Para: **Edwin Guzmán**
De: **Camila Zúñiga**
Fecha: **26 de agosto de 2026**

Contenido

Introducción....3
Validación de parámetros meteorológicos....3
Precipitación....3
Humedad relativa....4
Presión atmosférica....4
Temperatura del aire....5
Radiación global....5
Evaporación....6
Velocidad del viento y dirección del viento....6
Relleno de parámetros meteorológicos....10
Evaporación....11
Dirección del viento....12
Humedad relativa....13
Presión atmosférica....14
Radiación global....15
Temperatura del aire....16
Velocidad del viento....17
Conclusiones....18
Referencias....18

Índice de Figuras

Figura 1. Precipitación diaria para el mes de mayo.....4
Figura 2. Humedad relativa promedio diaria para el mes de mayo.....4
Figura 3. Presión atmosférica promedio diaria para el mes de mayo.....5
Figura 4. Temperatura del aire promedio diaria para el mes de mayo.....5
Figura 5. Radiación global promedio diaria para el mes de mayo.....6
Figura 6. Evaporación diaria para el mes de mayo.....6
Figura 7. Comportamiento eólico estaciones meteorológicas sector Alta Montaña para el mes de mayo.....7
Figura 8: Comportamiento eólico estaciones meteorológicas Sistema Borde Este para el mes de mayo.....7

Figura 9. Comportamiento eólico estaciones meteorológicas sector Cuenca Salar de Atacama para el mes de mayo. 8
Figura 10: Comportamiento eólico estaciones meteorológicas Sistema Agua de Quelana para el mes de mayo 8
Figura 11: Comportamiento eólico estaciones meteorológicas Sistema Soncor para el mes de mayo. 9
Figura 12. Comportamiento eólico estaciones meteorológicas sector Núcleo para el mes de mayo. 9
Figura 14. Comportamiento eólico estaciones meteorológicas Sistema Peine y Tilopozo para el mes de mayo. 9
Figura 15. Matriz de correlación para la evaporación. 11
Figura 16. Matriz de correlación para la dirección del viento. 12
Figura 17: Matriz de correlación para la humedad relativa. 13
Figura 18: Matriz de correlación para la presión atmosférica. 14
Figura 19: Matriz de correlación para la radiación global. 15
Figura 20: Matriz de correlación para la temperatura del aire. 16
Figura 21: Matriz de correlación para la velocidad del viento 17

Índice de Tablas

Tabla 1. Parámetros registrados por las estaciones meteorológicas. 3
Tabla 2: Parámetros rellenados para el mes de mayo. 10
Tabla 3: Estaciones utilizadas para el relleno de evaporación. 11
Tabla 4: Estaciones utilizadas para el relleno de la dirección del viento. 12
Tabla 5: Estaciones utilizadas para el relleno de la humedad relativa. 13
Tabla 6: Estaciones utilizadas para el relleno de la presión atmosférica con sus respectivos coeficientes de correlación. 14
Tabla 7: Estaciones utilizadas para el relleno de la radiación global. 15
Tabla 8: Estaciones utilizadas para el relleno de la temperatura del aire con sus respectivos coeficientes de correlación. 16
Tabla 9: Estaciones utilizadas para el relleno de la velocidad del viento. 17

Introducción

En el presente reporte se detalla el proceso de validación del registro meteorológico (Tabla 1) para el mes de mayo de 2026 aplicado para la red de estaciones meteorológicas de Novandino en Salar de Atacama en el marco del cumplimiento de la RCA N°226 y Programa de Cumplimiento (PdC) hasta el 11 de mayo, y desde el día 12, en cumplimiento de la RCA N° 20260200182 y el compromiso ambiental voluntario CAV-23 “Monitoreo de Variables Hidrometeorológicas”.

Tabla 1. Parámetros registrados por las estaciones meteorológicas.

Estación	Precipitación	Humedad	Presión atmosférica	Radiación	Temperatura aire	Evaporación	Velocidad del viento	Dirección del viento
Cordillera de la Sal	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊
Chaxa	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊
KCL	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊
SOP	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊
Interna LZA9-1	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊
Quelana LZA3-1	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊
Domeyko	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
Llano de la Paciencia	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
Cerro Cosor	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
El Tatio	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
LZA3-2	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
LAZA3-3	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
LZA7-1	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
LZA7-2	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
LZA10-1	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
LZA12-1	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
LAZ12-2	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊
LZA12-3	◊	◊	◊	◊	◊		◊	◊

El relleno se llevó a cabo con la herramienta desarrollada en Python por la consultora Flow Hidro. A continuación, se detallan los hallazgos y validación de cada variable.

Validación de parámetros meteorológicos

Precipitación

La Figura 1 muestra la precipitación diaria acumulada. Los registros brutos mayores a cerro corresponden a pruebas de pluviometría y/o mediciones anómalas, los cuales fueron invalidados.

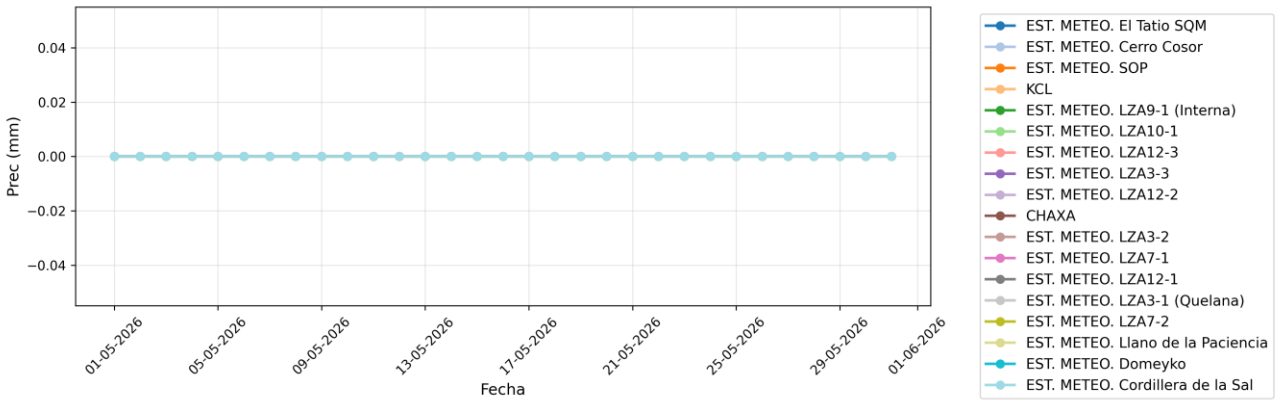

Figura 1. Precipitación diaria para el mes de mayo.

Humedad relativa

En la Figura 2 se presenta la humedad relativa promedio diaria durante el mes de mayo. Las estaciones de alta montaña destacan los valores más altos para esta variable.

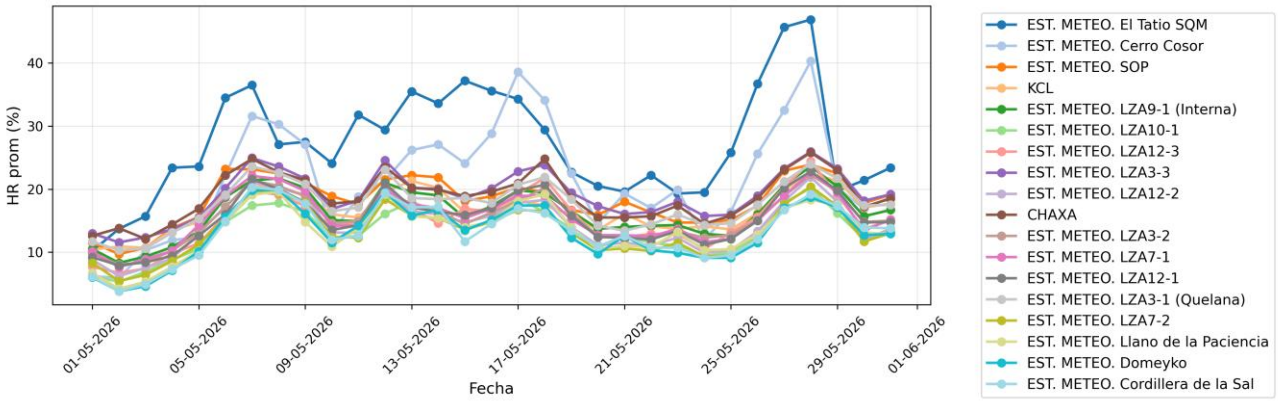

Figura 2. Humedad relativa promedio diaria para el mes de mayo.

Presión atmosférica

La presión atmosférica promedio para mayo se presenta en la Figura 3. Las estaciones Cerro Cosor y Tatio cuenta con los registros de menor magnitud, ya que ambas están ubicadas sobre los 4.000 m.s.n.m.

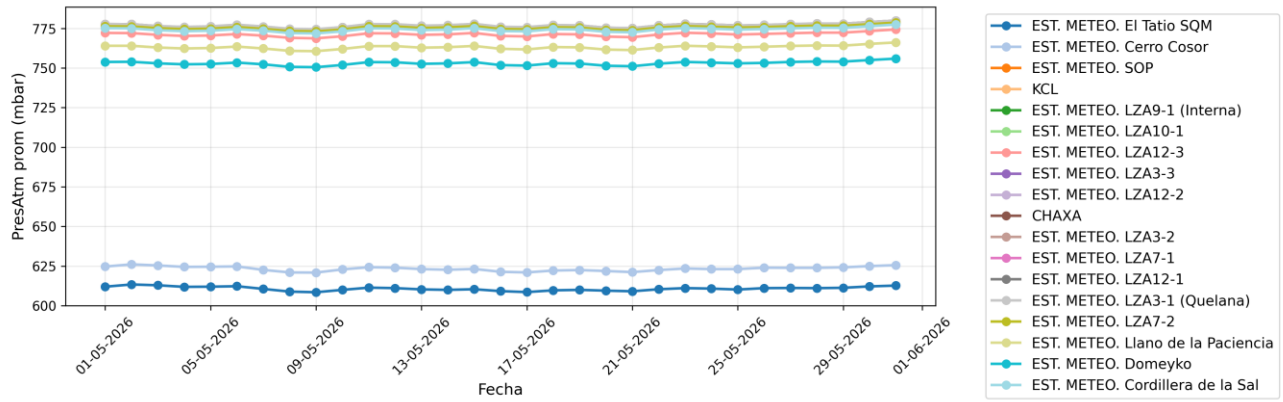

Figura 3. Presión atmosférica promedio diaria para el mes de mayo.

Temperatura del aire

La Figura 4 muestra las temperaturas promedio diarias del mes. Las estaciones Cerro Cosor y Tatio registran las mínimas temperaturas, consistente con su ubicación geográfica. El resto de las estaciones presentan una tendencia en descenso durante el mes.

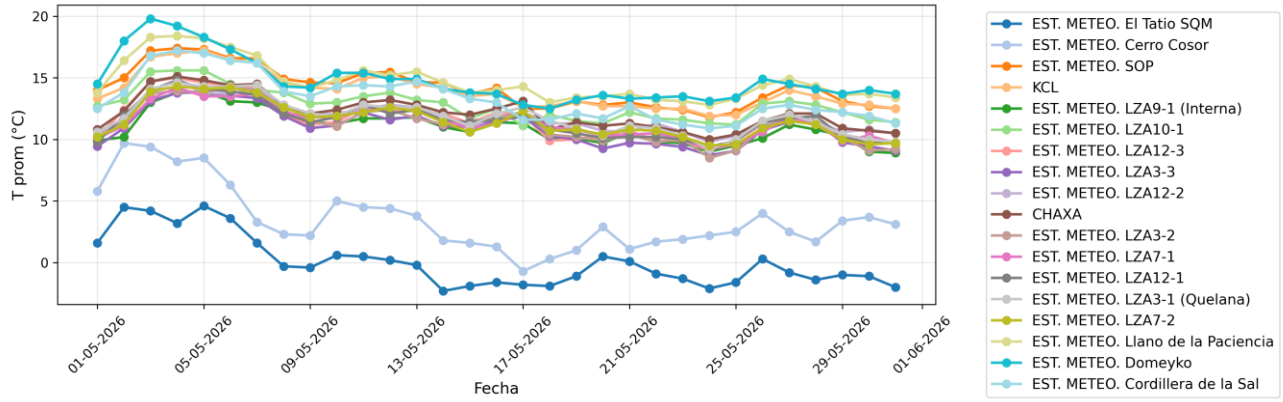

Figura 4. Temperatura del aire promedio diaria para el mes de mayo.

Radiación global

La Figura 5 muestra la radiación promedio diaria, se observa un descenso en toda la red los días 6 y 17 de mayo. En Chaxa y SOP se detectaron anomalías recurrentes en horarios específicos, atribuidas a interferencia del piranómetro por sombras de la infraestructura, según la información de las visitas de mantención.

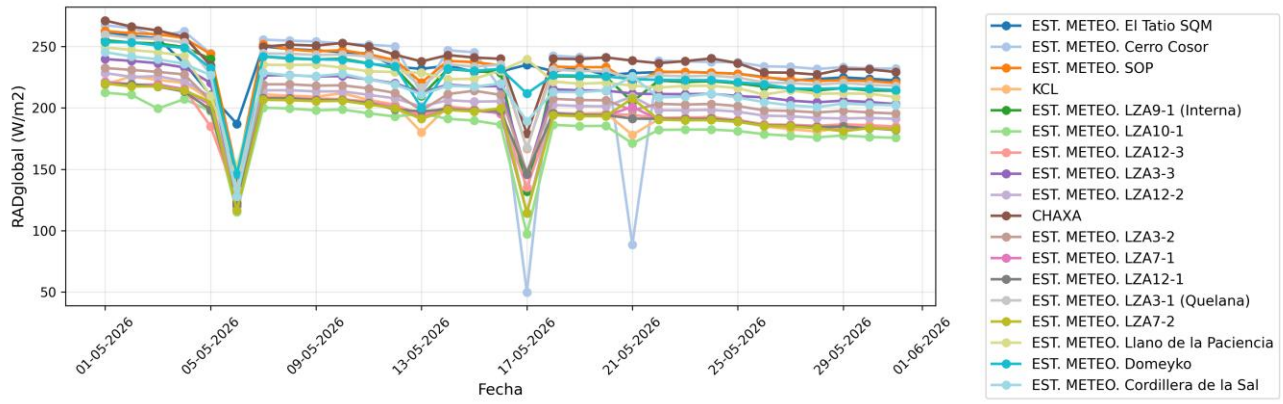

Figura 5. Radiación global promedio diaria para el mes de mayo.

Evaporación

En la Figura 6 se muestra la evaporación diaria. Se observa una leve tendencia al descenso durante el mes.

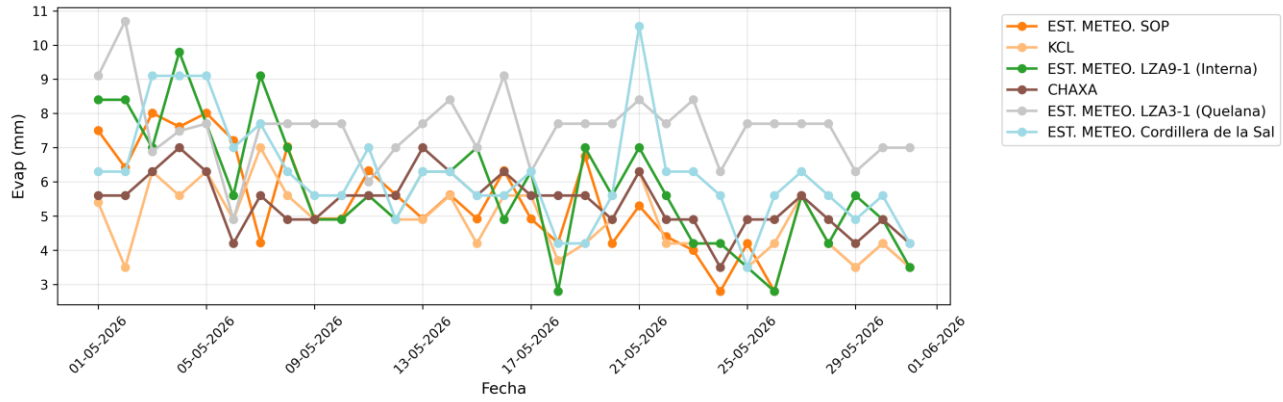

Figura 6. Evaporación diaria para el mes de mayo.

Se implementó un preprocesamiento para los registros cada 1 minuto del nivel de la bandeja de evaporación con el fin de reducir el ruido instrumental y evitar sobreestimaciones en la evaporación diaria, manteniendo la coherencia con la metodología histórica.

El análisis se aplicó solo a datos válidos y dentro de un rango físico (12–250 mm). Para eliminar fluctuaciones no físicas se utilizó un filtro Hampel con ventana de 60 minutos, y luego un suavizado mediante mediana móvil.

Velocidad del viento y dirección del viento

Desde la Figura 7 a Figura 13 muestran rosas de los vientos construidas a partir de los datos de velocidad y dirección del viento de toda la red de estaciones meteorológicas de NOVANDINO, agrupadas por sistemas y sectores.

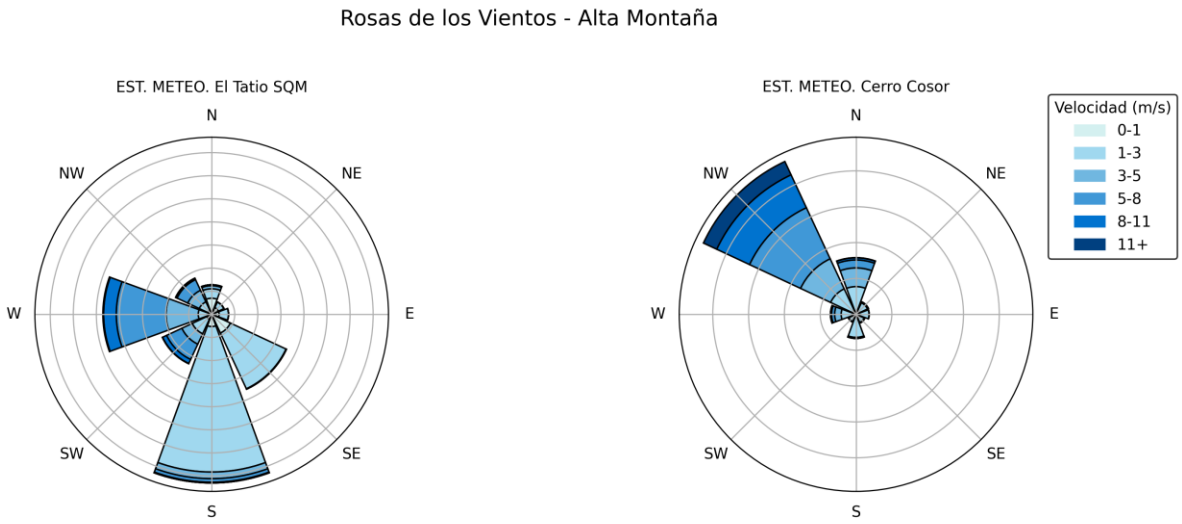

Figura 7. Comportamiento eólico estaciones meteorológicas sector Alta Montaña para el mes de mayo.

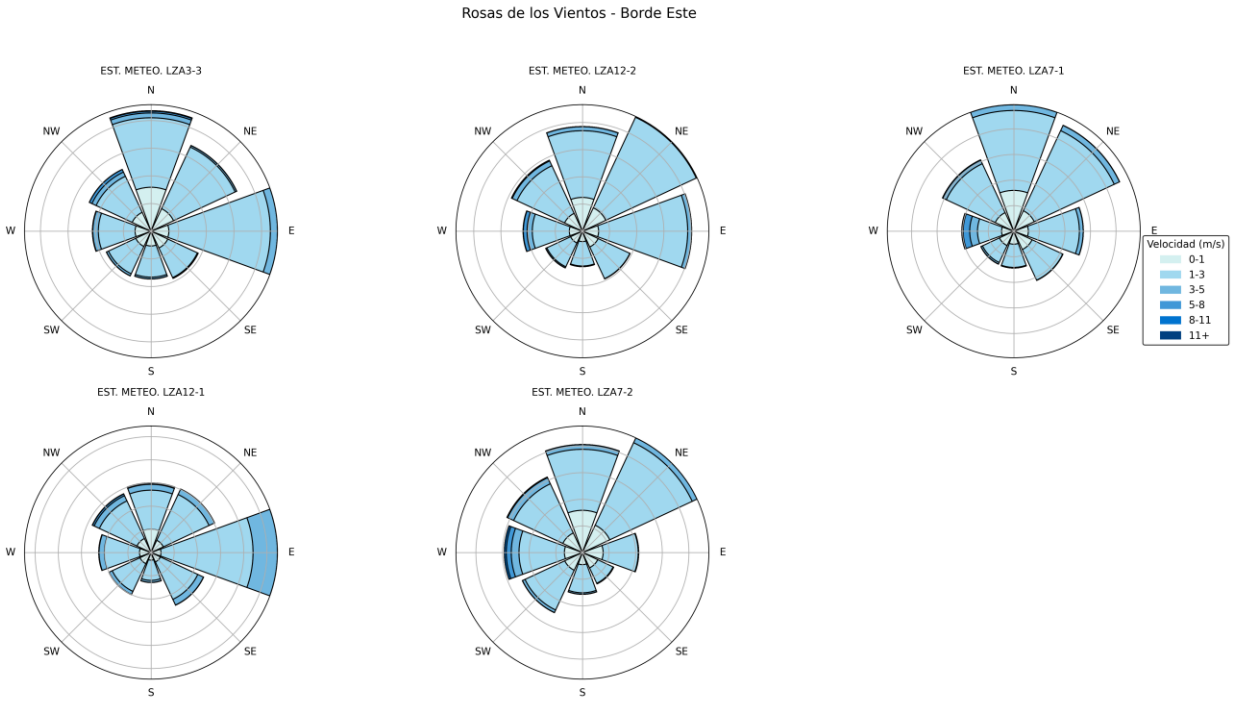

Figura 8: Comportamiento eólico estaciones meteorológicas Sistema Borde Este para el mes de mayo.

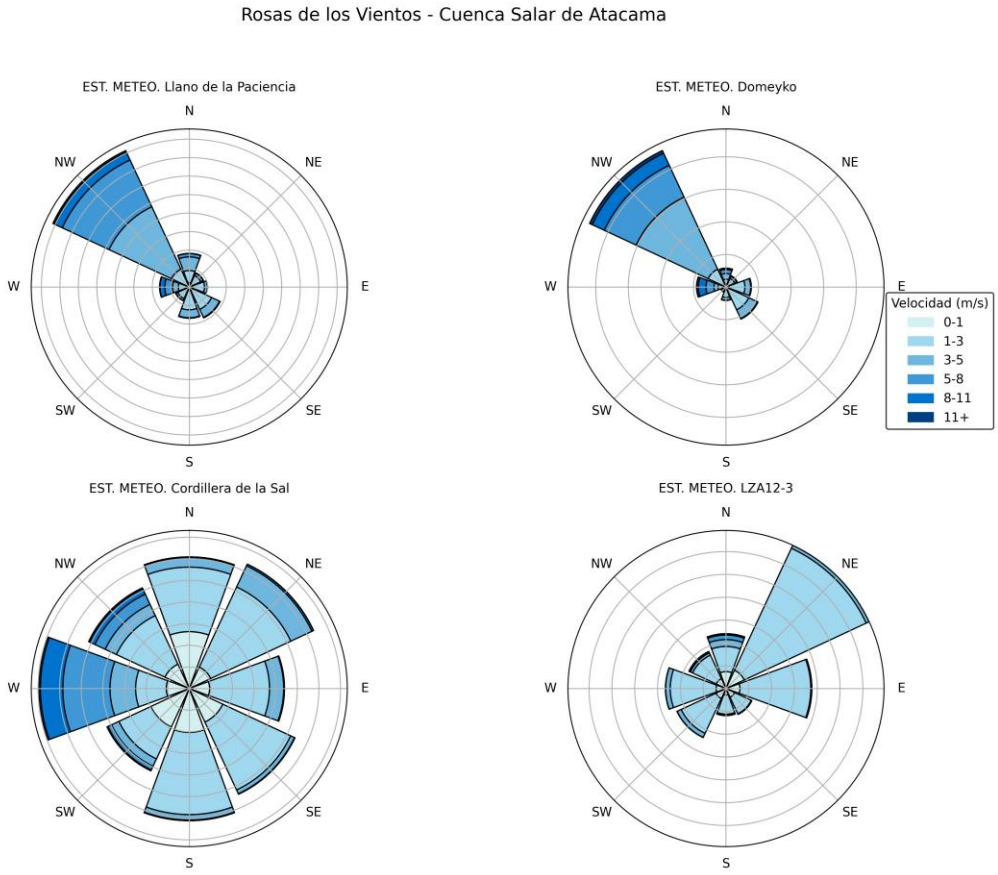

Figura 9. Comportamiento eólico estaciones meteorológicas sector Cuenca Salar de Atacama para el mes de mayo.

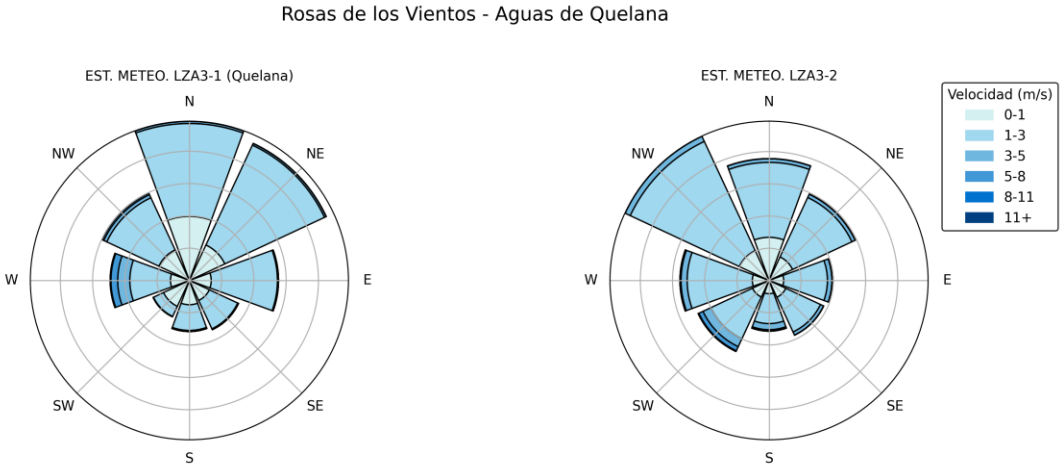

Figura 10: Comportamiento eólico estaciones meteorológicas Sistema Agua de Quelana para el mes de mayo

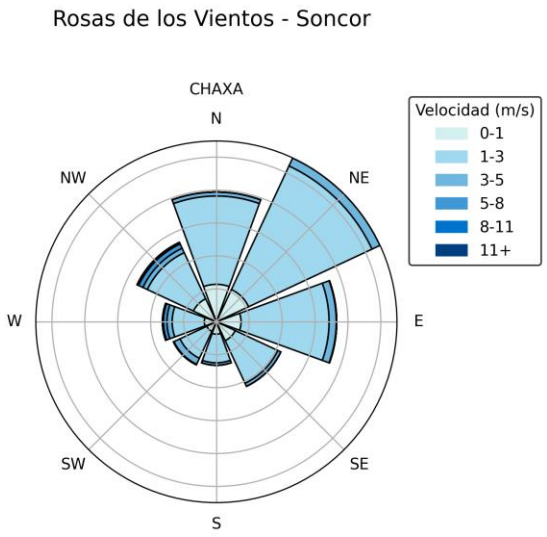

Figura 11: Comportamiento eólico estaciones meteorológicas Sistema Soncor para el mes de mayo.

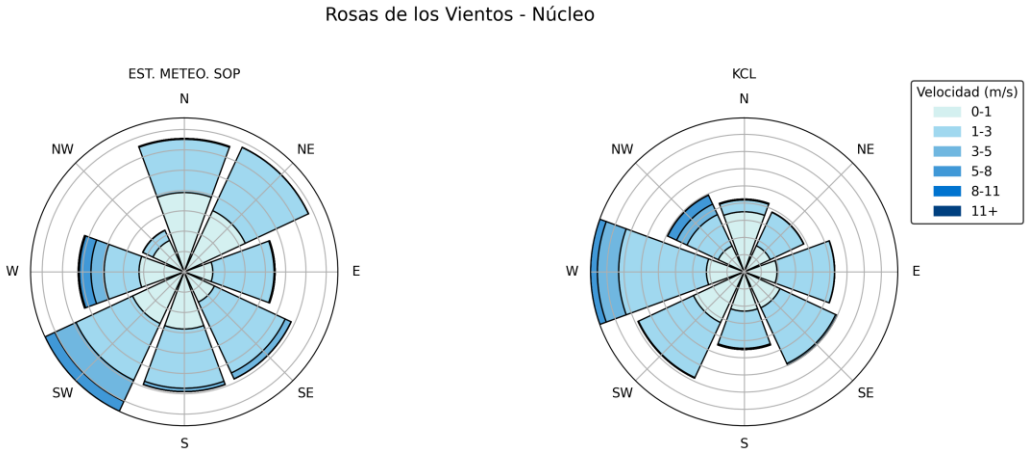

Figura 12. Comportamiento eólico estaciones meteorológicas sector Núcleo para el mes de mayo.

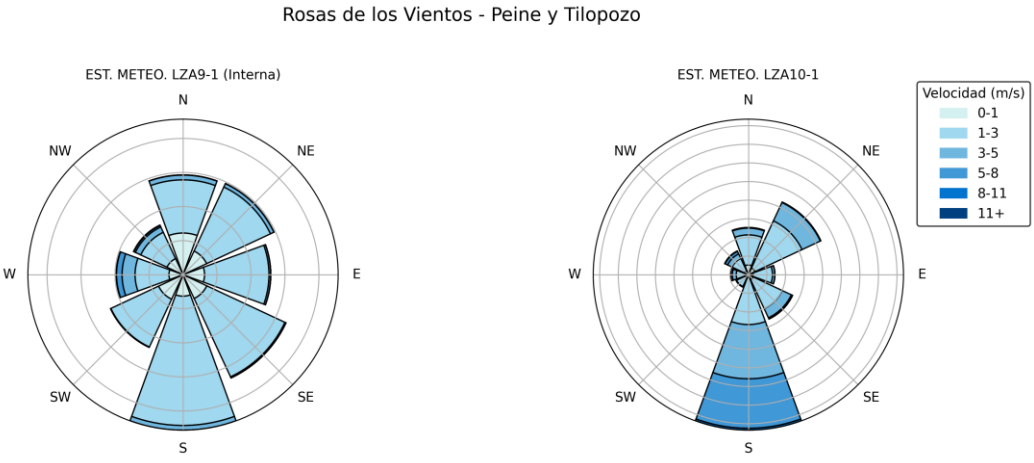

Figura 13. Comportamiento eólico estaciones meteorológicas Sistema Peine y Tilopozo para el mes de mayo.

Relleno de parámetros meteorológicos

En la Tabla 2 se detallan las estaciones cuyos parámetros fueron rellenados debido a contar con menos de un 95% de las mediciones diarias validadas. En el mes de mayo, se procedió a la reconfiguración de las estaciones para incrementar la frecuencia de captura de información de 5 minutos a 1 minuto. Asimismo, se rellenaron los datos correspondientes al día de la configuración con el objetivo de prevenir valores atípicos en los promedios.

En mayo de 2025 se instaló una estación Lufft en LZA12-2, seguida por la instalación en LZA3-3, LZA12-1 y LZA7-2 en abril, y en LZA12-3, LZA3-2, LZA7-1 y LZA10-1 en mayo. Estas estaciones miden presión atmosférica, radiación global, velocidad y dirección del viento; cualquier futuro relleno de estas variables debe considerar este antecedente hasta contar con la cantidad suficiente de información.

El relleno se llevó a cabo con la herramienta desarrollada en Python por la consultora Flow Hidro (2023).

Tabla 2: Parámetros rellenados para el mes de mayo.

Estación	Fecha	Parámetros	Causa
EST. METEO. LZA3-1 (Quelana)	3 al 4 de mayo de 2026	Evaporación	Pan de evaporación seco
EST. METEO. LZA3-2	15 de mayo de 2026	Dirección del viento	Ajuste horario en PLC. Registros brutos en UTC-3 desde el 16/03/2026 hasta 15/05/2026
		Humedad relativa	
		Precipitación	
		Presión atmosférica	
		Radiación global	
		Temperatura del aire	
		Velocidad del viento	
EST. METEO. SOP	19 de mayo de 2026	Dirección del viento	Ajuste horario en PLC. Registros brutos en UTC-2 desde el 07/05/2026 hasta 19/06/2026
		Humedad relativa	
		Precipitación	
		Presión atmosférica	
		Radiación global	
		Temperatura del aire	
		Velocidad del viento	
	1 al 6 y 19 de mayo de 2026	Evaporación	Pan de evaporación llenado por sobre el límite recomendado (> 20 cm) y ajuste horario en PLC. Registros brutos en UTC-3 desde el 07/05/2026 hasta 19/06/2026.

La bandeja del pan de evaporación tiene una altura de 250 mm, se consideró una altura del 5% como condición de borde de mínima altura de columna de agua válido y así evitar considerar mediciones erróneas por parte del LT. Los registros menores a 12 mm fueron invalidados.

La precipitación se registró como 0 mm, dado que, en los días con pérdida de información en estaciones específicas, la red meteorológica de Novandino y estaciones de INIA no reportaron precipitaciones.

La estación LZA3-3 fue intervenida para realizar labores de mantención el 21 de marzo de 2026, ocasión en la que el PLC quedó configurado incorrectamente en UTC-2. Asimismo, la estación LZA3-2 fue visitada el 16 de marzo de 2026, quedando su PLC configurado en UTC-5. En el caso de la estación SOP, tras una intervención realizada el 7 de mayo de 2026, el PLC quedó configurado en UTC-3.

Estas configuraciones difieren de las utilizadas en el resto de la red, cuyos PLC operan en UTC 0, mientras que la información es almacenada en las bases de datos de Novandino en UTC-4. La configuración horaria de LZA3-2 fue corregida el 15 de mayo de 2026 y la de SOP el 19 de mayo de 2026, para el caso de LZA3-3, la corrección fue realizada durante el mes de junio.

Para el cálculo de los parámetros diarios, los registros afectados fueron extraídos y convertidos desde la zona horaria configurada en cada estación a UTC-4, sin modificar la base de datos original. Posteriormente, dichos registros fueron invalidados y etiquetados con un comentario que documenta esta condición.

Adicionalmente, el día en que se efectuó cada ajuste horario fue completado mediante relleno de datos, debido a que algunas de registro quedaron comprometidas como consecuencia de la corrección realizada.

Evaporación

En la Tabla 3 se detalla las estaciones utilizadas para el relleno de evaporación y la matriz de correlación de esta variable se presenta en la Figura 14.

Tabla 3: Estaciones utilizadas para el relleno de evaporación.

Variable	Estación	Estaciones usadas como referencia
Evaporación	EST. METEO. LZA3-1 (Quelana)	CHAXA
	EST. METEO. SOP	KCL

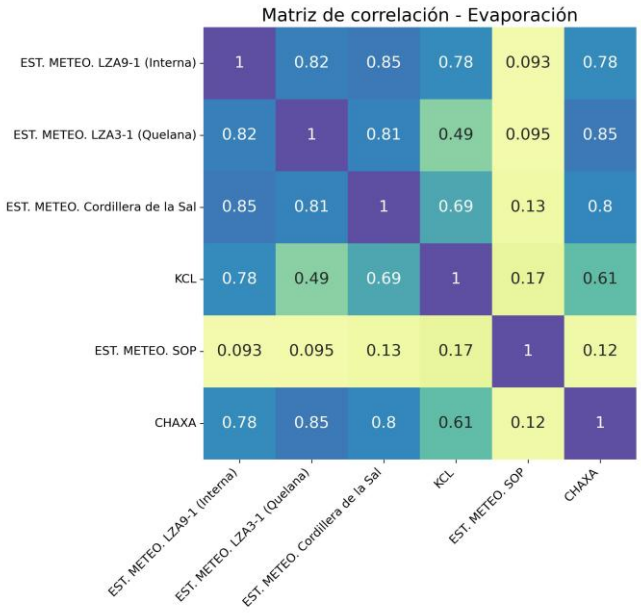

Figura 14. Matriz de correlación para la evaporación.

Dirección del viento

En la Tabla 4 se detallan las estaciones utilizadas para el relleno y en la matriz de correlación para la dirección del viento se presenta en la Figura 15.

Tabla 4: Estaciones utilizadas para el relleno de la dirección del viento.

Variable	Estación	Estaciones usadas como referencia
Dirección del viento	EST. METEO. LZA3-2	Se rellena con mediana de la dir vto en Quelana
	EST. METEO. SOP	KCL

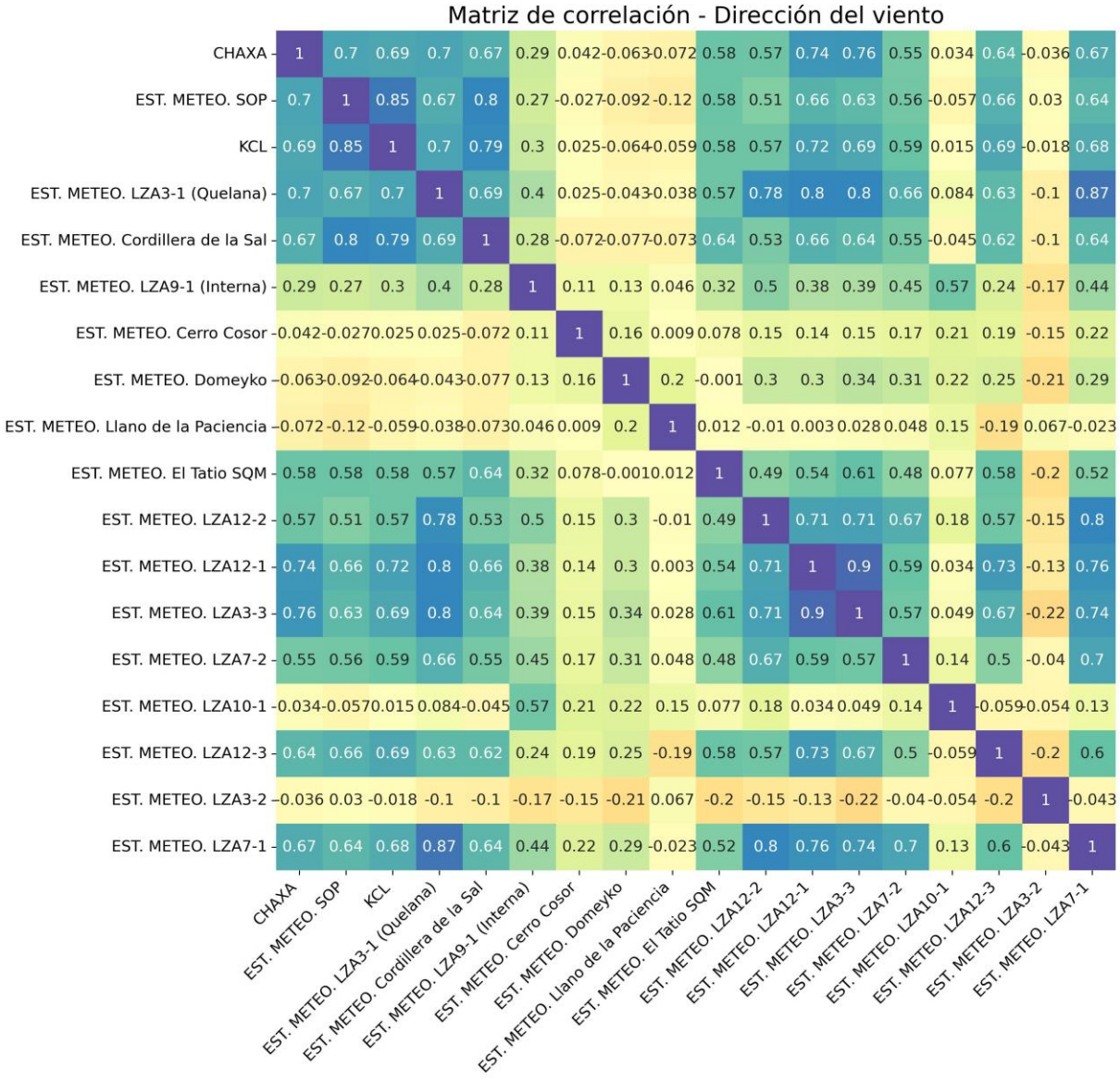

Figura 15. Matriz de correlación para la dirección del viento.

Humedad relativa

En la Figura 16 se presenta la matriz de correlación para la dirección del viento y en la Tabla 5 se detallan las estaciones utilizadas para el relleno.

Tabla 5: Estaciones utilizadas para el relleno de la humedad relativa.

Variable	Estación	Estaciones usadas como referencia
Humedad relativa	EST. METEO. LZA3-2	EST. METEO. LZA12-1
	EST. METEO. SOP	EST. METEO. Cordillera de la Sal

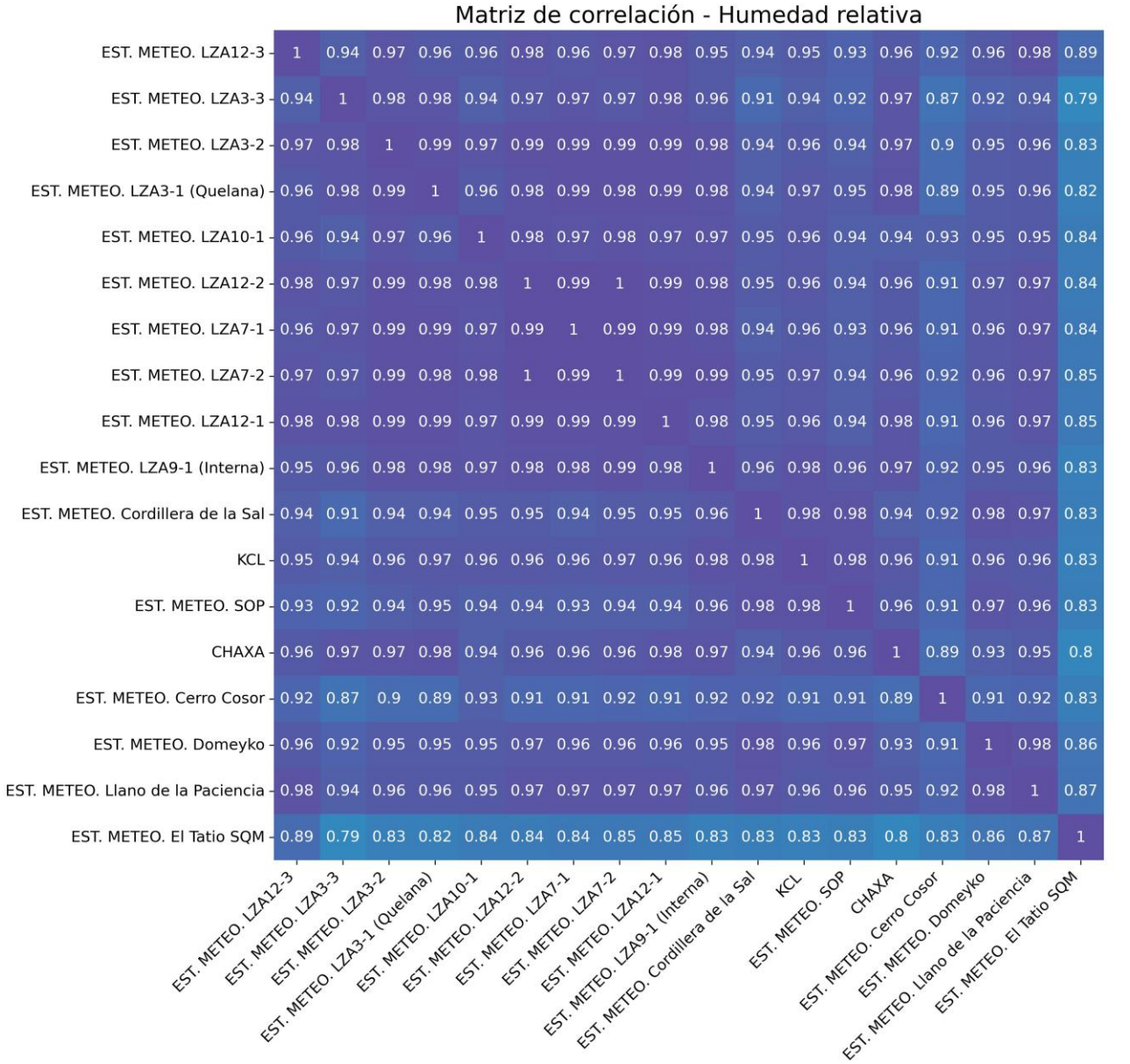

Figura 16: Matriz de correlación para la humedad relativa.

Presión atmosférica

En la Tabla 6 se detallan las estaciones utilizadas para el relleno y en la matriz de correlación para la dirección del viento se presenta en la Figura 17.

Tabla 6: Estaciones utilizadas para el relleno de la presión atmosférica con sus respectivos coeficientes de correlación.

Variable	Estación	Estaciones usadas como referencia
Presión atmosférica	EST. METEO. LZA3-2	EST. METEO. SOP
	EST. METEO. SOP	EST. METEO. LZA3-2

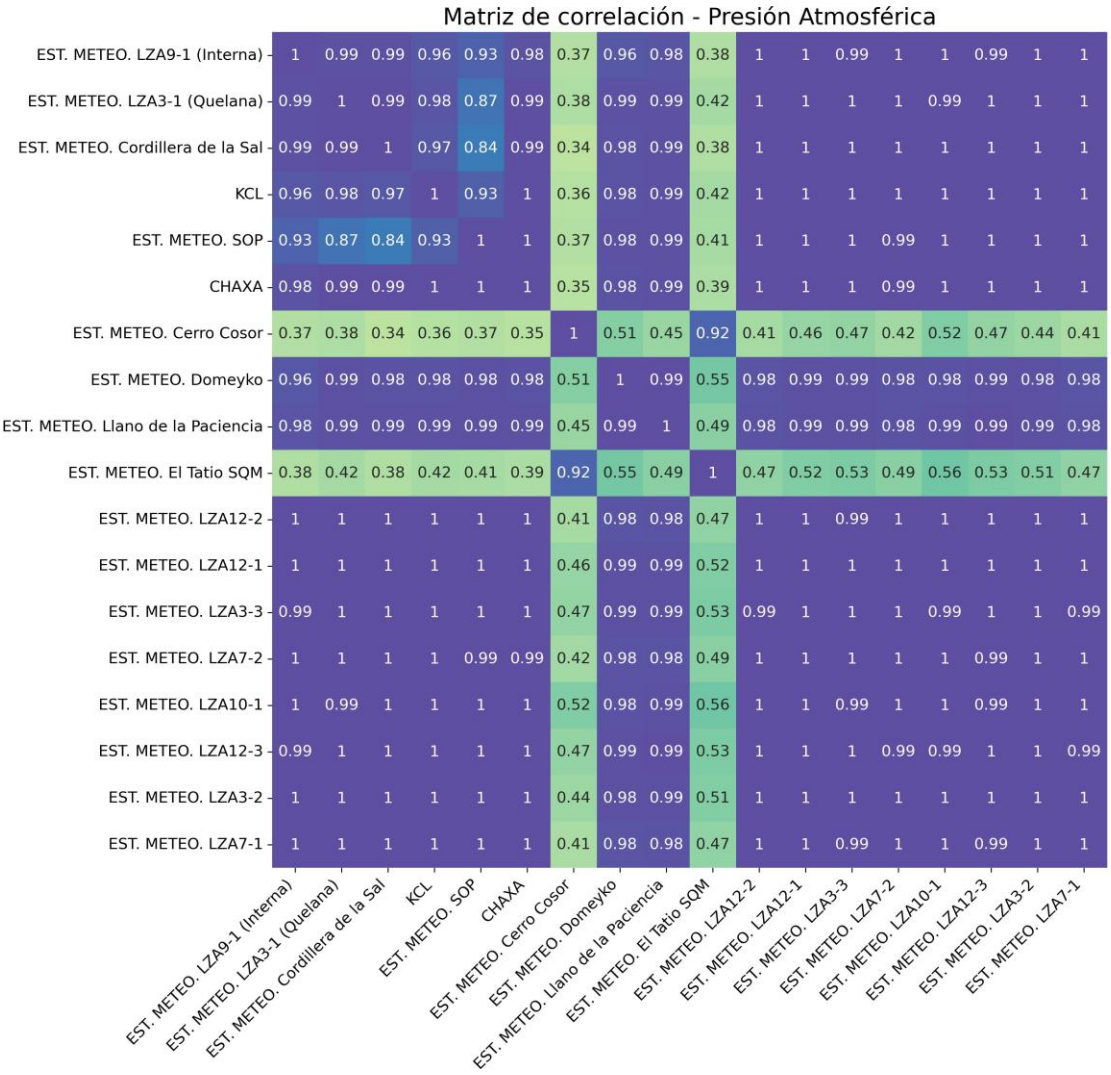

Figura 17: Matriz de correlación para la presión atmosférica.

Radiación global

En la Figura 18 se presenta la matriz de correlación para la radiación global y en la Tabla 7 se detallan las estaciones utilizadas para el relleno.

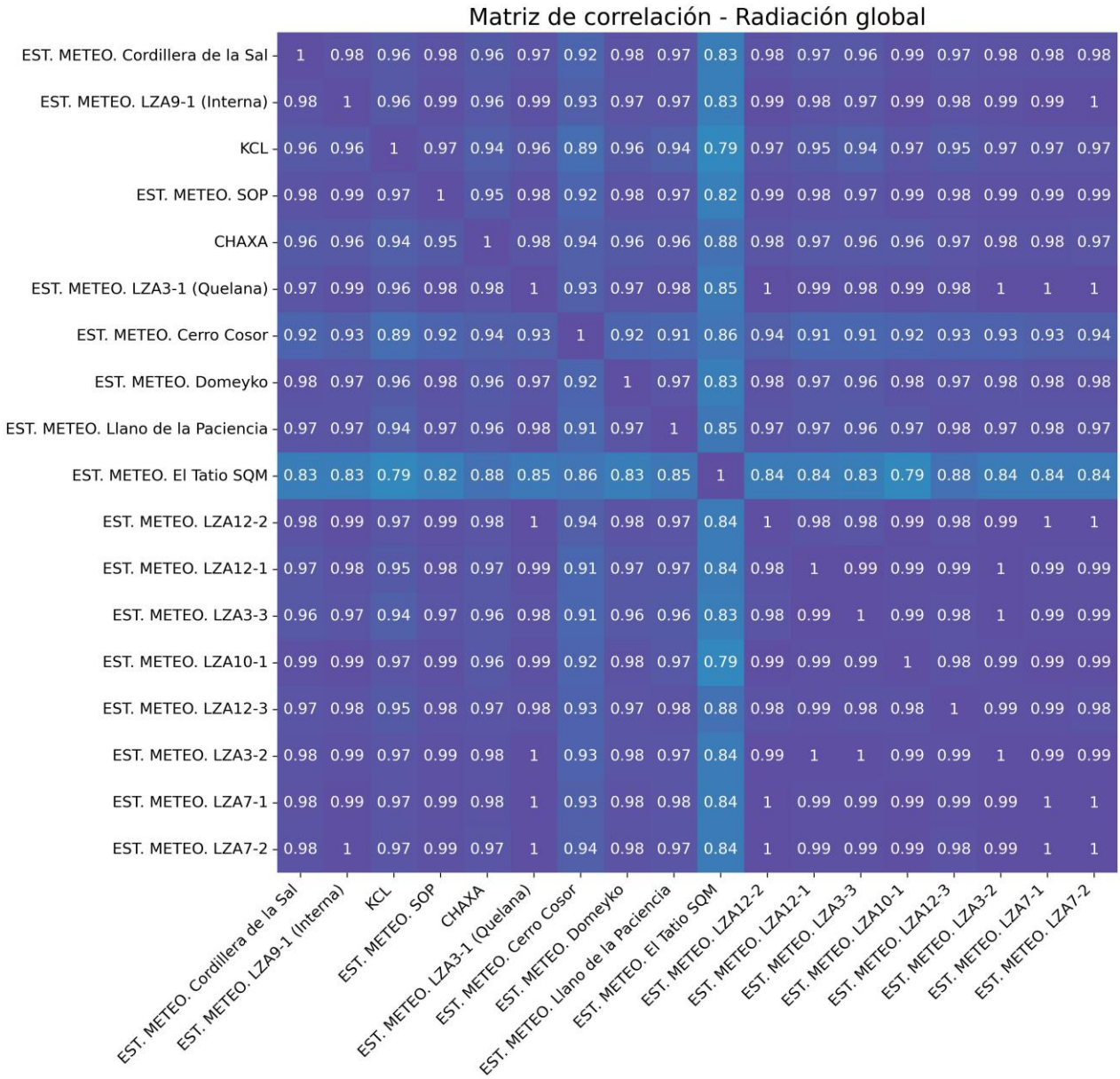

Figura 18: Matriz de correlación para la radiación global.

Tabla 7: Estaciones utilizadas para el relleno de la radiación global.

Variable	Estación	Estaciones usadas como referencia
Radiación global	EST. METEO. LZA3-2	EST. METEO. LZA3-3
	EST. METEO. SOP	EST. METEO. LZA10-1

Temperatura del aire

En la Tabla 8 se detallan las estaciones utilizadas para el relleno y la matriz de correlación para la dirección del viento se presenta en la Figura 19.

Tabla 8: Estaciones utilizadas para el relleno de la temperatura del aire con sus respectivos coeficientes de correlación.

Variable	Estación	Estaciones usadas como referencia
Temperatura del aire	EST. METEO. LZA3-2	EST. METEO. LZA3-3
	EST. METEO. SOP	KCL

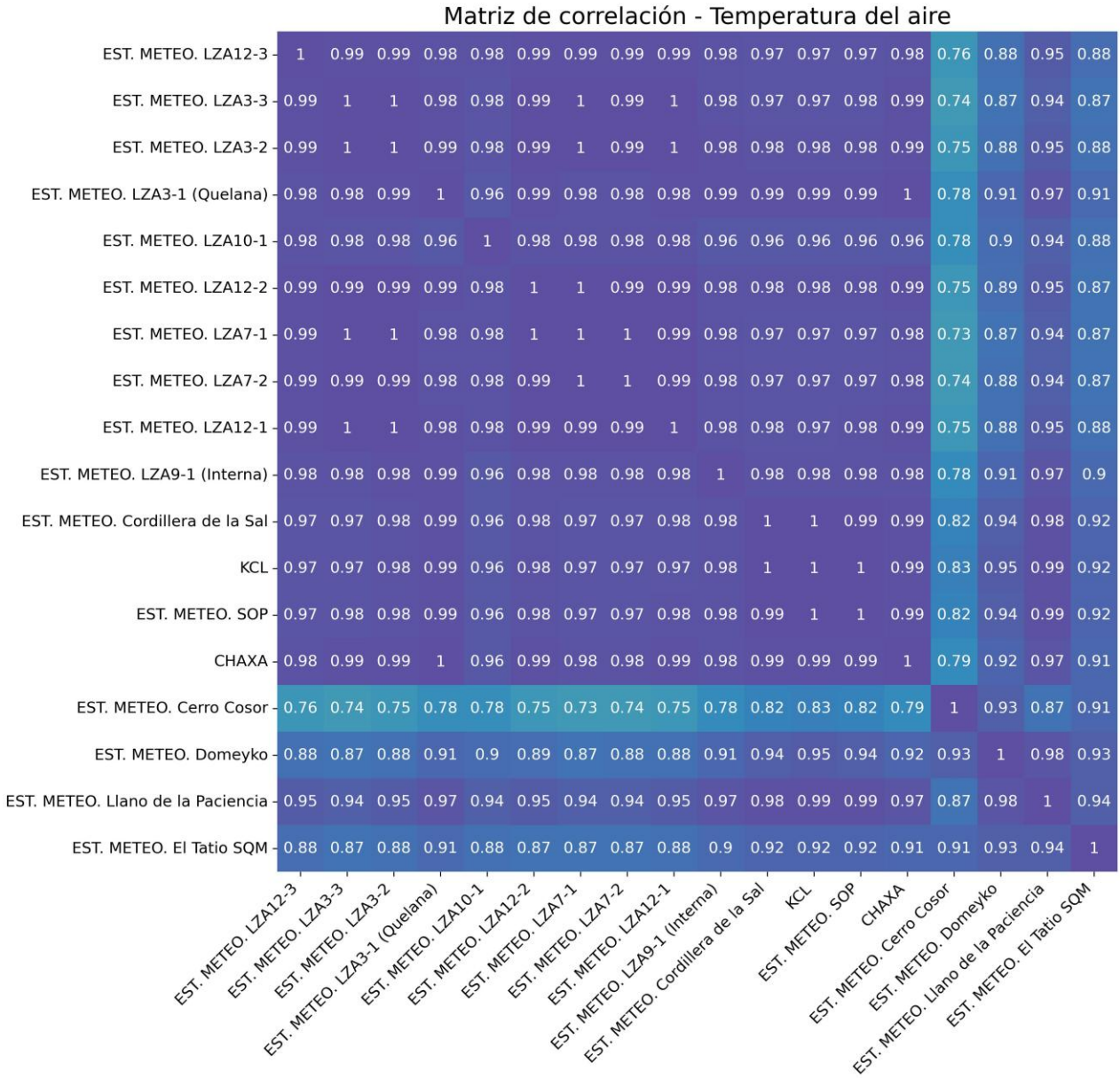

Figura 19: Matriz de correlación para la temperatura del aire.

Velocidad del viento

En la Figura 20 se presenta la matriz de correlación para la velocidad del viento y en la Tabla 9 se detallan las estaciones utilizadas para el relleno con el respectivo coeficiente de correlación.

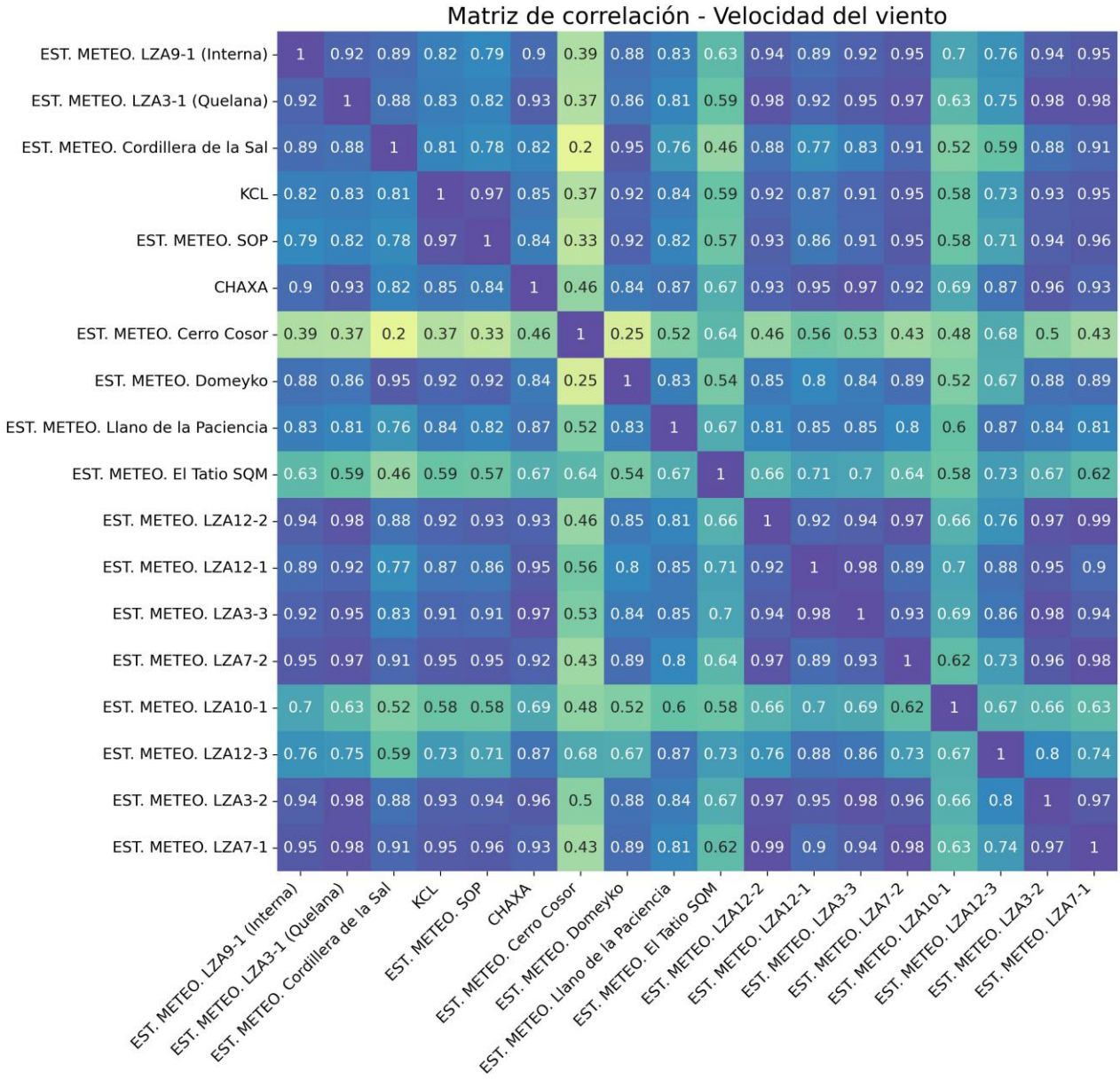

Figura 20: Matriz de correlación para la velocidad del viento

Tabla 9: Estaciones utilizadas para el relleno de la velocidad del viento.

Variable	Estación	Estaciones usadas como referencia
Velocidad del viento	EST. METEO. LZA3-2	EST. METEO. LZA3-1 (Quelana)
	EST. METEO. SOP	KCL

Conclusiones

El relleno de las estaciones con un porcentaje validado menor al 95% fue realizado con la herramienta desarrollada en Python por la consultora Flow Hidro, utilizando como referencia mediciones registradas en otras estaciones de la red de monitoreo meteorológico Novandino. Entre las razones para requerir relleno se encuentran secado del pan de evaporación, exceso de agua en pan de evaporación y problemas con el ajuste horario en PLC.

Referencias

Flow Hydro Consulting. (2023). *Instructivo Python para relleno de datos meteorología SQM*.