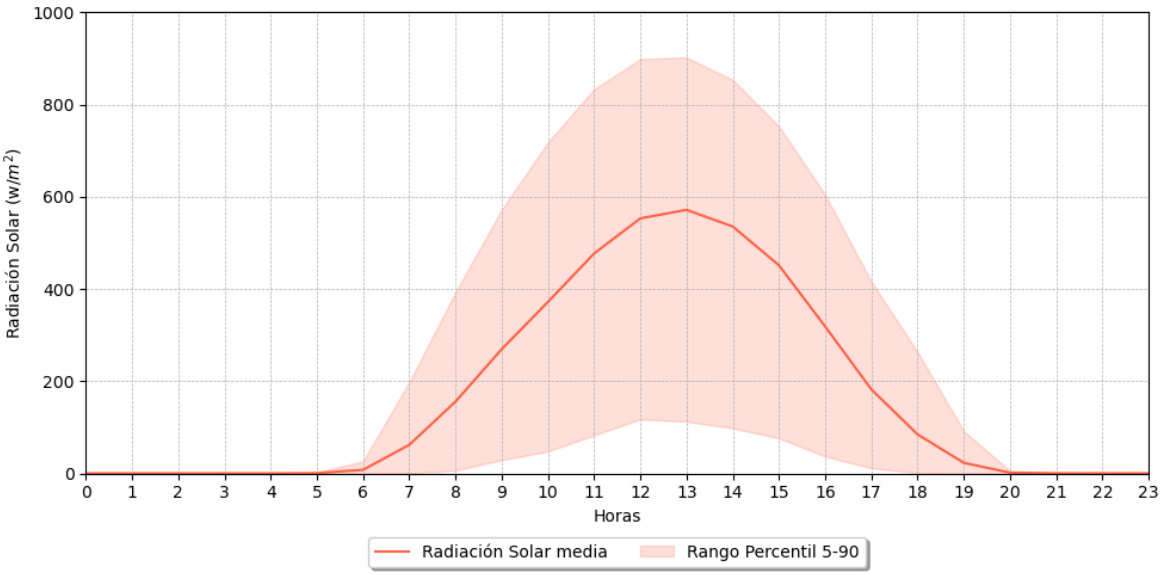
Fuente: DFM Consultores, 2026.

En la figura anterior se puede observar el alto grado de completitud de los registros asociados a la variable meteorológica en el periodo de estudio. Se observa que las series de tiempo cuentan con más de un 75% de datos válidos, cumpliendo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015).

5.2.1.3.4.2Ciclo diario

En la Figura 5-56 se presenta el ciclo diario para la variable radiación solar, en donde se puede apreciar que durante el periodo nocturno y de madrugada no se registra radiación solar, específicamente entre las 20:00 y 05:00 horas. Al comenzar el día, a partir de las 05:00 horas, la radiación solar incrementa de manera sostenida hasta alcanzar un máximo promedio aproximado de 571,6 W/m^2 entre las 12:00 y las 14:00 horas. Luego, la radiación solar comienza a disminuir rápidamente durante la tarde hasta llegar a valores nulos, dando inicio nuevamente al ciclo descrito.

Figura 5-56. Ciclo diario radiación solar, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Puralihue.

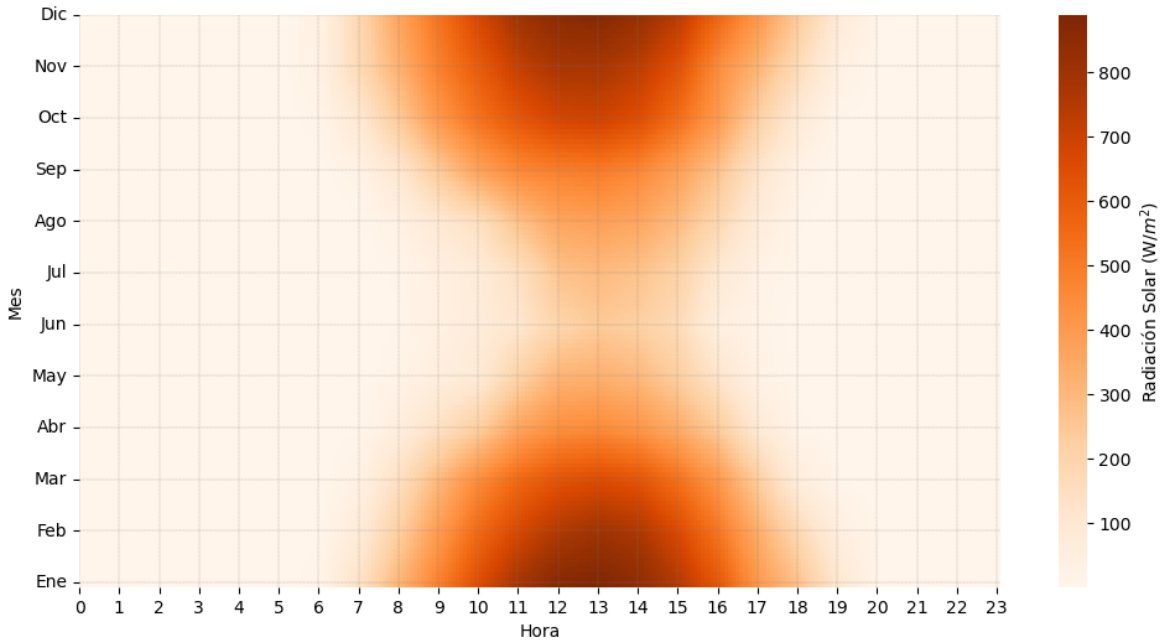


Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.3.4.3Ciclo estacional

En la Figura 5-57 se presenta el ciclo estacional de radiación solar observada, en donde es posible apreciar que, durante todo el año en las horas de periodo nocturno y de madrugada, es decir, entre las 20:00 y 06:00 horas, se registran valores nulos para esta variable meteorológica. Por otro lado, entre los meses de diciembre a febrero se registran los máximos valores de radiación solar, particularmente entre las 11:00 y las 15:00 horas.

Figura 5-57. Ciclo estacional radiación solar, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Puralihue.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.3.5 Presión atmosférica

En la Tabla 5-25 se presenta el resumen de información para la variable presión atmosférica, especificando los valores promedios, máximos y mínimos registrados durante el periodo en estudio.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para los años 2023-2025. En consecuencia, los datos obtenidos de los años mencionados serán utilizados para los análisis posteriores.

Tabla 5-25. Resumen de información presión atmosférica. Estación Puralihue.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Presión Atmosférica (mbar)	Promedio	1.013,79	1.015,39	1.015,33
	Máximo	1.078	1.032	1.036
	Mínimo	960	996	1002
	Datos Válidos (%)	99,73	100	100

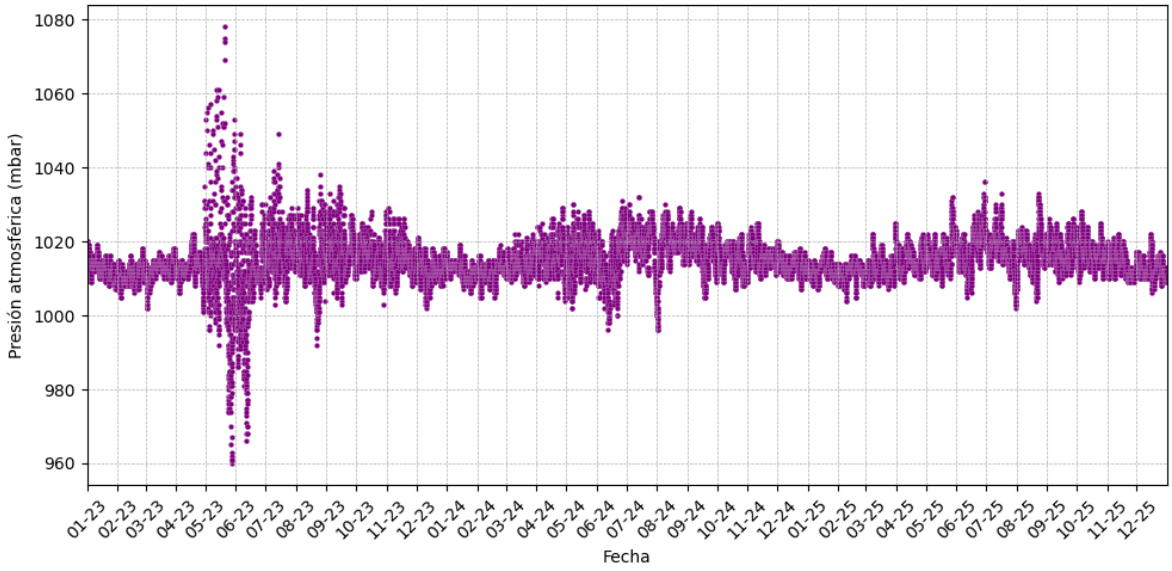
Fuente: DFM Consultores, 2026.

De esta forma, a continuación, se presenta la serie de tiempo, ciclo diario y ciclo estacional observados para la variable meteorológica presión atmosférica.

5.2.1.3.5.1Serie de tiempo

A modo de verificación de la completitud de la serie de datos registrados en la Estación Puralihue, se presenta en la Figura 5-58 la serie de tiempo para la variable meteorológica presión atmosférica.

Figura 5-58. Serie de tiempo presión atmosférica, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Puralihue.



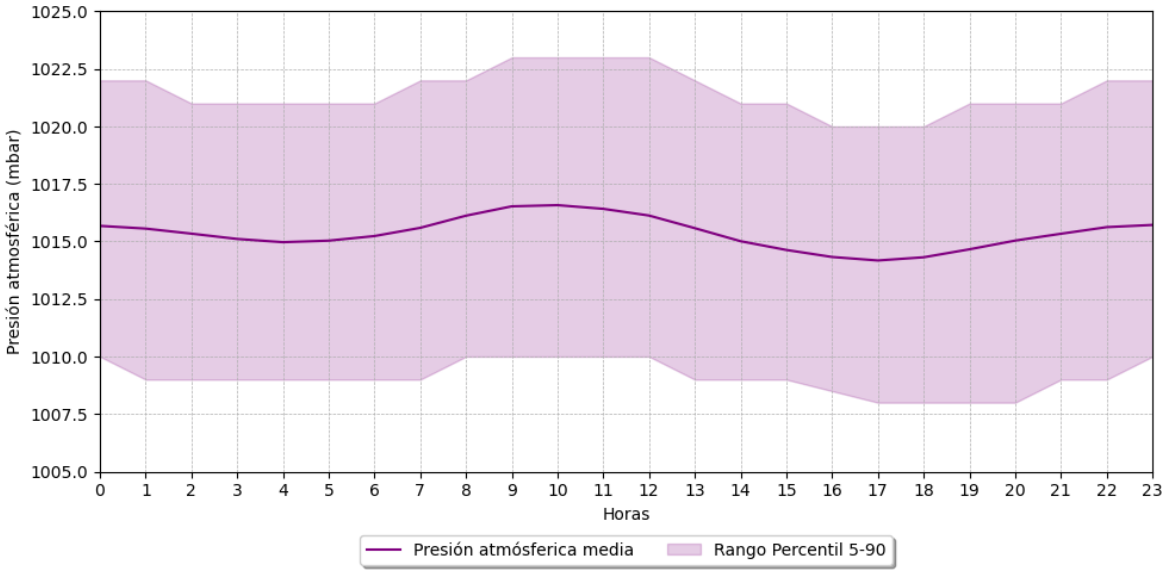
Fuente: DFM Consultores, 2026.

En la figura anterior se puede observar el alto grado de completitud de los registros asociados a la variable meteorológica en el periodo de estudio, contando con más de un 75% de datos válidos, y cumpliendo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015). Se observa que en los meses de mayo y junio hay datos de presión atmosférica fuera del rango observado en el resto del periodo (~990 – 1040 mbar), llegando a registrar valores mínimos cercanos a 960 mbar y valor máximos cercanos a 1080 mbar. Estos registros pueden estar asociados a problemas de calibración en el instrumento. En base a esto, para el análisis presentado a continuación, solo se utilizarán los datos del bienio 2024-2025, de modo que los resultados presentados a continuación son de carácter referencial.

5.2.1.3.5.2Ciclo Diario

En la Figura 5-59 se presenta el ciclo diario para la variable presión atmosférica, en donde se pueden apreciar dos instantes con leves bajas en la presión, uno entre las 03:00 y las 05:00 horas, y otro entre 17:00 y las 18:00 horas. También se observan dos intantes de leves altas presiones, uno entre las 09:00 y 10:00 horas, y otro entre las 22:00 y 01:00 horas.

Figura 5-59. Ciclo diario presión atmosférica, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Puralihue.

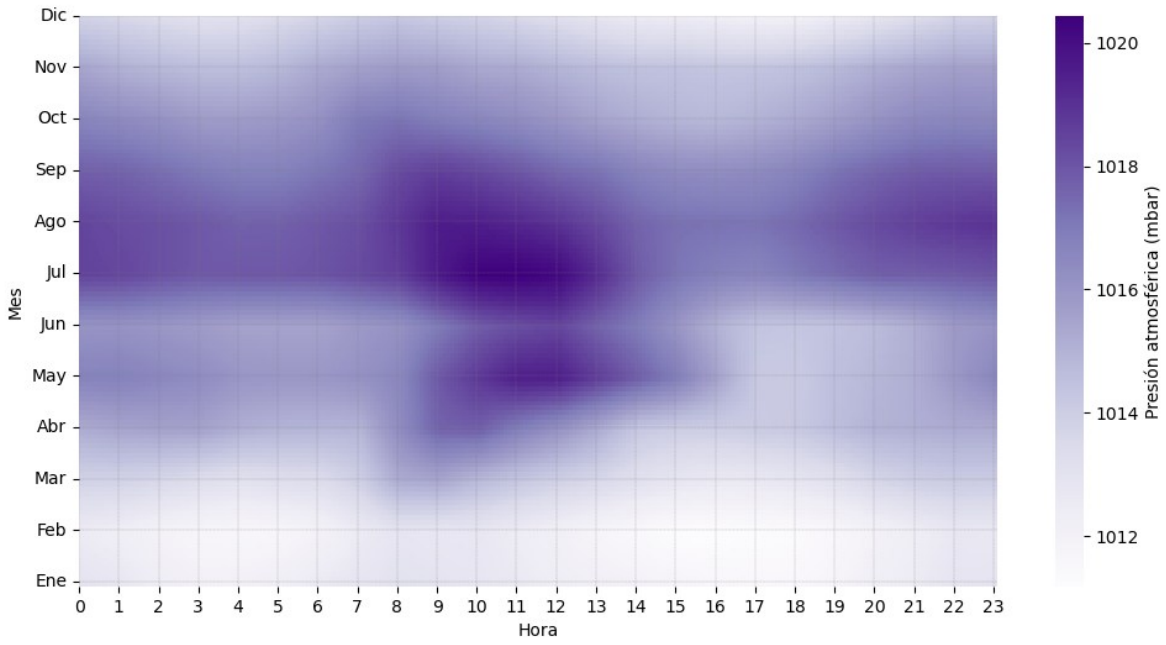


Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.3.5.3Ciclo estacional

En la Figura 5-60 se presenta el ciclo estacional de la presión atmosférica, en donde es posible apreciar que, durante la mañana, entre 09:00 y 14:00 horas, y en la noche, entre las 22:00 y 01:00 horas, entre los meses de mayo y septiembre se aprecian las mayores presiones, mientras que en los meses de verano la presión se mantiene con bajos valores.

Figura 5-60. Ciclo estacional presión atmosférica, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Puralihue.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.3.6 Precipitación acumulada

En la Tabla 5-26 se presenta el resumen de información para la variable precipitación diaria y mensual acumulada, especificando los valores promedios, máximos y mínimos anuales para el periodo en estudio, además del total de precipitaciones anuales acumuladas.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para el trienio de estudio. En consecuencia, los datos obtenidos los años mencionados serán utilizados para los análisis posteriores.

Tabla 5-26 – Resumen de información precipitación acumulada. Estación Puralihue.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Precipitación Acumulada (mm)	Acumulado anual	696,9	949,4	540,1
	Máximo mensual	255,2	418,4	142,7
	Mínimo mensual	0	0	0
	Datos Válidos (%)	89,79	100	100

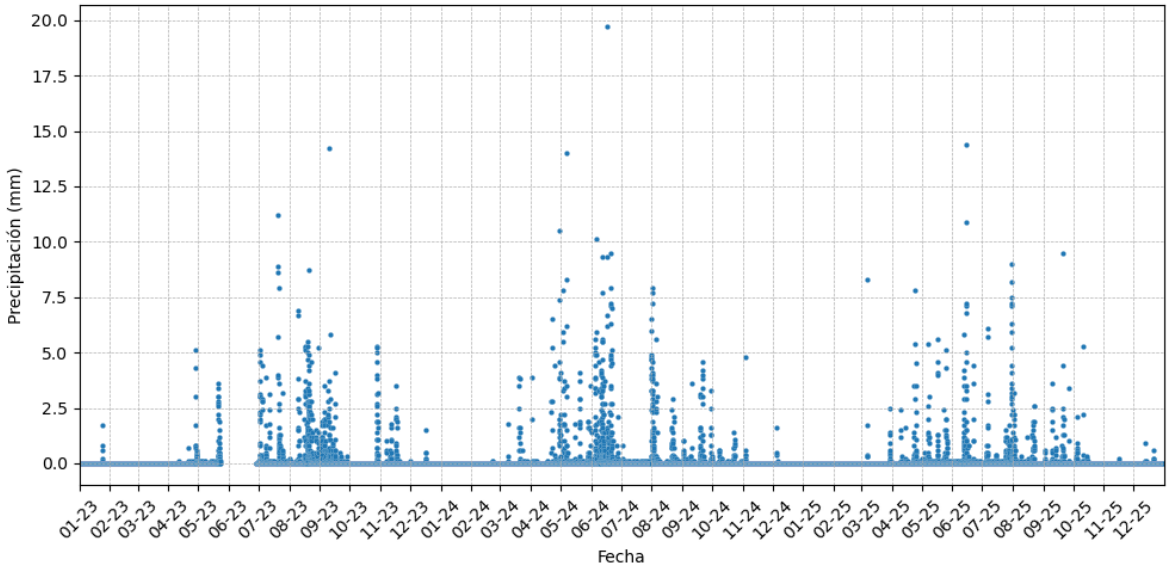
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A continuación, se presenta la serie de tiempo para la variable meteorológicas precipitación diaria acumulada.

5.2.1.3.6.1Series de tiempo

A modo de verificación de la completitud de la serie de datos registrados en la Estación Puralihue se presenta en la Figura 5-61 la serie de tiempo para la variable meteorológica precipitación diaria acumulada.

Figura 5-61. Serie de tiempo precipitación acumulada diaria, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Puralihue.



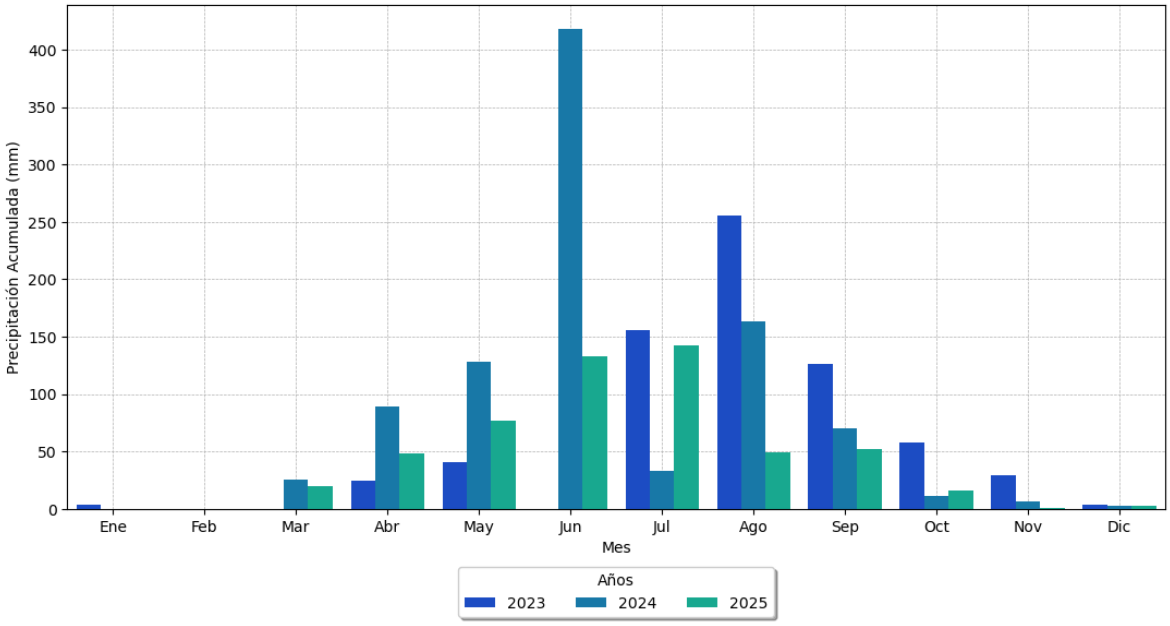
Fuente: DFM Consultores, 2026.

En la figura anterior se puede observar el alto grado de completitud de los registros asociados a la variable meteorológica en el periodo de estudio, cumpliendo con el 75% de datos válidos establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015).

5.2.1.3.6.2Acumulado mensual

En la Figura 5-62 se presentan los datos de precipitación mensual acumulada, donde se observa una marcada concentración de las precipitaciones entre los meses de abril y noviembre. El año 2024 corresponde al periodo con mayores precipitaciones acumuladas, destacando un máximo en junio de 418 mm, seguido por agosto que acumuló 163 mm. El año 2023 presenta menores precipitaciones acumuladas, con un acumulado anual de 696,9 mm y un máximo mensual durante agosto de 255 mm. Con respecto al año 2025, la precipitación acumulada anual alcanza los 540 mm, con un máximo mensual de 143 mm en el mes de julio.

Figura 5-62. Precipitación Acumulada Mensual, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Puralihue.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.4 Estación Portezuelo

5.2.1.4.1 Velocidad y dirección del viento

En la Tabla 5-27 se presenta el resumen de los registros para la variable velocidad del viento en la estación, específicamente el promedio, máximo y mínimo del periodo en estudio, además del porcentaje de calmas, el cual se define como el porcentaje del tiempo en que la velocidad del viento es menor a 0,5 m/s.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para el trienio 2023-2025. En consecuencia, los datos obtenidos de los años mencionados serán utilizados para los análisis posteriores.

Tabla 5-27. Resumen de información velocidad del viento. Estación Portezuelo.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Velocidad de Viento (m/s)	Promedio	2,82	2,71	2,74
	Máximo	11,57	10,25	10,42
	Mínimo	0	0	0
	Porcentaje de calmas (%)	24,77	27,3	26,55
	Datos Válidos (%)	100	100	100
Dirección del viento (°)	Datos Válidos (%)	100	100	100

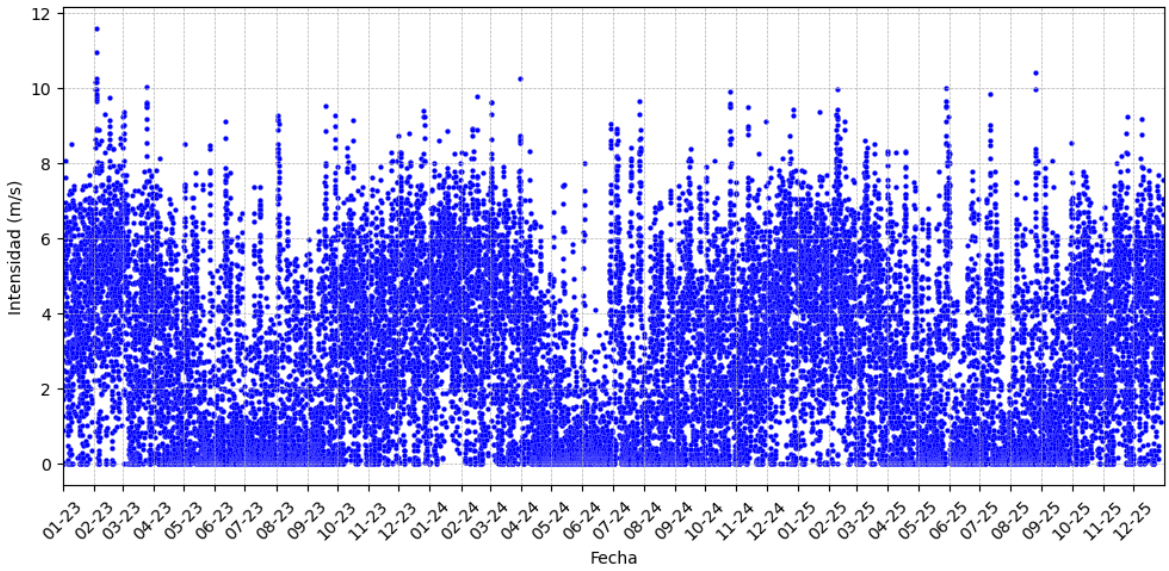
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A continuación, se muestran las series de tiempo, ciclos diarios y ciclo estacional para las variables meteorológicas velocidad y dirección del viento.

5.2.1.4.1.1Series de tiempo

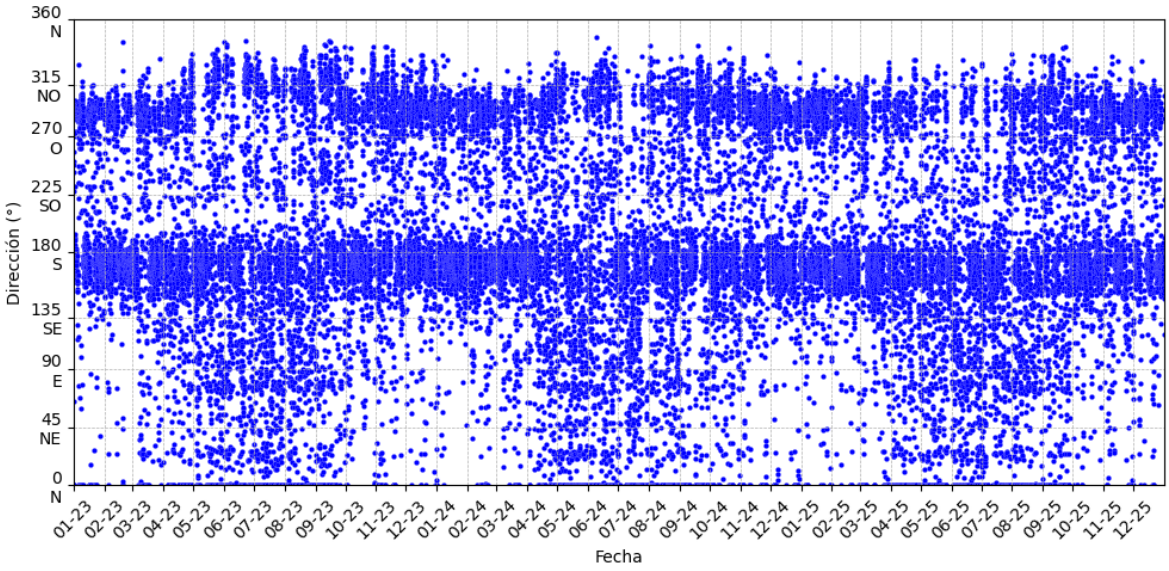
Con el objetivo de verificar la completitud de la serie de los registros de las variables en la Estación Portezuelo, se presentan en la Figura 5-63 y Figura 5-64 las series de tiempo para la variable velocidad del viento y dirección del viento respectivamente.

Figura 5-63. Serie de tiempo velocidad del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

Figura 5-64. Serie de tiempo dirección del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

En la figura anterior se puede observar el alto grado de completitud de los registros asociados a la variable meteorológica en el periodo de estudio. Se observa que las series de tiempo cuentan con más de un 75% de datos válidos, cumpliendo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015).

Para caracterizar la información anual registrada tanto para la velocidad como para la dirección del viento, se utiliza la escala de Beaufort, presentada en la Tabla 5-7, recomendada por la *World Meteorological Organization*[10] como referencia para la intensidad de los vientos, a partir de la cual, en la Tabla 5-28 se calculan las frecuencias de distribución para la velocidad y dirección del viento observada para el periodo de estudio.

Tabla 5-28 – Frecuencia de distribución velocidad y dirección del viento, periodo de enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo.

Dirección del viento	Distribución porcentual de la intensidad del viento						
	Aire ligero (0,6 - 1,5 m/s)	Brisa ligera (1,6 - 3,3 m/s)	Brisa gentil (3,4 - 5,4 m/s)	Brisa moderada (5,5 - 7,9 m/s)	Brisa fresca (8,0 - 10,7 m/s)	Brisa fuerte (10,8 - 13,8 m/s)	Total (%)
N (348,75° - 11,25°)	3,41%	1,35%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	**4,76%**
NNE (11,25° - 33,75°)	0,62%	5,39%	8,64%	4,70%	0,23%	0,00%	**19,57%**
NE (33,75° - 56,25°)	0,04%	0,00%	0,00%	0,03%	0,11%	0,00%	**0,18%**
ENE (56,25° - 78,75°)	0,19%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	**0,20%**
E (78,75° - 101,25°)	0,57%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	**0,69%**
ESE (101,25° - 123,75°)	0,70%	0,42%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	**1,13%**
SE (123,75° - 146,25°)	0,79%	1,15%	0,21%	0,00%	0,00%	0,00%	**2,15%**
SSE (146,25° - 168,75°)	0,65%	2,43%	4,48%	1,71%	0,16%	0,00%	**9,43%**
S (168,75° - 191,25°)	0,65%	1,66%	5,96%	5,50%	0,51%	0,00%	**14,29%**
SSO (191,25° - 213,75°)	0,48%	0,64%	0,46%	0,05%	0,00%	0,00%	**1,63%**
SO (213,75° - 236,25°)	0,65%	0,64%	0,09%	0,00%	0,00%	0,00%	**1,38%**
OSO (236,25° - 258,75°)	0,73%	0,68%	0,19%	0,00%	0,00%	0,00%	**1,60%**
O (258,75° - 281,25°)	0,41%	1,35%	1,40%	0,23%	0,00%	0,00%	**3,39%**
ONO (281,25° - 303,75°)	0,95%	2,36%	3,63%	2,18%	0,13%	0,00%	**9,25%**
NO (303,75° - 326,25°)	1,51%	1,47%	0,60%	0,12%	0,00%	0,00%	**3,70%**
NNO (326,25° - 348,75°)	0,26%	0,17%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	**0,45%**
Calma (<=0,5 m/s)							**26,21%**
Total (%)	**12,61%**	**19,83%**	**25,69%**	**14,52%**	**1,14%**	**0,01%**	**100%**

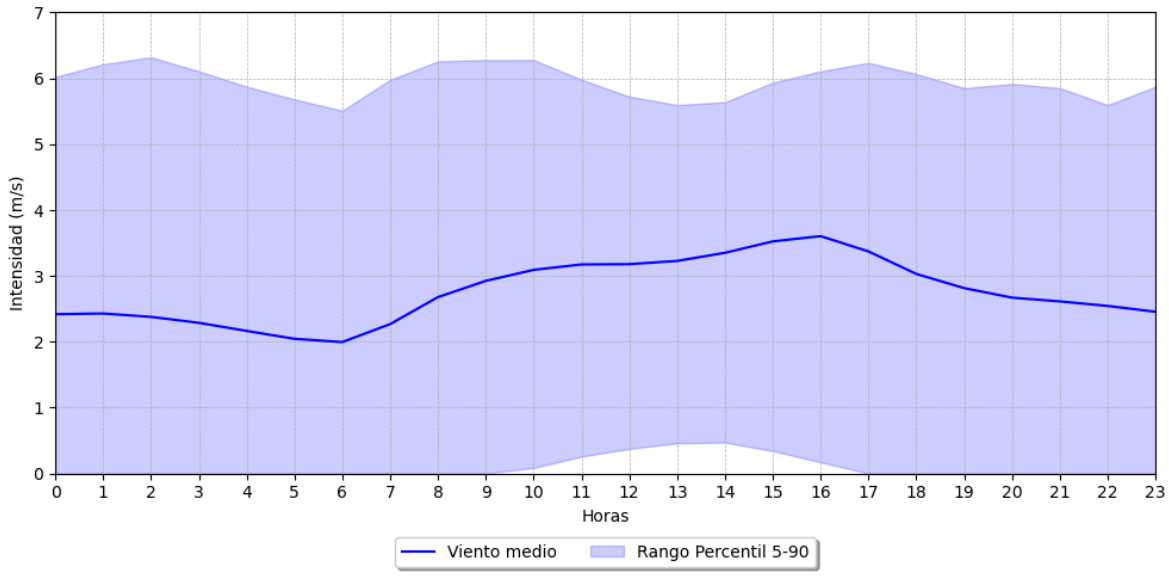
Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.4.1.2Ciclos diarios

En la Figura 5-65 se presenta el ciclo diario para la variable velocidad del viento, en donde se puede observar que las menores velocidades ocurren durante el periodo de madrugada, específicamente entre las 05:00 y 06:00 horas, en donde se alcanza un mínimo promedio de velocidad de viento de aproximadamente 2 m/s. Luego, la velocidad comienza a incrementar sostenidamente alcanzando las mayores intensidades de viento entre las 15:00 y 17:00 horas, con un valor máximo promedio de aproximadamente 3,6 m/s.

Cabe destacar la alta variabilidad observada en el ciclo diario, representada por el rango percentil 5-95, con valores horarios del percentil 95 que no siguen el ciclo promedio observado.

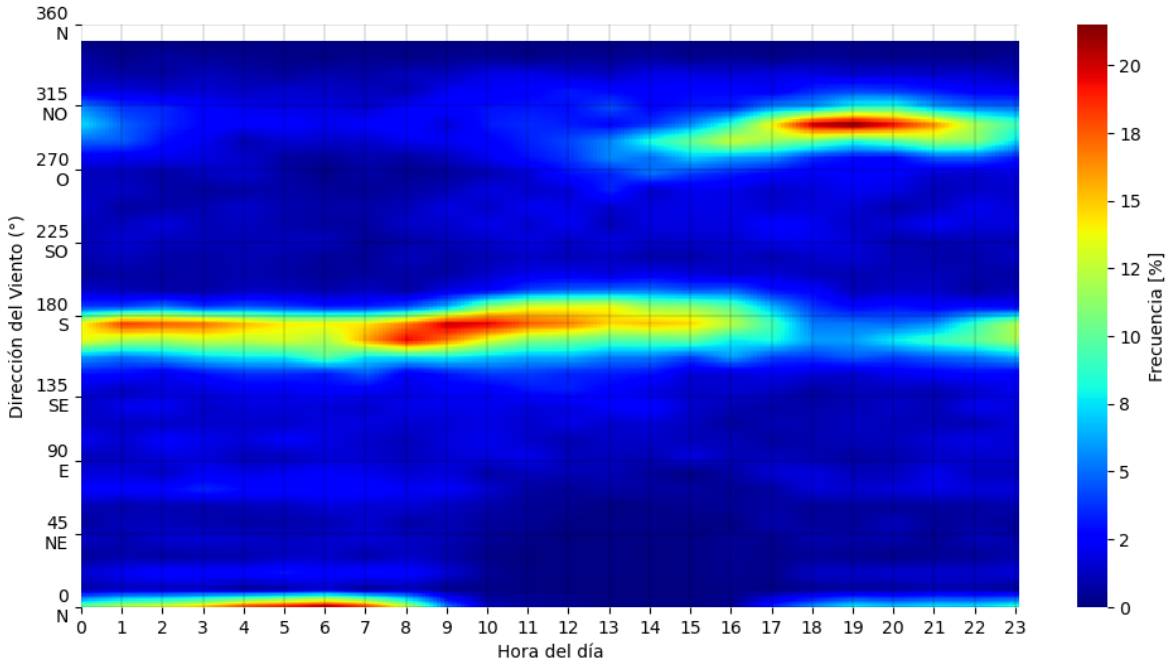
Figura 5-65. Ciclo diario velocidad del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

Para facilitar la visualización de las distribuciones de las direcciones del viento, se presenta, a continuación, el histograma del ciclo diario de la dirección para el periodo de monitoreo comprendido entre enero de 2023 y diciembre de 2025 (Figura 5-66).

Figura 5-66. Ciclo diario dirección del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

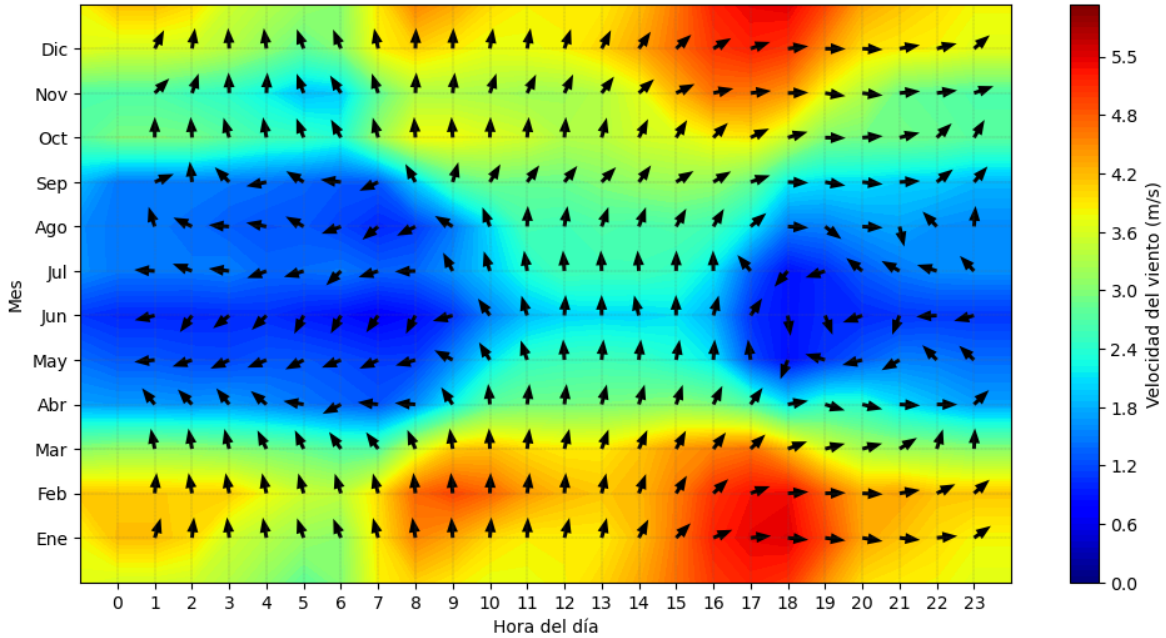
A partir de esta figura se observa que, durante la noche y la madrugada, entre las 22:00 y las 07:00 horas, predominan dos direcciones: viento del norte (N) y viento del sur (S). Durante el periodo diurno, entre las 07:00 y las 17:00, se extiende la predominancia del viento sur (S). Al contrario, en el periodo de la tarde y la noche, entre las 15:00 y las 00:00 horas, predomina viento del noroeste (NO).

5.2.1.4.1.3Ciclo estacional

En la Figura 5-67 se presenta el ciclo estacional del viento, donde se observa que las mayores intensidades se registran durante primavera y verano, particularmente entre los meses de noviembre y marzo, en el período diurno, con máximos entre las 15:00 y las 19:00 horas. En contraste, las menores intensidades ocurren durante la madrugada, entre las 23:00 y las 06:00 horas, principalmente en los meses de verano y primavera. Por su parte, durante otoño e invierno, las condiciones de viento más débil se extienden a lo largo de la noche y la madrugada, alcanzando su mayor persistencia en el mes de junio, desde aproximadamente las 17:00 hasta las 09:00 horas.

En cuanto a la dirección del viento, es posible observar una marcada predominancia de viento del sur (S) durante el período diurno, entre las 10:00 y las 16:00 horas, particularmente en los meses de invierno, mientras que en los meses de verano se observa una dirección suroeste (SO). En la madrugada, entre las 00:00 y 09:00 horas, domina el viento norte (N) en los meses de verano y primavera, mientras que en otoño y primavera domina viento del este (E). Con respecto a la tarde y noche, entre las 16:00 y las 00:00 horas, domina viento del oeste (O) en los meses de verano, mientras que en invierno no se observa una dirección predominante.

Figura 5-67. Ciclo estacional del viento, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.4.2 Temperatura del aire

En la Tabla 5-29 se muestra el resumen de información para la variable temperatura, específicamente promedio, máximo y mínimo para el periodo de estudio.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para los años 2023-2025. En consecuencia, los datos obtenidos de los años mencionados serán utilizados para los análisis posteriores.

Tabla 5-29. Resumen de información temperatura del aire. Estación Portezuelo.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Temperatura del aire (°C)	Promedio	14,44	13,74	14,6
	Máximo	39,7	37,3	39,1
	Mínimo	-2,2	-4,4	-4,9
	Datos Válidos (%)	100	100	100

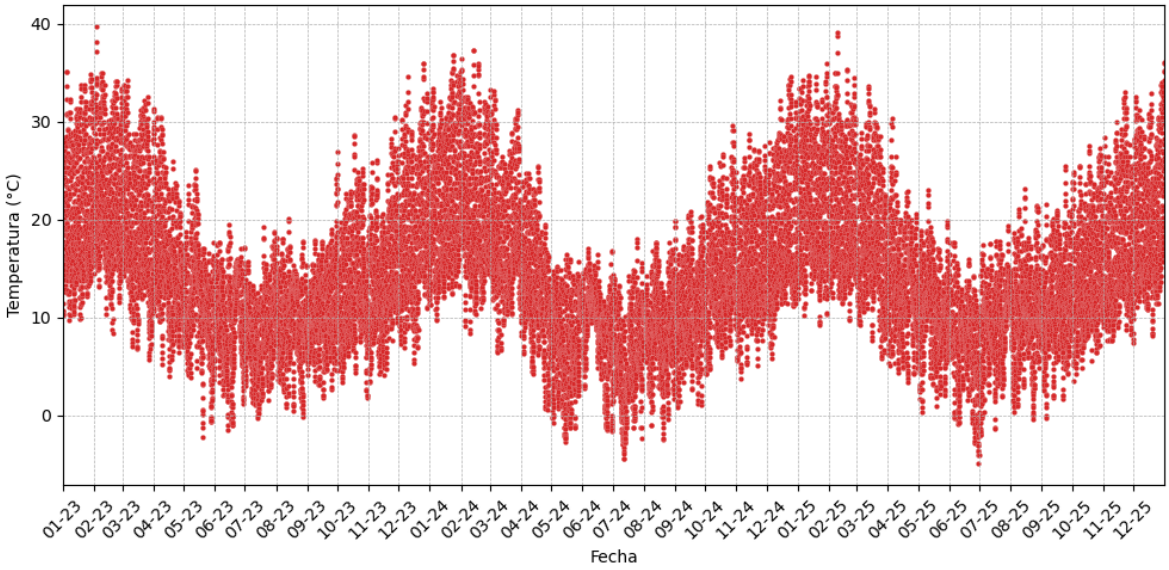
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A continuación, en los siguientes incisos se presenta la serie de tiempo, ciclo diario y ciclo estacional observados para la variable meteorológica temperatura del aire

5.2.1.4.2.1Serie de tiempo

A modo de verificación de la completitud de la serie de datos registrados en la Estación Portezuelo, se presenta en la Figura 5-68 la serie de tiempo para la variable temperatura.

Figura 5-68. Serie de tiempo temperatura, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo.



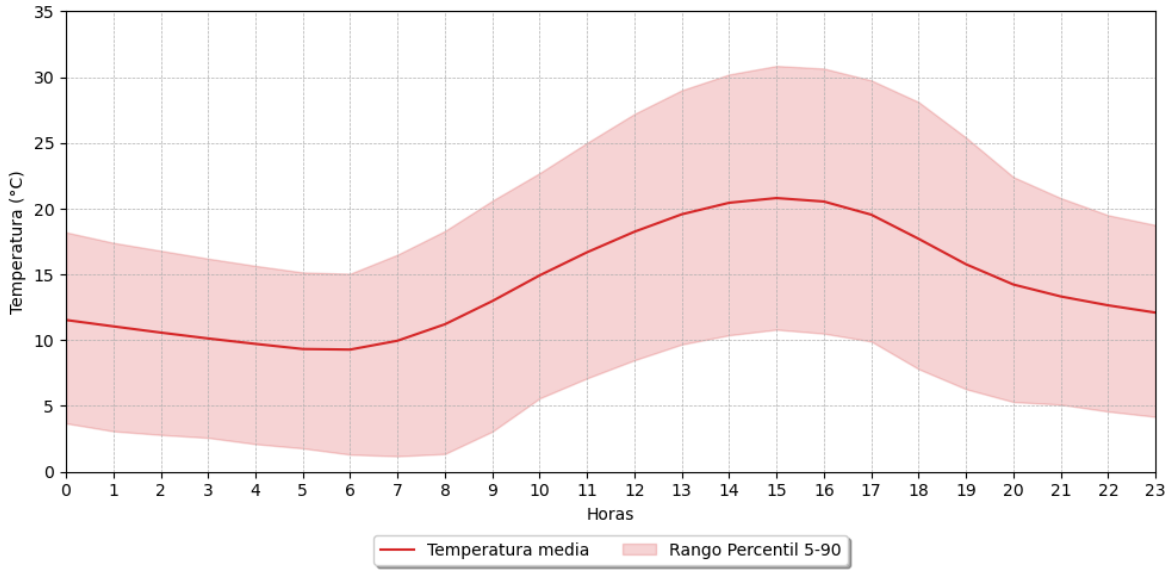
Fuente: DFM Consultores, 2026.

En la figura anterior se puede observar el alto grado de completitud de los registros asociados a la variable meteorológica en el periodo de estudio. Se observa que las series de tiempo cuentan con más de un 75% de datos válidos, cumpliendo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015).

5.2.1.4.2.2Ciclo diario

En la Figura 5-69 se presenta el ciclo diario para la variable temperatura, en donde es posible observar que las menores temperaturas ocurren durante el periodo de madrugada, entre las 05:00 y 06:00 horas, alcanzando un mínimo promedio de aproximadamente 9,3°C. Los valores más altos se alcanzan durante la tarde, entre las 14:00 y 16:00 horas, llegando a un máximo de aproximadamente 20,8°C. A partir de esta última hora, la temperatura comienza a disminuir de manera gradual hasta alcanzar los valores de temperatura nocturnas, dando comienzo nuevamente al ciclo.

Figura 5-69. Ciclo diario temperatura, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo.

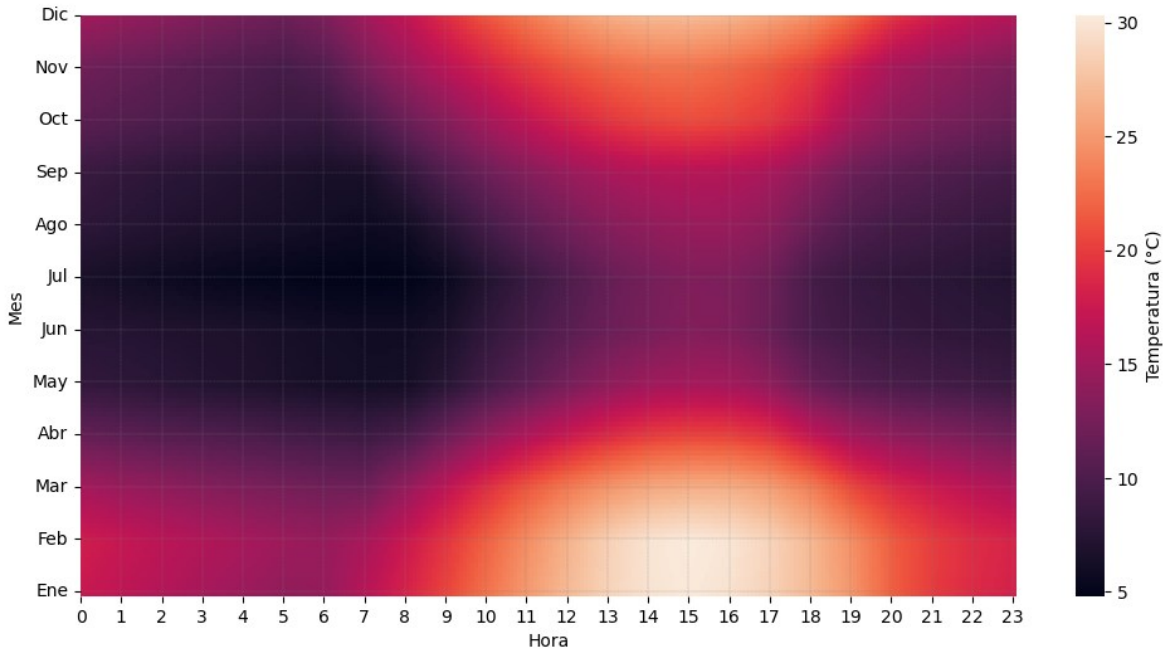


Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.4.2.3Ciclo estacional

En la Figura 5-70 se presenta el ciclo estacional de la temperatura registrada en la estación, en donde es posible observar que las mayores temperaturas se registran durante los meses de verano en el periodo diurno, alcanzando los máximos valores entre 13:00 y 17:00 horas, particularmente entre los meses de enero y febrero. Por otra parte, las menores temperaturas se registran en invierno, entre los meses de mayo y agosto, entre las 04:00 y las 07:00 horas.

Figura 5-70. Ciclo estacional temperatura, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.4.3 Humedad relativa

En la Tabla 5-30 se presenta el resumen de información para la variable humedad relativa, detallando los valores promedio, máximos y mínimos anuales para el periodo en estudio.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para los años 2023-2025. En consecuencia, los datos obtenidos de los años mencionados serán utilizados para los análisis posteriores.

Tabla 5-30 – Resumen de información humedad relativa. Estación Portezuelo.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Humedad relativa (%)	Promedio	69,81	70,22	69,5
	Máximo	100	100	100
	Mínimo	7,1	7,6	10,3
	Datos Válidos (%)	100	100	100

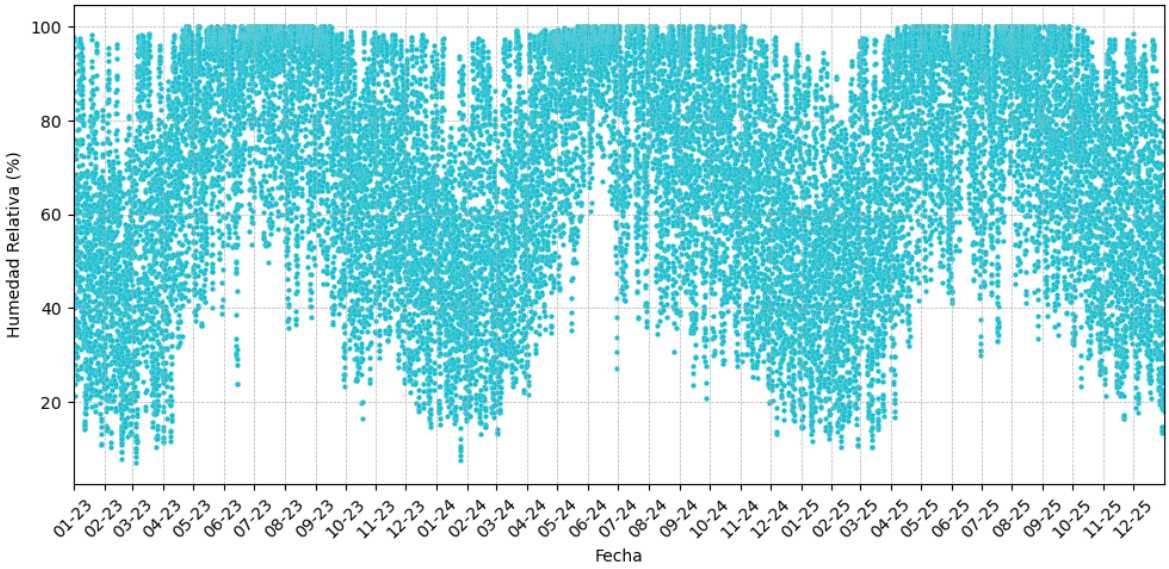
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A continuación, se presentan la serie de tiempo, ciclo diario y ciclo estacional observados para la variable meteorológica humedad relativa.

5.2.1.4.3.1Serie de tiempo

A modo de verificación de la completitud de la serie de datos registrados en la Estación Portezuelo, se presenta en la Figura 5-71 la serie de tiempo para la variable meteorológica humedad relativa.

Figura 5-71. Serie de tiempo humedad relativa, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo.



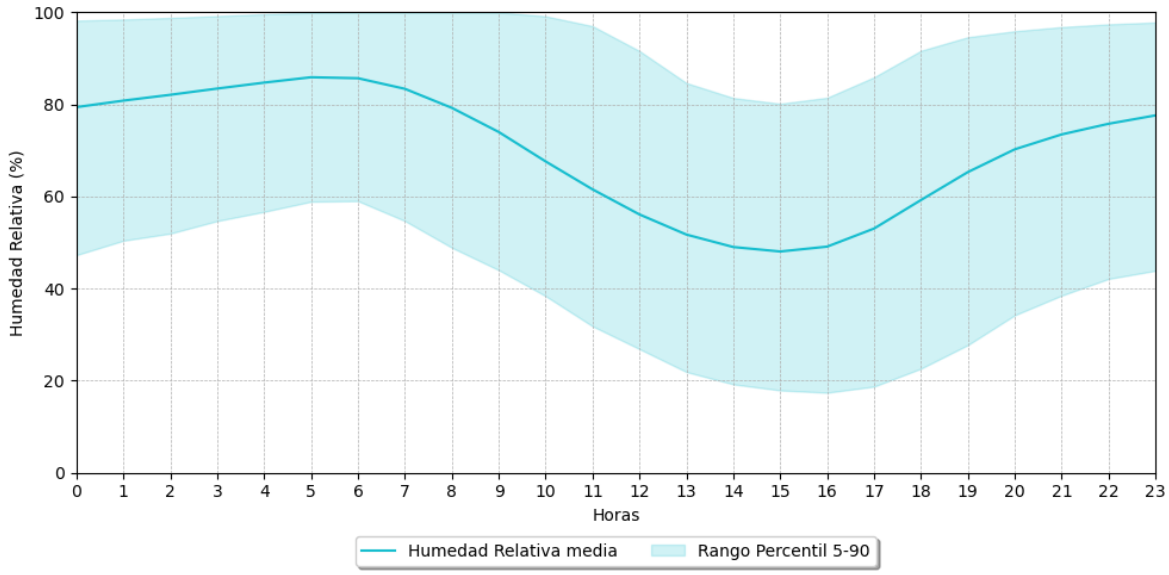
Fuente: DFM Consultores, 2026.

En la figura anterior se puede observar el alto grado de completitud de los registros asociados a la variable meteorológica en el periodo de estudio. Se observa que las series de tiempo cuentan con más de un 75% de datos válidos, cumpliendo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015).

5.2.1.4.3.2Ciclo diario

En la Figura 5-72 se presenta el ciclo diario para la variable humedad relativa, en donde es posible apreciar que, durante el periodo de madrugada, entre las 04:00 y 06:00 horas, se registran los mayores porcentajes de humedad, alcanzando un valor máximo promedio de 86% a las 05:00. Posteriormente, la humedad comienza a descender a lo largo del día alcanzando un mínimo promedio aproximado de 48% entre las 14:00 y 16:00 horas, para luego aumentar paulatinamente hasta adoptar los valores nocturnos dando inicio nuevamente al ciclo.

Figura 5-72. Ciclo diario humedad relativa, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo.

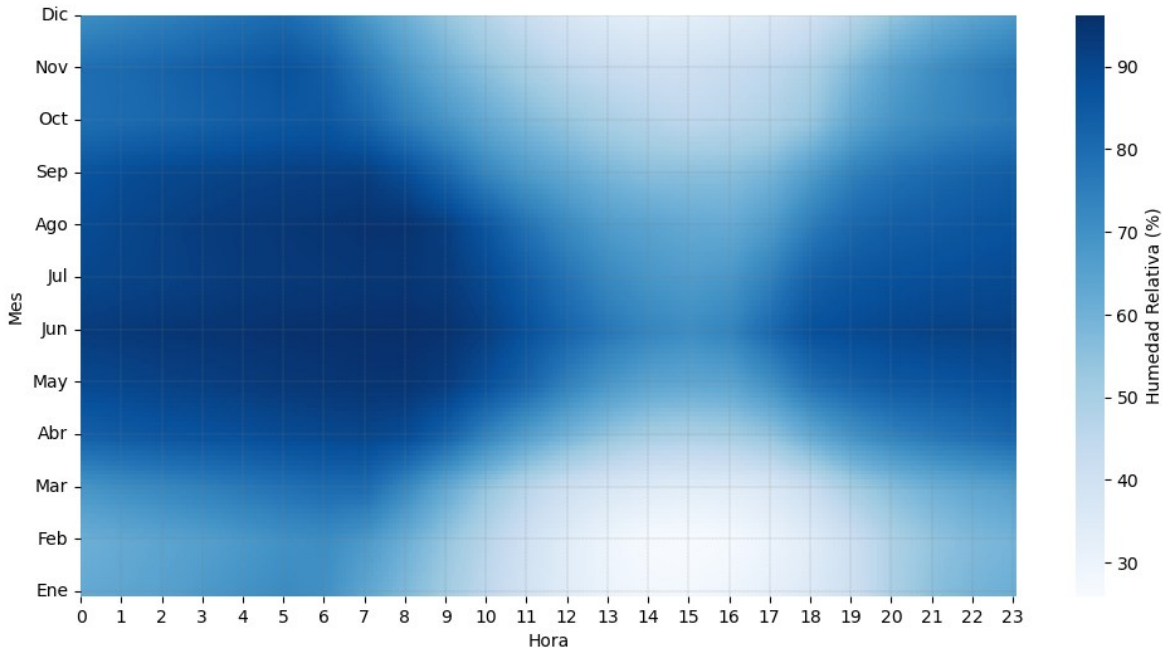


Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.4.3.3Ciclo estacional

En la Figura 5-73 se presenta el ciclo estacional de la humedad relativa, en donde se puede apreciar que los mayores valores se registran en los meses de mayo y junio durante la madrugada, entre las 00:00 y las 08:00 horas, superando el 80%. Los valores mínimos se aprecian en verano, entre los meses de diciembre y marzo, entre las 12:00 y 17:00 horas, llegando a valores menores al 40%.

Figura 5-73. Ciclo estacional humedad relativa, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.4.4 Radiación solar

En la Tabla 5-31 se presenta el resumen de información para la variable radiación solar, especificando los valores máximos, mínimos y promedios anuales para el periodo en estudio.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para los años 2023-2025. En consecuencia, los datos obtenidos de los años mencionados serán utilizados para los análisis posteriores.

Tabla 5-31. Resumen de información radiación solar. Estación Portezuelo.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Radiación Solar (W/m^2)	Promedio	179,93	179,84	178,46
	Máximo	972,5	1015,5	1015
	Mínimo	0	0	0
	Datos Válidos (%)	100	100	100

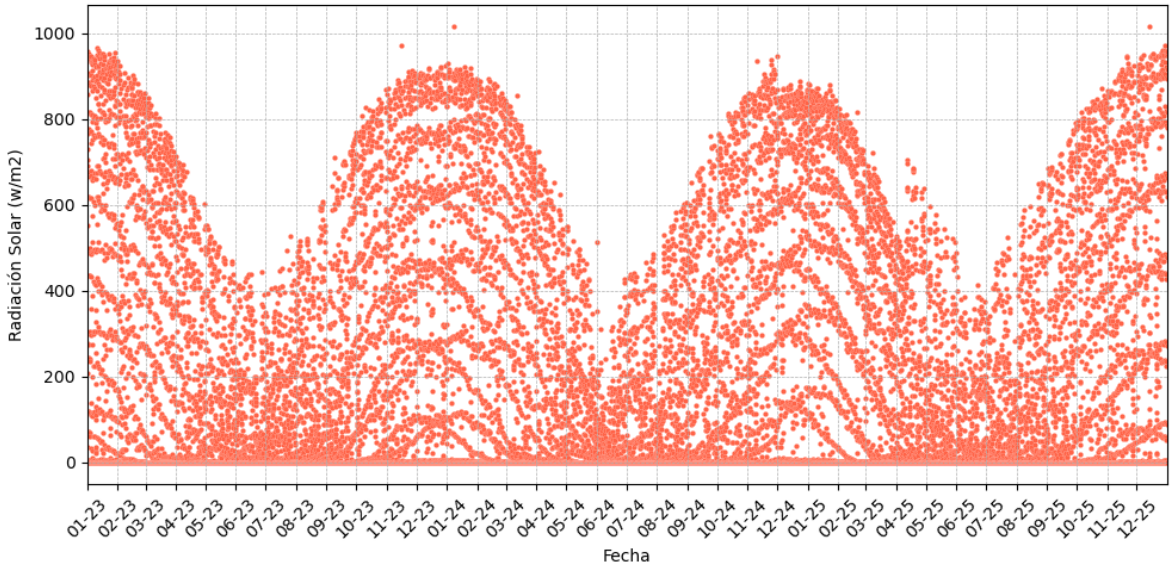
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A continuación, se muestran la serie de tiempo, ciclo diario y ciclo estacional observados para la variable meteorológica radiación solar.

5.2.1.4.4.1Serie de tiempo

A modo de verificación de la completitud de la serie de datos registrados en la Estación Portezuelo, se presenta en la Figura 5-74 la serie de tiempo para la variable meteorológica radiación solar.

Figura 5-74. Serie de tiempo radiación solar, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo.



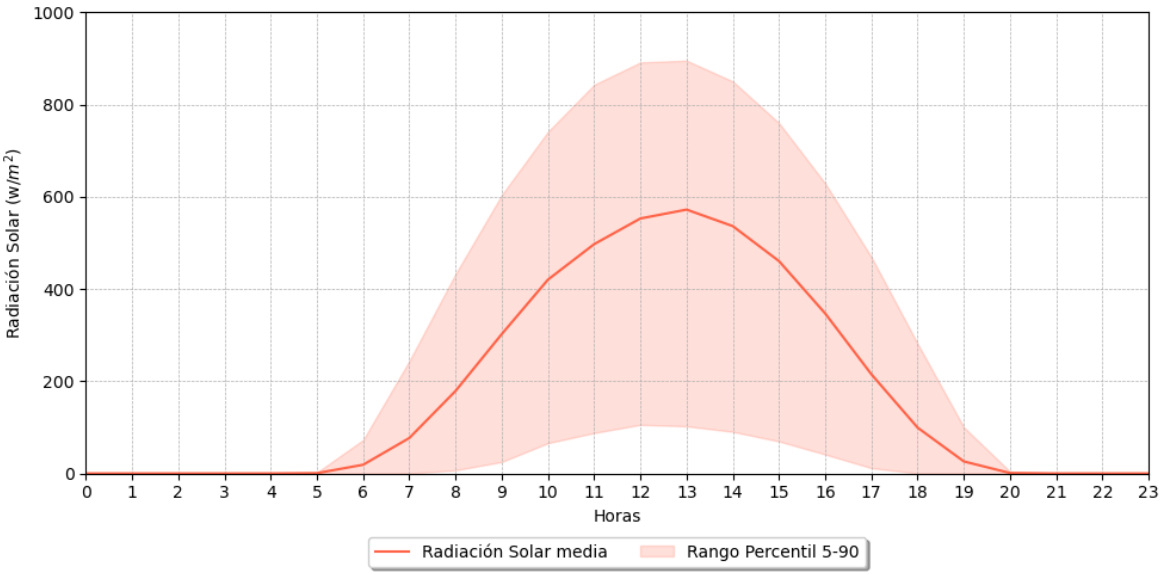
Fuente: DFM Consultores, 2026.

En la figura anterior se puede observar el alto grado de completitud de los registros asociados a la variable meteorológica en el periodo de estudio. Se observa que las series de tiempo cuentan con más de un 75% de datos válidos, cumpliendo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015).

5.2.1.4.4.2Ciclo diario

En la Figura 5-75 se presenta el ciclo diario para la variable radiación solar, en donde se puede apreciar que durante el periodo nocturno y de madrugada no se registra radiación solar, específicamente entre las 20:00 y 05:00 horas. Al comenzar el día, a partir de las 05:00 horas, la radiación solar incrementa de manera sostenida hasta alcanzar un máximo promedio aproximado de 572 W/m^2 entre las 12:00 y las 14:00 horas. Luego, la radiación solar comienza a disminuir rápidamente durante la tarde hasta llegar a valores nulos, dando inicio nuevamente al ciclo descrito.

Figura 5-75. Ciclo diario radiación solar, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo.

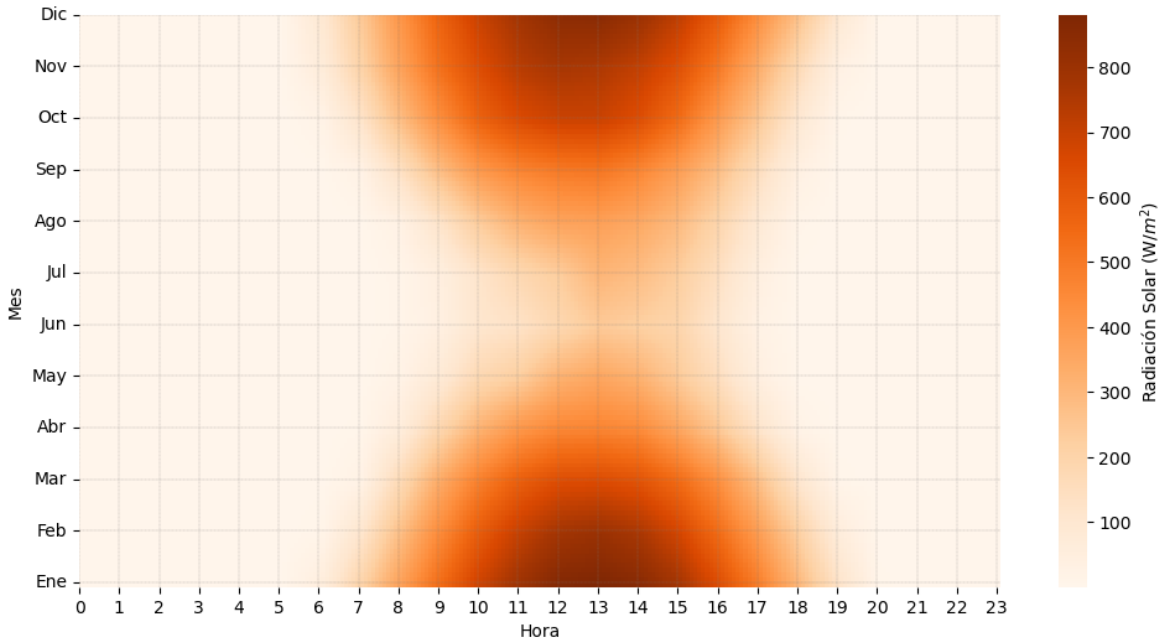


Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.4.4.3Ciclo estacional

En la Figura 5-76 se presenta el ciclo estacional de radiación solar observada, en donde es posible apreciar que, durante todo el año en las horas de periodo nocturno y de madrugada, es decir, entre las 20:00 y 05:00 horas, se registran valores nulos para esta variable meteorológica. Por otro lado, entre los meses de diciembre a febrero se registran los máximos valores de radiación solar, particularmente entre las 11:00 y las 15:00 horas.

Figura 5-76. Ciclo estacional radiación solar, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.4.5 Presión atmosférica

En la Tabla 5-32 se presenta el resumen de información para la variable presión atmosférica, especificando los valores promedios, máximos y mínimos registrados durante el periodo en estudio.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para los años 2023-2025. En consecuencia, los datos obtenidos de los años mencionados serán utilizados para los análisis posteriores.

Tabla 5-32. Resumen de información presión atmosférica. Estación Portezuelo.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Presión Atmosférica (mbar)	Promedio	1.004,66	1.005,49	1.005,41
	Máximo	1.018	1.019	1.022
	Mínimo	992	985	994
	Datos Válidos (%)	100	100	100

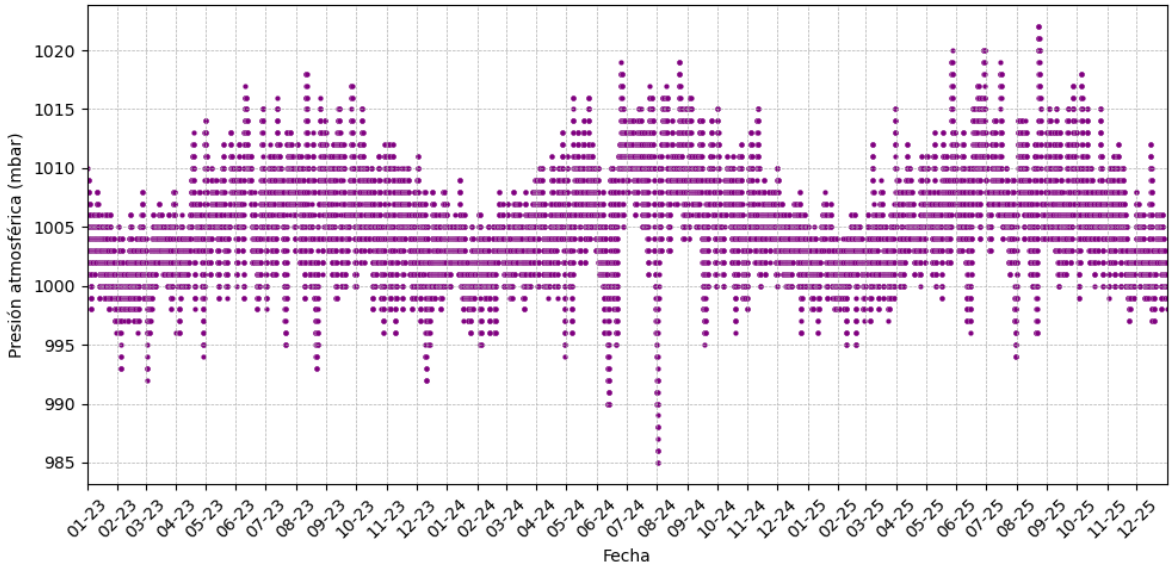
Fuente: DFM Consultores, 2026.

De esta forma, a continuación, se presenta la serie de tiempo, ciclo diario y ciclo estacional observados para la variable meteorológica presión atmosférica.

5.2.1.4.5.1Serie de tiempo

A modo de verificación de la completitud de la serie de datos registrados en la Estación Portezuelo, se presenta en la Figura 5-77 la serie de tiempo para la variable meteorológica presión atmosférica.

Figura 5-77. Serie de tiempo presión atmosférica, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo.



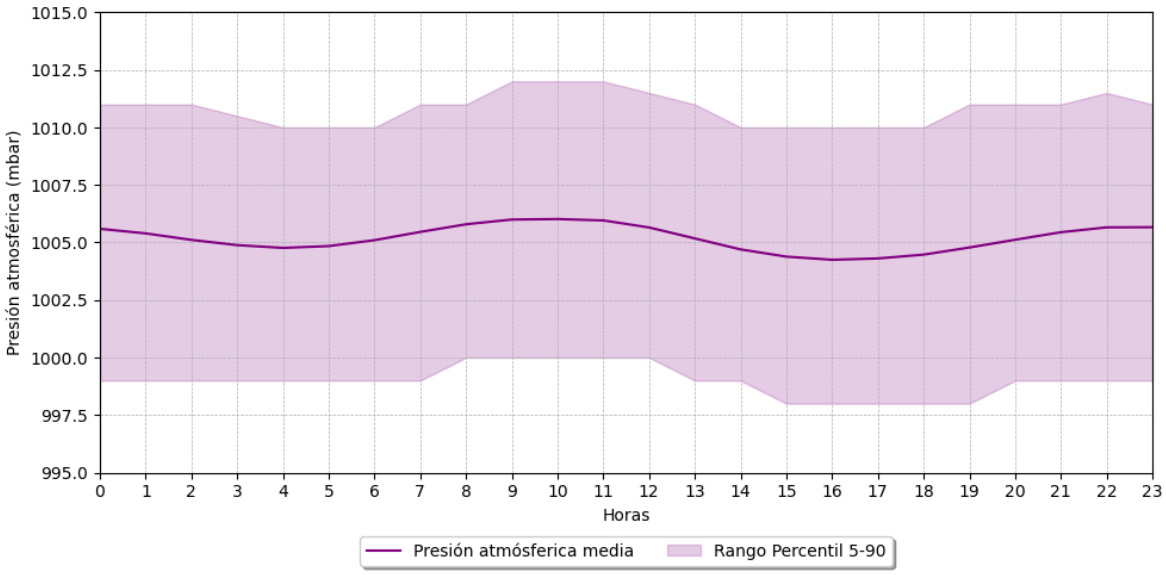
Fuente: DFM Consultores, 2026.

En la figura anterior se puede observar el alto grado de completitud de los registros asociados a la variable meteorológica en el periodo de estudio. Se observa que las series de tiempo cuentan con más de un 75% de datos válidos, cumpliendo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015).

5.2.1.4.5.2Ciclo Diario

En la Figura 5-78 se presenta el ciclo diario para la variable presión atmosférica, en donde se pueden apreciar dos instantes con leves bajas en la presión, uno entre las 03:00 y las 05:00 horas, y otro entre 15:00 y las 17:00 horas. También se observan dos intantes de leves altas presiones, uno entre las 09:00 y 11:00 horas, y otro entre las 22:00 y 00:00 horas.

Figura 5-78. Ciclo diario presión atmosférica, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo.

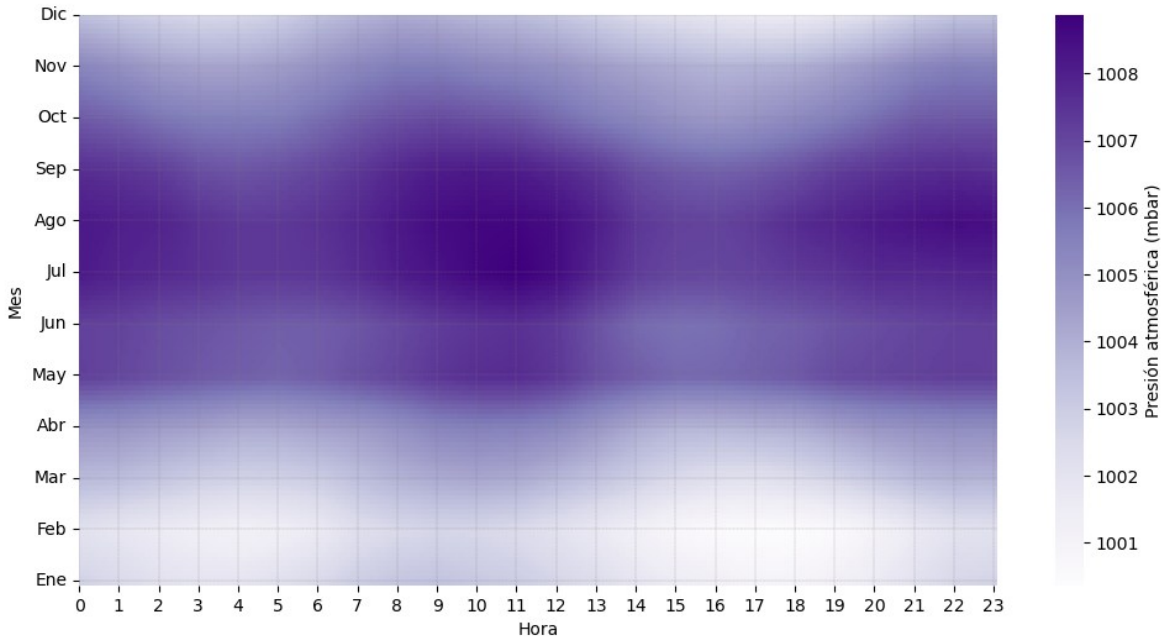


Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.4.5.3Ciclo estacional

En la Figura 5-79 se presenta el ciclo estacional de la presión atmosférica, en donde es posible apreciar que, durante la mañana, entre 09:00 y 12:00 horas, y en la noche, entre las 20:00 y 01:00 horas, entre los meses de mayo y septiembre se aprecian las mayores presiones, mientras que en los meses de verano la presión se mantiene con bajos valores.

Figura 5-79. Ciclo estacional presión atmosférica, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

5.2.1.4.6 Precipitación acumulada

En la Tabla 5-33 se presenta el resumen de información para la variable precipitación diaria y mensual acumulada, especificando los valores promedios, máximos y mínimos anuales para el periodo en estudio, además del total de precipitaciones anuales acumuladas.

De acuerdo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015) las series de datos meteorológicos deben contener un 75% de datos válidos, lo cual se cumple para el trienio de estudio. En consecuencia, los datos obtenidos los años mencionados serán utilizados para los análisis posteriores.

Tabla 5-33 – Resumen de información precipitación acumulada. Estación Portezuelo.

Parámetro	Variable	Años		
		2023	2024	2025
Precipitación Acumulada (mm)	Acumulado anual	987,9	812,9	504,6
	Máximo mensual	236,8	350,7	123,4
	Mínimo mensual	0	0	0
	Datos Válidos (%)	100	100	100

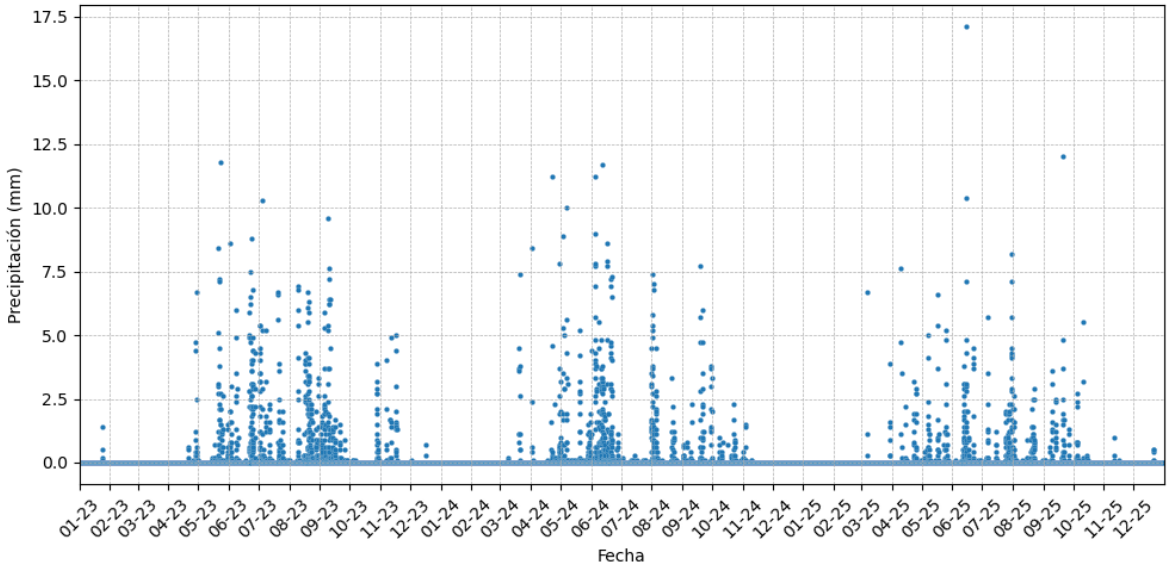
Fuente: DFM Consultores, 2026.

A continuación, se presenta la serie de tiempo para la variable meteorológicas precipitación diaria acumulada.

5.2.1.4.6.1Series de tiempo

A modo de verificación de la completitud de la serie de datos registrados en la Estación Portezuelo se presenta en la Figura 5-80 la serie de tiempo para la variable meteorológica precipitación diaria acumulada.

Figura 5-80. Serie de tiempo precipitación acumulada diaria, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo.



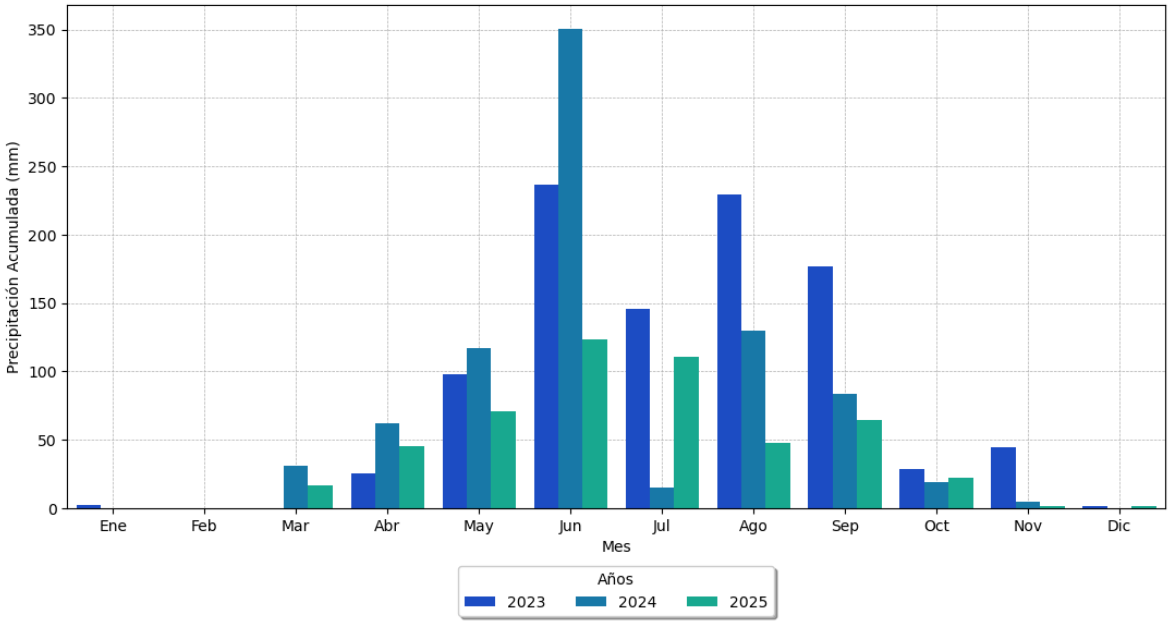
Fuente: DFM Consultores, 2026.

En la figura anterior se puede observar el alto grado de completitud de los registros asociados a la variable meteorológica en el periodo de estudio. Se observa que las series de tiempo cuentan con más de un 75% de datos válidos, cumpliendo con lo establecido en la "Guía para la descripción del área de influencia: Calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA" (SEA, 2015).

5.2.1.4.6.2Acumulado mensual

En la Figura 5-81 se presentan los datos de precipitación mensual acumulada, donde se observa una marcada concentración de las precipitaciones entre los meses de abril y noviembre. El año 2023 corresponde al periodo con mayores precipitaciones acumuladas, con un total anual de 988 mm, y un máximo mensual de 237 mm en el mes de junio. El año 2024 presenta menores precipitaciones acumuladas, alcanzando 813 mm, y con un máximo durante junio de 351 mm. Con respecto al año 2025, la precipitación acumulada alcanza los 505 mm, con un máximo durante junio de 123 mm.

Figura 5-81. Precipitación Acumulada Mensual, periodo enero 2023 a diciembre 2025. Estación Portezuelo.



Fuente: DFM Consultores, 2026.

6. CONCLUSIONES

En el presente estudio se ha presentado la caracterización ambiental del componente clima y meteorología en el área de estudio. A continuación, se presentan las conclusiones más relevantes de cada componente.

6.1 CLIMA

6.1.1 Descripción del clima en el área del Proyecto

A partir del análisis del clima en la Región de Ñuble y a la clasificación climática de Köppen-Geiger, se puede concluir que se existe la presencia de diversos subtipos climáticos en la región. En particular, en el área de ejecución del Proyecto, se observa la presencia del subtipo "Clima Mediterráneo de Lluvia Invernal" (Csb), caracterizado por sus veranos templados y secos, con temperaturas medias anuales que rondan los 18°C, además de inviernos húmedos y lluviosos.

Por otra parte, en el área de emplazamiento del Proyecto, se caracterizaron algunos índices climáticos relevantes para la componente, obteniéndose temperaturas medias anuales entre 12 y 14°C, precipitaciones acumuladas anuales entre 724 y 1.000 mm, y una velocidad del viento medio entre 3 y 3,5 m/s.

6.1.2 Evolución del clima por efectos del cambio climático

Se evaluaron los efectos del cambio climático en la comuna de Quirihue, donde se ejecutará el Proyecto, mediante el análisis de los índices climáticos: temperatura media anual del aire, precipitación acumulada anual y velocidad del viento media anual. El cambio fue proyectado a un escenario futuro en el periodo 2035 – 2065.

Se observa que, para el periodo futuro, en esta comuna se espera un aumento de las temperaturas del aire promedio anual de 1,28°C, una disminución de las precipitaciones acumuladas anuales de 154,85 mm, y una leve disminución en la velocidad del viento promedio anual de 0,007 m/s.

6.2 METEOROLOGÍA

6.2.1 Meteorología en superficie

Respecto a la caracterización de la meteorología presentada, se analizaron las estaciones Zorzal Blanco, Ninhue, Puralihue y Portezuelo, que abarcan las comunas de Quirihue, Ninhue, Treguaco y Portezuelo, respectivamente, en las cercanías del emplazamiento del proyecto.

De la estación Zorzal Blanco, cuyo análisis es de carácter referencial ya que el año 2023 no cumple con el porcentaje mínimo de datos válidos, se concluye que:

- La velocidad del viento tuvo un valor promedio de 1,91 m/s. Se perciben los mayores valores durante el período diurno, principalmente durante primavera y verano, con una predominante dirección oeste suroeste (OSO) y sur suroeste (SSO).
- La temperatura del aire tiene un valor promedio de 13,2°C, con una amplitud térmica en su ciclo diario promedio de alrededor de 14,2°C, y valores máximos durante el verano.
- En cuanto a humedad relativa, se tiene un valor promedio trianual de aproximadamente 74,6%, registrando valores máximos durante la madrugada a lo largo de todo el año, particularmente en invierno.
- Respecto la radiación solar, esta estación no cuenta con registros para el período de estudio, por lo que no se realizó el análisis correspondiente.
- Los registros de presión atmosférica presentan descalibraciones instrumentales a lo largo del bienio 2023-2024, por lo que solo se analizó el año 2025. Se observa un ciclo estable, con máximos en invierno y primavera, y un valor promedio que bordea los 1.022 mbar.
- Por su parte, la precipitación alcanza un acumulado anual promedio de 823 mm, con máximas precipitaciones en los meses de junio y agosto.

De la estación Ninhue, se concluye que:

- Los registros de velocidad y dirección del viento presentan errores en sus mediciones entre los años 2024 y 2025 por lo que solo se analizó el año 2023. Se observa un valor promedio de 2,0 m/s. Se perciben los mayores valores durante la tarde, principalmente durante el verano, con una predominante dirección sur (S).
- La temperatura del aire tiene un valor promedio trianual de 14,6°C, con una amplitud térmica en su ciclo diario promedio de alrededor de 12°C, y valores máximos durante el verano.
- En cuanto a humedad relativa, se tiene un valor promedio trianual de aproximadamente 64,6%, registrando valores máximos durante la madrugada a lo largo de todo el año, particularmente en invierno.
- Respecto la radiación solar, se concluye que los mayores valores se esperan durante el periodo diurno y en los meses de verano, con un máximo promedio de 780 W/m2 en el trienio analizado.
- La presión atmosférica presenta un ciclo estable, con máximos en invierno, y un valor promedio que bordea los 1.006,8 hPa en el trienio analizado.

- Por su parte, la precipitación alcanza un acumulado anual promedio de 718 mm en el trienio analizado, con máximos mensuales en junio y agosto.

De la estación Puralihue, se puede concluir que:

- Los registros de velocidad y dirección del viento presentan errores en sus mediciones entre los años 2024 y 2025 por lo que solo se analizó el año 2023. Se observa un valor promedio de 0,6 m/s. Se perciben los mayores valores durante la tarde, principalmente durante el verano, con una predominante dirección norte (N) y en menor medida, del oeste (O).
- La temperatura del aire tiene un valor promedio trianual de 12,6°C, con una amplitud térmica en su ciclo diario promedio de alrededor de 13,1°C, y valores máximos durante el verano.
- En cuanto a humedad relativa, se tiene un valor promedio trianual de aproximadamente 79,7%, registrando valores máximos durante la madrugada a lo largo de todo el año, particularmente en invierno.
- Respecto la radiación solar, se concluye que los mayores valores se esperan durante el periodo diurno y en los meses de verano, con un máximo promedio de 1.0141 W/m2 en el trienio analizado.
- Los registros de presión atmosférica presentan descalibraciones instrumentales en el año 2023, por lo que solo se analizó el bienio 2024-2025. Se observa un ciclo estable, con máximos en invierno, y un valor promedio que bordea los 1.015 mbar en el trienio analizado.
- Por su parte, la precipitación alcanza un acumulado anual promedio de 729 mm en el trienio analizado, con máximos en los meses entre junio y agosto.

De la estación Portezuelo, se puede concluir que:

- La velocidad del viento un valor promedio trianual de 2,8 m/s. Se perciben los mayores valores durante la tarde, principalmente durante el verano, con una predominante dirección suroeste (SO) y oeste (O).
- La temperatura del aire tiene un valor promedio trianual de 14,3°C, con una amplitud térmica en su ciclo diario promedio de alrededor de 12°C, y valores máximos durante el verano.
- En cuanto a humedad relativa, se tiene un valor promedio trianual de aproximadamente 70%, registrando valores máximos durante la madrugada a lo largo de todo el año, particularmente en invierno.
- Respecto la radiación solar, se concluye que los mayores valores se esperan durante el periodo diurno y en los meses de verano, con un máximo diario de 1.001 W/m2 en el trienio analizado.

- La presión atmosférica presenta un ciclo estable, con máximos en invierno, y un valor promedio que bordea los 1.005 mbar en el trienio analizado.
- Por su parte, la precipitación alcanza un acumulado anual promedio de 769 mm en el trienio analizado, con máximos en los meses de invierno, particularmente en junio.

7. REFERENCIAS

7.1 CLIMA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Pica-Téllez, A.; Garreaud, R.; Meza, F.; Bustos, S.; Falvey, M.; Ibarra, M.; Duarte, K.; Ormazábal, R.; Dittborn, R. & Silva, I (2020). Informe Proyecto ARClim: Atlas de Riesgos Climáticos para Chile. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia, Centro de Cambio Global UC y Meteodata para el Ministerio del Medio Ambiente a través de La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Santiago, Chile.

Sarricolea Espinoza, P., Herrera Ossandón, M. y Meseguer Ruiz, Ó. (2017). *Climatic regionalisation of continental Chile*. Recuperado de https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/146887

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2015). *2014: Climate Change 2014: Synthesis Report*. IPCC, Génova, Suiza.

Ministerio de Obras Públicas (MOP), Dirección General de Aguas (DGA), Universidad de Chile y Pontificia Universidad Católica de Chile (2017). Actualización del Balance Hídrico Nacional. Recuperado de https://repositoriodirplan.mop.gob.cl/biblioteca/handle/20.500.12140/32653

Ministerio del Medio Ambiente (MMA) (2022). Ley 21.455 "Ley marco de cambio climático" del Ministerio del Medioambiente. Enlace a texto de ley en la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Recuperado de https://bcn.cl/32l1s

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) (2023). Guía Metodológica para la consideración del cambio climático en el SEIA. Recuperado de https://sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2023/01/13/MET-Guia-Cambio-Climatico_2023.pdf

7.2 METEOROLOGÍA

Servicio de Evaluación Ambiental (2015). Guía para la descripción de la calidad del aire en el área de influencia de proyectos que ingresan al SEIA. Recuperado de https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2016/01/20/guia_calidad_del_aire.pdf

World Meteorological Organization (WMO) (2019). Escala de Beaufort. Manual on International Codes – Section E. Recuperado de https://library.wmo.int/viewer/35713/download?file=306_i1_2019_en.pdf&type=pdf&navigator=1