



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres "
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

BOLETÍN

IGP / OGI / 2026-06



LA ALTA ATMÓSFERA SOBRE EL PERÚ

JUNIO 2026



Durante el mes de junio del 2026 se registraron 4 tormentas geomagnéticas: 3 de tipo G1 y una de tipo G2. La tormenta más intensa se desarrolló el 5 y 6 de junio, mientras las otras tormentas ocurrieron el 11, 25 y 30 del mes. La tormenta de intensidad G2 tuvo un impacto considerable en las velocidades verticales de plasma, en donde cerca al mediodía del 5 de junio se observa un valor que difiere al promedio de los días geomagnéticamente tranquilos. Las velocidades de plasma alcanzaron valores de hasta 54 m/s a las 11:30 horas y de -31 m/s a las 21:30 horas. En este día tampoco se observó el fenómeno de pre-reversal enhancement (Figura 1).

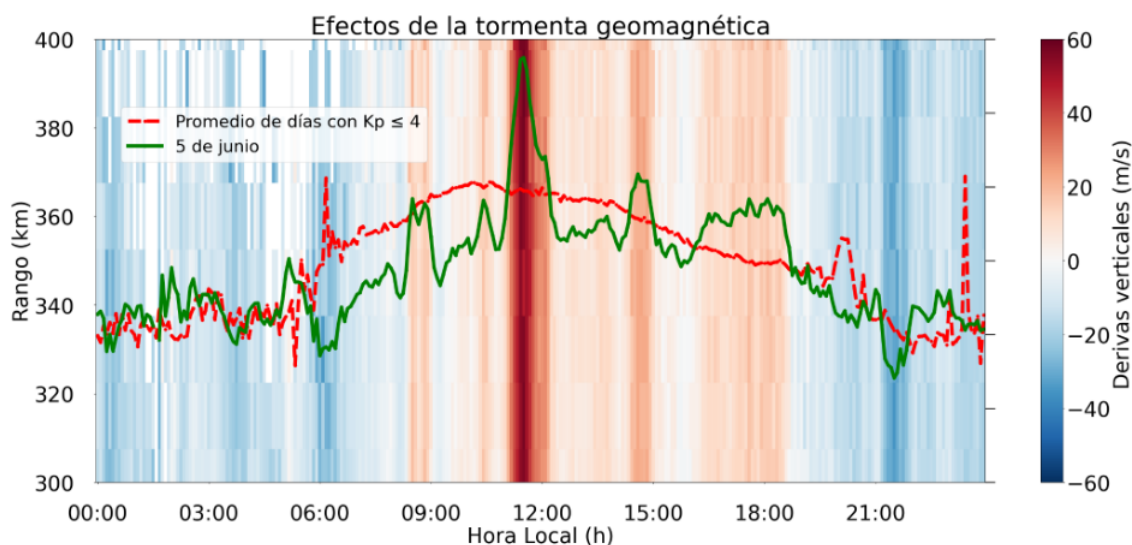


Figura 1. Efectos de la tormenta geomagnética de clase G2, ocurrida el 5 de junio, sobre las derivas verticales ISR.

Tabla 1. Resumen de las mediciones de parámetros ionosféricos y condiciones predominantes del clima espacial del mes de junio del 2026.

Vientos promedios MLT a 90 km [m/s]		Variación máxima de campo geomagnético horizontal (H)[nT]		Derivas verticales de plasma promedio (300 km- 400 km) [m/s]	
Meridional	Zonal	Lima: 116	Piura: 64	Mín.	Máx.
Mín: 61.8 S	Mín: 2.6 O	Huancayo: 112	Arequipa: 67	-21	20
Máx: 17.5 N	Máx: 49.8 E				
ACTIVIDAD GEOMAGNÉTICA: TRANQUILA Alta: 4 % Moderada: 4 % Tranquila: 92 %				ACTIVIDAD SOLAR: MODERADA Alta: 30 % Moderada: 70 % Baja: 0 %	

Tormentas geomagnéticas

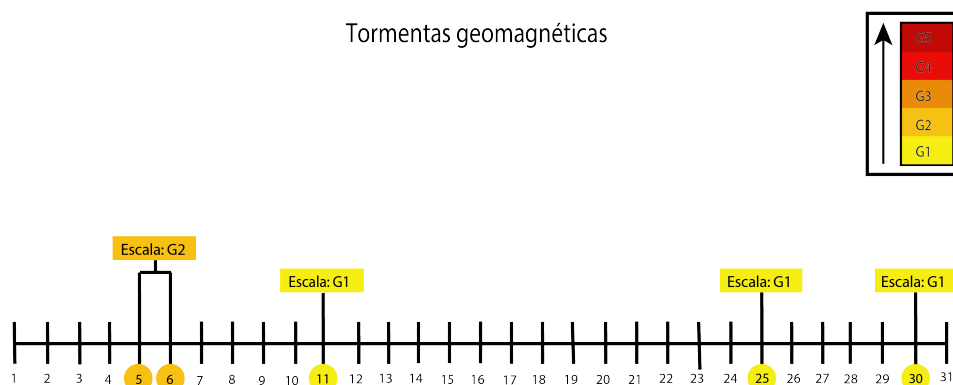


Figura 2. Intensidad de las tormentas geomagnéticas del mes de junio.

¿SABÍAS QUÉ?

Las señales de los Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS) son cada vez más utilizadas para proporcionar servicios de posicionamiento, navegación y sincronización. Sin embargo, la precisión y disponibilidad de estas señales no solo pueden verse afectadas por el clima espacial. Además de fenómenos ionosféricos, como la F dispersa, existen otros factores que pueden degradar su desempeño, entre ellos el **jamming** y el **spoofing**. El **jamming** consiste en transmitir señales de radio en las mismas frecuencias utilizadas por los sistemas GNSS, impidiendo que los receptores reciban correctamente las señales provenientes de los satélites y afectando así la determinación de su posición. El **spoofing**, por su parte, consiste en transmitir señales GNSS falsas con el propósito de engañar al receptor, haciendo que calcule una posición o un tiempo incorrectos sin que necesariamente detecte la interferencia. Si desea obtener más información sobre este tipo de interferencias y sus posibles consecuencias en la navegación aérea, puede consultar el boletín **SIB 2022-02R4: Global Navigation Satellite System Outage**

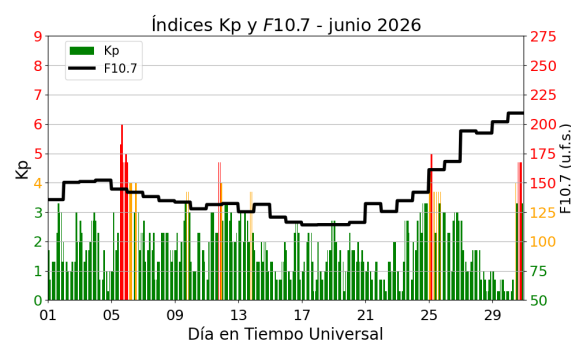
and Alterations Leading to Communication / Navigation / Surveillance Degradation[1], el cual describe sus causas, efectos y recomendaciones para la operación aeronáutica.



Figura 3. Diagrama de ataque o interferencia de tipo spoofing a señales GNSS (especificado por GPS en el diagrama).

1. Climatología del mes

La actividad geomagnética (índice Kp[2]) fue predominantemente tranquila durante el 92 % del tiempo, moderada el 4 % y alta el 4 %; por otro lado, la actividad solar (índice F10.7[3]) fue alta el 30 % del tiempo y moderada el 70 % (Figura 4 y Tabla 1). Asimismo, estudios previos han demostrado una fuerte relación entre la variabilidad diaria y estacional de la componente horizontal del campo geomagnético (H)[4], lo cual es consistente con lo observado en nuestras mediciones.

Figura 4. Valores de los índices Kp y F10.7 cm (u.f.s. = $10^{-22} \text{Wm}^{-2} \text{Hz}^{-1}$) para el mes de junio. Extraídos de OMNIWeb.

Para los meses cercanos al solsticio de junio (mayo, junio, julio), en un régimen de actividad solar moderada o alta, se espera que la ocurrencia de F-Dispersa sea baja en el intervalo previo a la medianoche[5]. Las mediciones mostraron concordancia con la climatología esperada.

Asimismo, la climatología de junio para un régimen de actividad solar moderada descrita por el modelo de Scherliess-Fejer, indica que el promedio en altura (300-400 km) de las derivas verticales de plasma alcanza valores cercanos a los -20 m/s pasada la medianoche, y su valor se incrementa progresivamente hasta aproximadamente 18 m/s hacia las 11:00 horas, para luego disminuir hasta 7 m/s alrededor de las 16:00 horas. Más tarde se observa un incremento asociado al fenómeno de pre-reversal enhancement[6], alcanzando valores cercanos a los 8 m/s alrededor de las 18:00 horas, para finalmente decrecer nuevamente hasta valores cercanos a los -21 m/s antes de la medianoche, tal y como se detalla en la curva negra de la Figura 7. En general, los valores observados presentan concordancia moderada con la climatología. La diferencia entre las mediciones es de algunas unidades durante todo el día, con una mejor concordancia en el intervalo desde las 00:00 hasta las 15:00.

Estudios climatológicos indican que en los meses cercanos al solsticio de junio los ecos de 150 km aparecen alrededor de las 09:00 horas, y desaparecen cerca a las 16:00 horas distribuyéndose típicamente entre los 140 km y los 165 km de altura. En el presente periodo, se observa que la altura máxima de aparición excede en aproximadamente 10 km el valor esperado mientras que la altura mínima de aparición coincide con la climatología. Además, estas irregularidades se presentan casi una hora antes de lo esperado, coincidiendo en la hora de desaparición (Figura 7).

2. Tormentas geomagnéticas

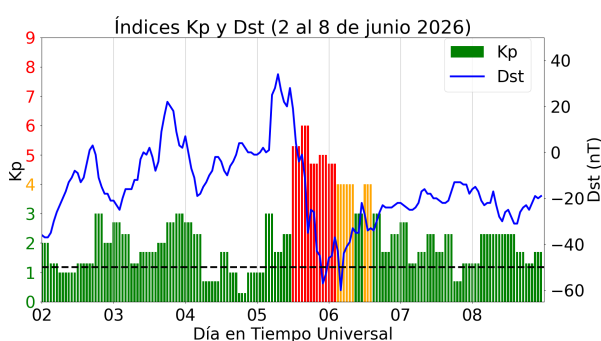


Figura 5. Índices geomagnéticos Kp y Dst del 2 al 8 de junio. La línea horizontal negra representa el valor de Dst igual a -50 nT.

La actividad solar moderada a alta se manifestó en la ocurrencia de 4 tormentas geomagnéticas, registradas los días 05-06, 11, 25 y 30 de junio, la primera de intensidad G2 y las demás de intensidad G1 (ver Figura 2). Las tormentas fueron producidas por el arribo de vientos solares rápidos [7][8][9][10]. Las tormentas produjeron variaciones en el índice Dst, el cual disminuyó hasta -57 nT el día 05 de junio a las 17:50 horas (22:50 UTC), hasta -60 nT el día 5 de junio a las 11:20 horas (04:40 UTC del día siguiente), hasta -30 nT el día 24 de junio a las 23:50 horas (4:50 UTC del día siguiente), y hasta -6 nT el día 29 de junio a las 9:07 horas (14:07 UTC). El efecto de la tormenta de los días 05-06 se muestra en la Figura 5.

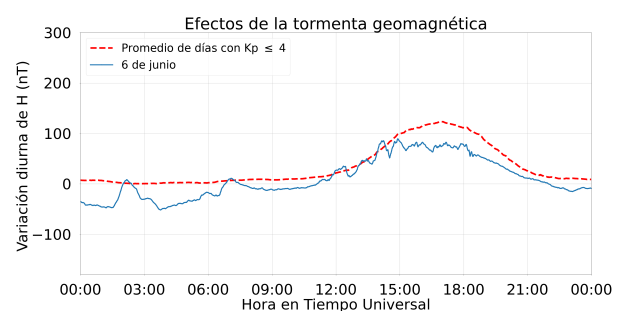


Figura 6. Efectos de las dos tormentas geomagnéticas G2 sobre la variación diurna de H en la estación geomagnética de Jicamarca, ocurridas del 5 al 6 junio del 2026.

La tormenta geomagnética de tipo G2 ocurrida el 05 al 06 produjo perturbaciones significativas en las mediciones de la variación diurna de la componente horizontal del campo magnético terrestre (H) en la estación de Jicamarca (Figura 6). En comparación con el promedio de días tranquilos (curva roja), se observaron desviaciones notables en las mediciones. En particular, se registró un valor máximo de 269 nT a las 11:24 horas (16:24 horas UTC) y un valor mínimo de -57 nT a las 17:27 horas del 06 de junio (22:27 horas UTC).

3. Observaciones de la alta atmósfera con radares

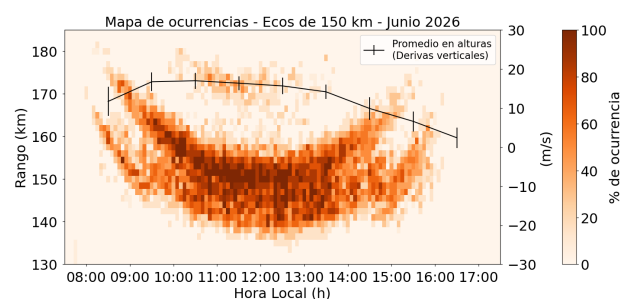


Figura 7. Mapa de ocurrencias de los ecos de 150 km y el promedio en alturas de sus derivas verticales durante los días geomagnéticamente tranquilos.

Se monitoreó el comportamiento de las derivas verticales y la ocurrencia de los ecos de 150 km por 8 días durante el mes, todos ellos geomagnéticamente tranquilos, utilizando el modo JULIA-MP, en la región de transición entre las capas E y F. En la [Figura 7](#) se observa que los ecos aparecen alrededor de las 08:00 horas y desaparecen cerca de las 16:00 horas, y están distribuidos entre los 140 km y los 175 km de altura. Estos resultados muestran una concordancia moderada con las predicciones climatológicas (obtenidas con el modo JULIA[11]), dado que el inicio de los ecos de 150 km ocurre alrededor de una hora antes de lo esperado, mientras que hay una mejor coincidencia en la hora a la que desaparecen. Además, la altura máxima de ocurrencia excede en aproximadamente 10 km lo esperado.

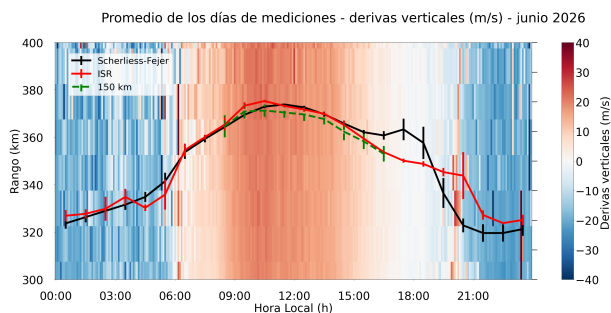


Figura 8. Promedio de las derivas verticales ISR para los días geomagnéticamente tranquilos de junio. La curva roja representa el promedio en alturas entre los 300 km y 400 km y la curva negra, las predicciones del modelo de Scherliess-Fejer.

En relación con las derivas verticales de plasma, se realizaron mediciones durante 19 días geomagnéticamente tranquilos (9 días completos y 10 días únicamente durante la noche) en el rango de 300 a 400 km, utilizando el radar principal del Observatorio Geofísico del Jicamarca (OGJ) en el modo JULIA-MP. Las observaciones indican que después de medianoche las derivas de plasma presentan valores cercanos a -18 m/s (movimiento descendente), cuya magnitud disminuye progresivamente hasta invertir su dirección (movimiento ascendente) alrededor de las 06:00 horas. Posteriormente, alcanzan velocidades cercanas a 20 m/s hacia las 10:00 horas. Finalmente, cabe mencionar que para los datos de este mes en promedio no se observó el fenómeno conocido como pre-reversal enhancement (PRE)[6]([Figura 8](#)). Las estimaciones del modelo de Scherliess-Fejer muestran una concordancia moderada con las observaciones. En el modelo, pasada la medianoche, la magnitud de las derivas disminuye progresivamente hasta alcanzar valores positivos; sin embargo, en las observaciones se evidencia un incremento abrupto alrededor de las 06:00 horas. Finalmente, se encontró que las derivas diurnas obtenidas mediante ISR difieren en promedio

en 1.68 m/s respecto a aquellas asociadas a los ecos de 150 km. Además, se puede observar que el modelo predice la existencia de PRE, pero como se mencionó en el punto anterior, esta no se observa en las mediciones de este mes.

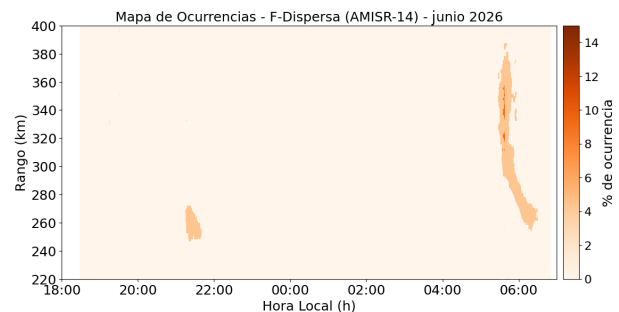


Figura 9. Mapa de ocurrencias de F-Dispersa con el radar AMISR-14 para el mes de junio.

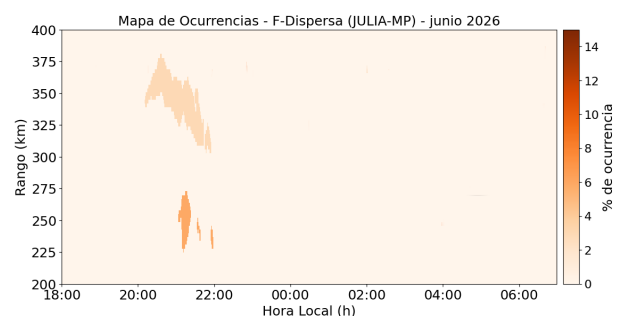


Figura 10. Mapa de ocurrencias de F-Dispersa con el radar principal en su modo JULIA-MP.

Asimismo, se realizaron 24 noches de mediciones con el sistema de radar AMISR-14[16] durante condiciones geomagnéticamente tranquilas. Durante este periodo se identificó una irregularidad de tipo bottom-type en la capa F, distribuida entre los 240 y 280 km de altura, previo a la medianoche, además de una irregularidad tipo post-midnight, distribuida entre los 220 y los 380 km, que se dio entre las 05:00 y 06:00 horas. La morfología de los ecos en promedio se muestra en la [Figura 9](#).

Por otro lado, el radar principal operado en modo JULIA-MP funcionó durante 18 noches. Durante dicho periodo, se observó una irregularidad previa a la medianoche y a una altura similar a la observada por AMISR-14. Resulta peculiar la baja presencia de irregularidades observadas en el mes de Junio. Estas observaciones se respaldan por los estudios mostrados en [12], donde concluye que las irregularidades se forman menos en el mes de Junio. Agregar que, ambos sistemas funcionaron en diferentes días, no cubriendo la totalidad de los días del mes y operan a diferente frecuencia (A 445 MHz y 50MHz para AMISR-14 y JULIA-MP respectivamente).

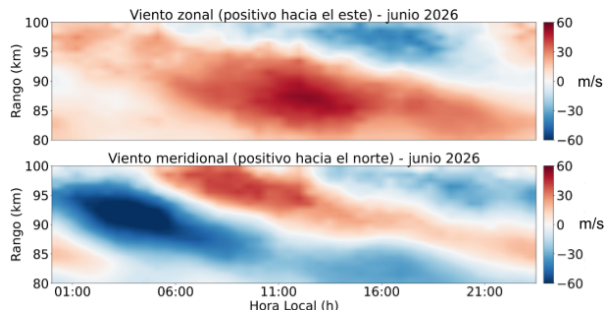


Figura 11. Promedio de los vientos zonales y meridionales durante el mes de junio del 2026.

El promedio en tiempo y altura de los vientos zonales y meridionales para el mes de junio, como se aprecia en la Figura 11, muestra periodos predominantes de 24 horas (marea solar diurna). En la mesopausa (~ 90 km) se observa que el valor del viento zonal promedio máximo fue de $+49.8$ m/s a las 12:00 horas y el promedio mínimo de -2.6 m/s a las 23:00 horas, mientras que el valor del viento meridional promedio máximo fue de $+17.5$ m/s a las 15:00 horas y el promedio mínimo de -61.8 m/s a las 05:00 horas. El viento zonal máximo fue de $+118.2$ m/s a las 16:15 horas del día 10 de junio y el mínimo -140.9 m/s a las 21:15 horas del día 21 de junio, mientras que el viento meridional máximo fue $+92.6$ m/s a las 18:45 horas del día 30 de junio y el mínimo -138.4 m/s a las 06:45 horas del día 29 de junio.

4. Observaciones con la red de instrumentos LISN

Los valores de la amplitud de las cintilaciones GNSS (índice S4) de las estaciones de Iquitos, Piura, Jaén, San Bartolomé, Jicamarca, Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Huancayo, Ayacucho y Tacna se muestran en la Figura 12. Se observaron valores moderados de S4 solo en algunos rangos de horas previo a la medianoche y solo en algunas estaciones. La mayor actividad del mes ($S4_{\text{máx}}=0.54$) se registró en la estación de la universidad católica el día 4 alrededor de las 22:30 horas.

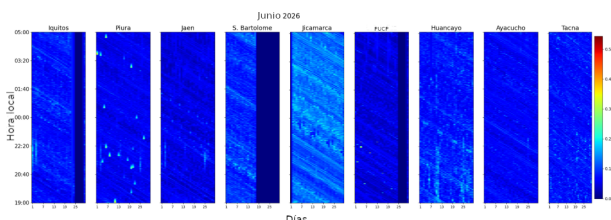


Figura 12. Valores diarios máximos de S4 para las estaciones de Iquitos, Piura, Jaén, San Bartolomé, Jicamarca, PUCP, Huancayo, Ayacucho y Tacna durante el mes de junio.

Las mediciones de la variación diurna de la componente horizontal del campo geomagnético

(H) obtenidas en las estaciones magnéticas del OGJ durante los días geomagnéticamente tranquilos se presentan en la Figura 13. Se observa que los promedios correspondientes a las estaciones de Jicamarca y Huancayo son mayores que los de otras estaciones lo cual se explica por su ubicación cercana al ecuador magnético, donde la contribución del electrochorro ecuatorial (EEJ) intensifica la componente horizontal del campo magnético. Asimismo, se evidencia una marcada variabilidad diaria, principalmente alrededor de las 11:00 horas (16:00 horas UTC). Los valores máximos de variación promedio mensual de H para cada estación fueron: Piura, 64 nT; Huancayo, 112 nT; Jicamarca, 116 nT y Arequipa, 67 nT.

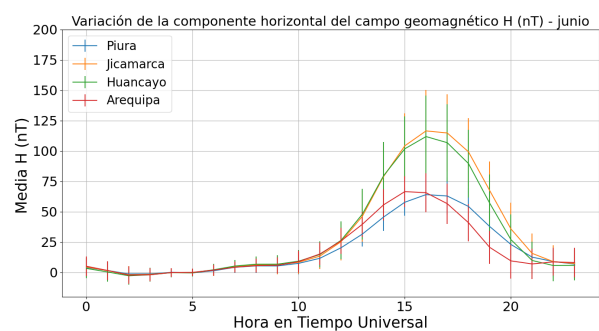


Figura 13. Valores del promedio horario de la variación diurna de H para todas las estaciones magnéticas operativas durante los días geomagnéticamente tranquilos del mes de junio.

5. Conclusiones

- El día 5 de junio el movimiento del plasma fue perturbado, especialmente cerca al mediodía, debido a la tormenta geomagnética de intensidad G2.
- La ocurrencia de F-Dispersa detectada por el radar principal disminuyó respecto al mes pasado y a los anteriores, en concordancia con el comportamiento climatológico esperado en el mes de junio.
- Las amplitudes del índice S4 evidencian que antes de la medianoche la actividad de cintilaciones fue débil durante la mayoría de días en todas las estaciones. Esto se correlaciona con la baja ocurrencia de F-Dispersa observada con los sistemas AMISR-14, JULIA-MP y con lo esperado por la climatología.

6. Referencias

- [1] European Union Aviation Safety Agency, "Global navigation satellite system outage and alterations leading to communication/navigation/surveillance

- degradation," European Union Aviation Safety Agency, Safety Information Bulletin SIB No. 2022-02R4, Jul. 2026. [Online]. Available: https://ad.easa.europa.eu/blob/EASA_SIB_2022_02R4_C1.pdf/SIB_2022-02R4_1
- [2] "The Kp-index | Help," Oct 2020, Accessed on: Feb. 01, 2023. [Online]. Available: <https://www.spaceweatherlive.com/en/help/the-kp-index.html>
- [3] "F10.7 cm Radio Emissions | NOAA / NWS Space Weather Prediction Center," Jul 2020, Accessed on: Feb. 01, 2023. [Online]. Available: <https://www.swpc.noaa.gov/phenomena/f107-cm-radio-emissions>
- [4] I. Adimula, K. Gidado, and S. Bello, "Variability of horizontal magnetic field intensity from some stations within the equatorial electrojet belt," *Physical Science International Journal*, vol. 13, pp. 1–8, 01 2017.
- [5] W. Zhan, F. S. Rodrigues, and M. A. Milla, "On the genesis of postmidnight equatorial spread F: Results for the American/Peruvian sector," *Geophysical Research Letters*, vol. 45, no. 15, pp. 7354–7361, 2018.
- [6] J. V. Eccles, J. P. St. Maurice, and R. W. Schunk, "Mechanisms underlying the pre-reversal enhancement of the vertical plasma drift in the low-latitude ionosphere." *J. Geophys. Res. Space Physics*, vol. 120, p. 4950– 4970, 2015.
- [7] "Strong Geomagnetic Storm (G3) Watch In Effect for 04-05 June (UTC)." [Online]. Available: <https://www.spaceweather.gov/news/strong-geomagnetic-storm-g3-watch-effect-04-05-june-utc>
- [8] "Geomagnetic forecast for June 10–15, 2026: no major storms, but some fluctuations." [Online]. Available: <https://magnitca.com/en/news/geomagnetic-forecast-for-june-10-15-2026-no-major-storms-but-some-fluctuations>
- [9] "G2 (Moderate) Geomagnetic Storming Likely 25 Jun." [Online]. Available: <https://www.spaceweather.gov/news/g2-moderate-geomagnetic-storming-likely-25-jun>
- [10] "Sun Releases Strong Flare." [Online]. Available: <https://science.nasa.gov/blogs/solar-cycle-25/2026/06/30/sun-releases-strong-flare-11/>
- [11] J. Chau and E. Kudeki, "Statistics of 150-km echoes over jicamarca based on low-power vhf observations," in *Annales Geophysicae*, vol. 24, no. 5. Copernicus GmbH, 2006, pp. 1305–1310.
- [12] Hysell, D. L. and Burcham J. D., "Long term studies of equatorial spread F using the JULIA radar at Jicamarca."

Elaborado por:

Mag. André Florentino Collado
Ing. Armando Castro Chaupis

Diseño y diagramación:

Bach. Anette De la Cruz Meza

Colaboradores:

Mag. César De la Jara Sánchez
Mag. Karim Kuyeng Ruiz

Contacto:

roj@igp.gob.pe