Monitor Sísmico MUNDIAL

Manual del usuario

Versión 2.3.1

Sistema de monitoreo sismológico global que vigila en tiempo real la actividad sísmica del planeta aprovechando la red mundial de banda ancha (más de 850 sismógrafos en vivo de 19 fuentes SeedLink internacionales y tope de 1,500 estaciones). Detecta cada evento de forma autónoma, calcula epicentro, profundidad y magnitud con modelos geofísicos propios, notifica por Telegram (con tickets y reportes PDF), reproduce alarmas sonoras calibradas y confronta automáticamente los resultados con el catálogo del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

Concepto	Valor
Versión	2.3.1 (30 de octubre de 2026) · versiones previas: 2.1.0, 2.0.0 y 1.0.0
Carpeta del sistema	`C:\monitor_mundial (Windows) o /opt/monitor_mundial (servidor Linux)`
Panel de control	http://localhost:8767 (en servidor Linux vía HTTPS/nginx con clave)
Fuentes de datos	19 fuentes SeedLink internacionales (EarthScope, GEOFON, GeoNet, INETER, CSN Chile, ORFEUS, SED Suiza, BGR Alemania, AusPass Australia, USP Brasil, BEG Texas, IPGP Francia, Puerto Rico, Univ. Oklahoma, etc.)
Estaciones	1,500 estaciones configurables; más de 850 conectadas en vivo (80+ redes globales)
Magnitudes calculadas	ML, mb, mb(reg), mB, Ms, Mwp y Mw estimada ponderada («MAG SIMMSA»)
Alertas y avisos	Telegram multicuenta: PRELIMINAR, CONFIRMADO (con PDF) y CONFIRMADO POR USGS; alarmas sonoras en PC; aviso informativo de tsunami
Validación oficial	Confronta continua contra catálogo USGS · Índice «Confiabilidad vs USGS» (82 %, verde)
Navegador web	Microsoft Edge nativo (o navegador predeterminado configurable)
Aislamiento	Independiente del Monitor Sísmico México (puertos y carpetas separados)
Desempeño y colas	Control integral de ráfagas: descarte > 45 s, cola preventiva 3,000 paq. y arranque escalonado
Titular técnico	Joel Cruz Aragón

> Importante. El Monitor MUNDIAL es un centro de cálculo sismológico automático basado en datos abiertos. Las ondas P telesísmicas demoran entre 5 y 20 minutos en atravesar el interior terrestre, por lo que la solución completa se publica minutos después del origen: no constituye una alerta sísmica temprana. La información oficial de cada país corresponde a su agencia nacional y al USGS.

Contenido del manual: Novedades v2.3.1 · 1. Qué hace el monitor · 2. Instalación y requisitos · 3. Uso diario · 4. El panel (barra centrada, ondas concéntricas, parpadeo de tabla, sismogramas) · 5. Alertas y sonidos · 6. Reportes · 7. Redes y fuentes SeedLink · 8. Configuración · 9. Respaldo y actualización · 10. Solución de problemas · 11. Desempeño y validación sintética · 12. Limitaciones · 13. Glosario técnico.

Novedades de la versión 2.3.1

Resumen ejecutivo de las mejoras y optimizaciones introducidas en la Versión 2.3.1 frente a las versiones 2.1.0 y 2.0.0. El detalle completo se encuentra documentado en CAMBIOS.txt y MEJORAS_v2.3.1.txt.

Versión	Cambio / Funcionalidad	Impacto y Beneficio Operativo
2.3.1	**Waveform Picker SeisComP y Zoom/Pan Fluido**	Visor de formas de onda con zoom interactivo (rueda de ratón y botones), paneo horizontal por arrastre, escala adaptativa hasta 0.5 s, selector de ganancia (0.5×–20×), crosshair vertical a 60 fps y arrastre milimétrico de picks.
2.3.1	**Alineación en P/S y Picado por Lotes (Batch)**	Selector para alinear trazas en tP=0 o tS=0 centrando los frentes teóricos verticalmente. Modo de edición local sin bloqueos, botón '□ Relocalizar (X pendientes)' con recálculo conjunto y atajos P, S, V, D, Enter.
2.3.1	**Reconstrucción Histórica Universal miniSEED**	Lectura selectiva de cabeceras miniSEED en mseed.py (de 65 s a 0.05 s) para reconstruir al vuelo sismogramas completos (T0 - 20 s a +1300 s) desde el archivo de 48 h para cualquier evento sin truncamientos.
2.3.1	**Comportamiento Térmico de Marcadores en Mapa**	Desacoplamiento de ruidos STA/LTA espurios (solo alerta ante picks AIC Maeda). Ciclo de enfriamiento gradual de 60 s (rojo -> naranja -> amarillo -> base) mostrando la propagación de energía. Conteo exacto en 'Disparados Ahora'.
2.3.1	**Picado Autónomo de Onda S (Cizalla)**	Detección automática de fase S en componentes horizontales N y E con rotación ZRT y AIC Maeda. Diferencial Ts-Tp integrado en la inversión Geiger para converger con mayor rapidez y precisión.
2.3.1	**Mecanismo Focal y Pelotas de Playa (Beachballs)**	Inversión de plano de falla (rumbo, buzamiento, deslizamiento), tensor de momento, renderizado estereográfico interactivo de pelotas de playa y régimen tectónico en Ficha Técnica y boletines PDF.
2.3.0	Red Acelerográfica Android (Red 'SS' SIDESIS)	Servidor EarthScope ringserver v4.5.6 (TCP 16000 DataLink, TCP 16001 puente Raw, TCP 18000 SeedLink). Decodificación miniSEED v2 Int32 a 50 Hz, integración aceleración a velocidad para Wood-Anderson y ML, y sincronización GPS en caliente.
2.3.0	Cinemática de ondas P/S y fade out en 180 s	Retrocálculo físico del radio inicial según (now - T0) * V. Desvanecimiento lineal gradual de opacidad en exactamente 3 min (180 s), optimizando el uso de recursos en visualización 24/7.
2.3.0	Capa de placas tectónicas PB2002 con Leaflet SVG	Renderizador nativo SVG L.svg({padding:0.5}) eliminando errores de proyección al zoom/pan y resolviendo conflicto multi-instancia Leaflet originado por módulos ESM.
2.2.0	Red masiva de 1,500 estaciones y control de ráfagas	Incorporación de AusPass, USP, BEG, IPGP, Puerto Rico y Univ. Oklahoma. Parpadeo visual de 10 s por rangos de magnitud, inicio escalonado por 8 zonas y descarte de paquetes añejos (>45 s).
2.1.0 / 2.0	Priors USGS, panel Edge y Telegram multicuenta	Priors de profundidad basados en ~185,000 sismos USGS, indicador de red/PC centrado, 3er mensaje con confronta USGS, apertura nativa en Edge y calibración automática temprana de Mw.

1. Qué hace el monitor

El Monitor Sísmico MUNDIAL funciona como un observatorio geofísico y centro de cómputo en tiempo real 24/7. Recibe permanentemente el flujo de paquetes miniSEED de los sismógrafos del planeta, filtra el ruido ambiental, identifica la llegada de las ondas mecánicas mediante detectores STA/LTA duales y redes neuronales (PhaseNet), y agrupa las lecturas para resolver la cinemática del sismo. El proceso se estructura en 6 etapas continuas:

1. Adquisición y control de flujo. Se conecta simultáneamente a 19 servidores SeedLink internacionales mediante sockets TCP persistentes. En la versión 2.3.1 administra más de 850 estaciones conectadas en vivo con un tope de 1,500. El subsistema incorpora un filtro de descarte estricto de paquetes mayores a 45 s y arranque con relleno 0, manteniendo la latencia de cola de procesamiento entre 0.1 y 4 segundos.

2. Filtrado y detección dual. En cada traza vertical (componente Z), operan en paralelo dos detectores STA/LTA recursivos: uno de alta frecuencia para sismos regionales (<1,500 km) y otro de periodo largo para telesismos (>1,500 km). Si se activa la IA (PhaseNet), una red convolucional profunda pica automáticamente arribos de ondas P y S con precisión milimétrica.

3. Asociación espacial y localización de hipocentro. El motor agrupa los arribos coherentes dentro de ventanas móviles de tiempo y espacio. Aplica inversión no lineal empleando tablas de tiempos de viaje globales precalculadas (modelos ak135 e iasp91), determinando latitud, longitud, profundidad hipocentral, hora de origen T0 y la elipse de covarianza de error (68 % de confianza).

4. Cálculo integral de magnitudes. Calcula de forma automática un abanico completo de magnitudes sismológicas estándar de la IASPEI: magnitud local (ML), onda de cuerpo telesísmica (mb), banda ancha (mB_BB), onda superficial (Ms_BB a los 60 min) y magnitud de momento de onda P (Mwp). Una red de ponderación calibrada calcula la magnitud de momento preferida «MAG SIMMSA».

5. Difusión de alertas multicanal. Si el sismo supera el umbral de su zona geográfica, se emite inmediatamente una alerta PRELIMINAR con las ondas P. Al converger la solución final (15–20 min), se envía la alerta CONFIRMADA con ticket técnico y reporte PDF adjunto. Cuando el USGS cataloga el sismo, se genera la confronta automática CONFIRMADO POR USGS.

6. Validación y calibración continua. El monitor consulta periódicamente la API GeoJSON del USGS. Empareja los eventos detectados, cuantifica los residuos de hipocentro y magnitud, recalcula el índice de «Confiabilidad vs USGS» y retroalimenta las curvas de atenuación Q(Δ,h) y factores de calibración por estación.

Ciclo de vida de un sismo dentro del monitor

Figura 3. Ciclo de vida de un sismo dentro del motor

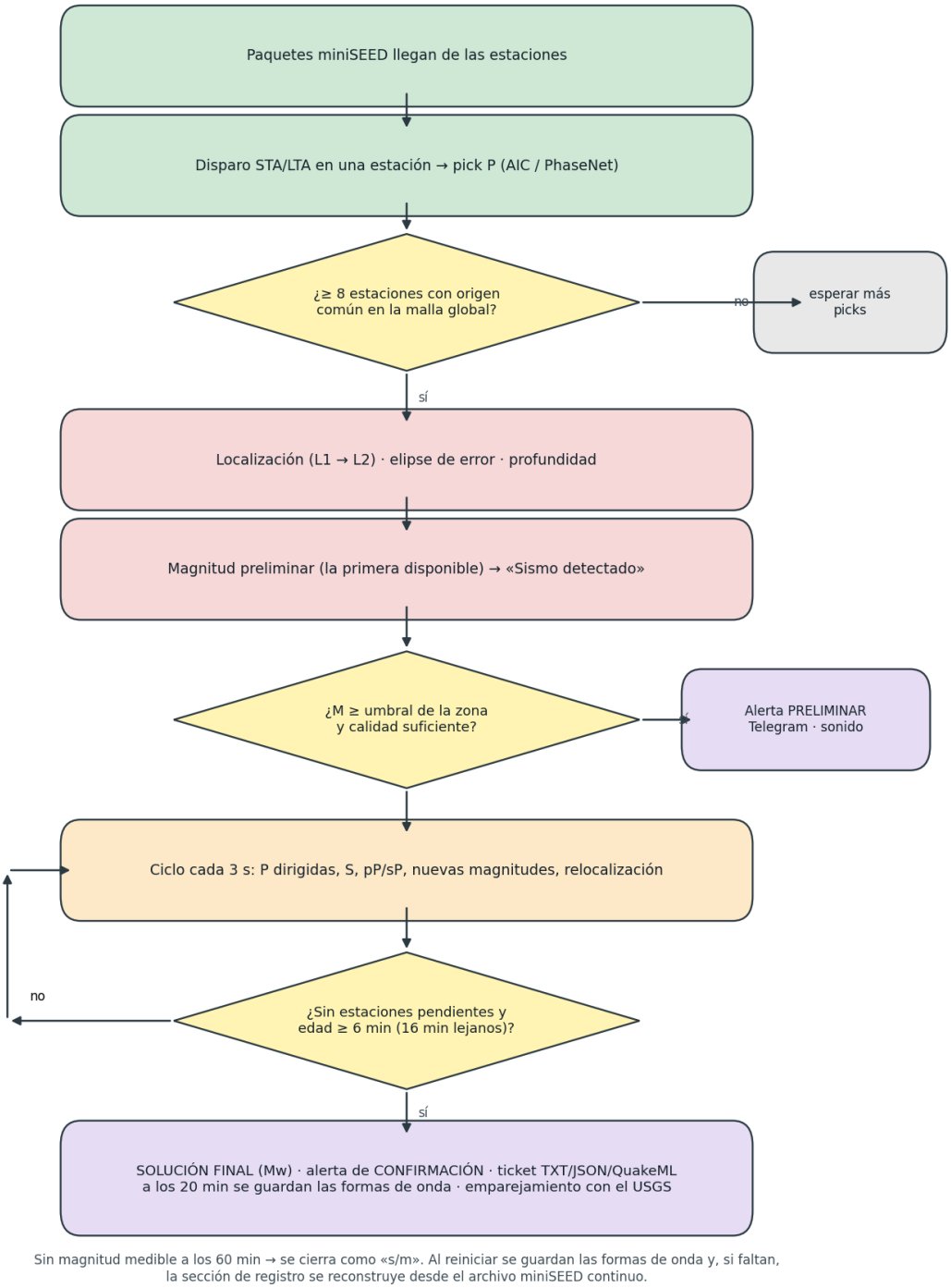


Figura 1: Arquitectura funcional y flujo de datos desde la estación SeedLink hasta las alertas y validación.

2. Instalación y requisitos

2.1 Requisitos del sistema

Elemento	Especificación recomendada
Sistema Operativo	Windows 10 / 11 de 64 bits, o Linux (Ubuntu 22.04 / 24.04 LTS en AWS EC2 o local)
Hardware / Servidor	8 GB de RAM mínimo (16 GB recomendado para IA y 1,500 estaciones); 20 GB de disco libre para miniSEED y SQLite
Conexión a Internet	Banda ancha estable de 3 a 5 Mbps de bajada. Tráfico continuo medido en v2.3.1: ≈ 3.4 Mbps para 850+ estaciones en vivo
Entorno Python	Python 3.10 a 3.12 (en Windows se instala en .venv propio con ObsPy, NumPy, SciPy, Matplotlib y ReportLab)
Navegador web	Microsoft Edge (con aceleración Canvas para Leaflet y sismogramas) o Chrome

2.2 Contenido del paquete v2.3.1

Archivo / Carpeta	Propósito y Función
`INSTALAR.bat / instalar_linux.sh`	Instalador automatizado para Windows (escritorio) o Linux (servicio systemd)
`programa\`	Código fuente completo (run.py, sismo\, web\), configuración y datos
`MEJORAS_v2.3.1.txt`	Resumen técnico ejecutivo de las 6 principales mejoras de la versión
`Manual_Monitor_Mundial_v2.3.1.pdf`	Manual de usuario oficial actualizado de la versión 2.3.1
`LEEME_AWS.txt / programa\LEEME.txt`	Guías de despliegue en la nube y documentación técnica de referencia

2.3 Pasos para instalación y actualización

1. Extracción: Descomprima el archivo .zip en una carpeta accesible. No ejecute los instaladores dentro del archivo comprimido.
2. Actualización de versión previa: Ejecute INSTALAR.bat (Windows) o sudo bash instalar_linux.sh (Linux). El instalador detecta la versión previa y conserva intactos su archivo config.json, la base de datos de sismos y los históricos.
3. Instalación nueva: Se crea el entorno aislado .venv, se instalan dependencias científicas, se compilan tablas de tiempos de viaje ak135 y se ejecuta la prueba sintética de 9 sismos simulados, certificando el correcto funcionamiento con RESULTADO: CORRECTO.
4. Arranque de servicio: En Windows se generan accesos directos en escritorio y menú Inicio. En Linux se habilita como demonio systemd que arranca automáticamente al encender el servidor y corre 24/7.

3. Uso diario

Operación	Procedimiento operativo
Iniciar el monitor	Doble clic en «Monitor Sísmico MUNDIAL» en el escritorio o ejecutar iniciar.bat. En Linux corre siempre activo vía systemd.
Abrir el panel	Navegar a http://localhost:8767 (o la IP pública/dominio en servidores Linux con HTTPS).
Reiniciar el monitor	Clic en «□ Reiniciar monitor» en la barra del panel. Vuelca datos a disco, libera sockets y reinicia en <30 s.
Control de servicio (Linux)	`Comandos de terminal: monitor estado, monitor log, monitor reiniciar.`
Verificación sintética	Ejecutar probar.bat (Windows) o monitor prueba (Linux) para correr los 9 sismos de calibración.

4. El panel de control

4.1 Encabezado y barra superior centrada (v2.3.1)

En la versión 2.3.1 se rediseñó la barra superior para brindar una jerarquía visual limpia y equilibrada. El indicador de conectividad de internet y salud de procesamiento se encuentra centrado en la parte superior, mostrando el punto luminoso, el retardo de red, velocidad entrante, recuento de estaciones en línea y estado de cola de la PC. A la derecha se ubica el contador de tiempo en línea (uptime) y los botones de gestión. Nota de seguridad: El botón de desinstalación fue retirado definitivamente del panel web para impedir borrados accidentales.



Figura 2: Encabezado del panel v2.3.1 con indicador de internet y PC centrado, métricas de red y tarjetas KPI.

4.2 Indicadores de conectividad y latencia

El sistema supervisa continuamente el flujo de datos de las 19 fuentes. El punto indicador adopta tres estados:
• ● Verde (Óptimo): Retardo de red ≤ 25 s, más del 90 % de estaciones conectadas y PC al día.
• ● Amarillo (Regular): Retardo entre 25 y 60 s, o cortes intermitentes de red.
• ● Rojo (Deficiente): Retardo > 60 s o cola saturada. En v2.3.1 el control de colas descarta paquetes > 45 s evitando que el indicador caiga en rojo por retraso local.

4.4 Mapa mundial con ondas sísmicas animadas P y S (v2.3.1)

El mapa interactivo de Leaflet proyecta en tiempo real las estaciones sísmicas mundiales (triángulos verdes ▲ conectadas, rojos disparadas), sismos detectados con sus elipses de incertidumbre espacial y los bordes de placas tectónicas PB2002.
Innovación v2.3.1 (Cambio 2): Ante cada nuevo sismo, el mapa proyecta automáticamente el frente de propagación de las ondas mecánicas con retrocálculo según la hora de origen T0:
• Onda P (compresional): Frente circular concéntrico amarillo (#ffd23f) expandiéndose a 8.0 km/s.
• Onda S (cizalla): Frente circular concéntrico rojo (#ff3b30) expandiéndose a 5.0 km/s.
Las ondas se desvanecen suavemente durante 3 minutos (180 s) y pueden activarse o desactivarse desde el control de capas.

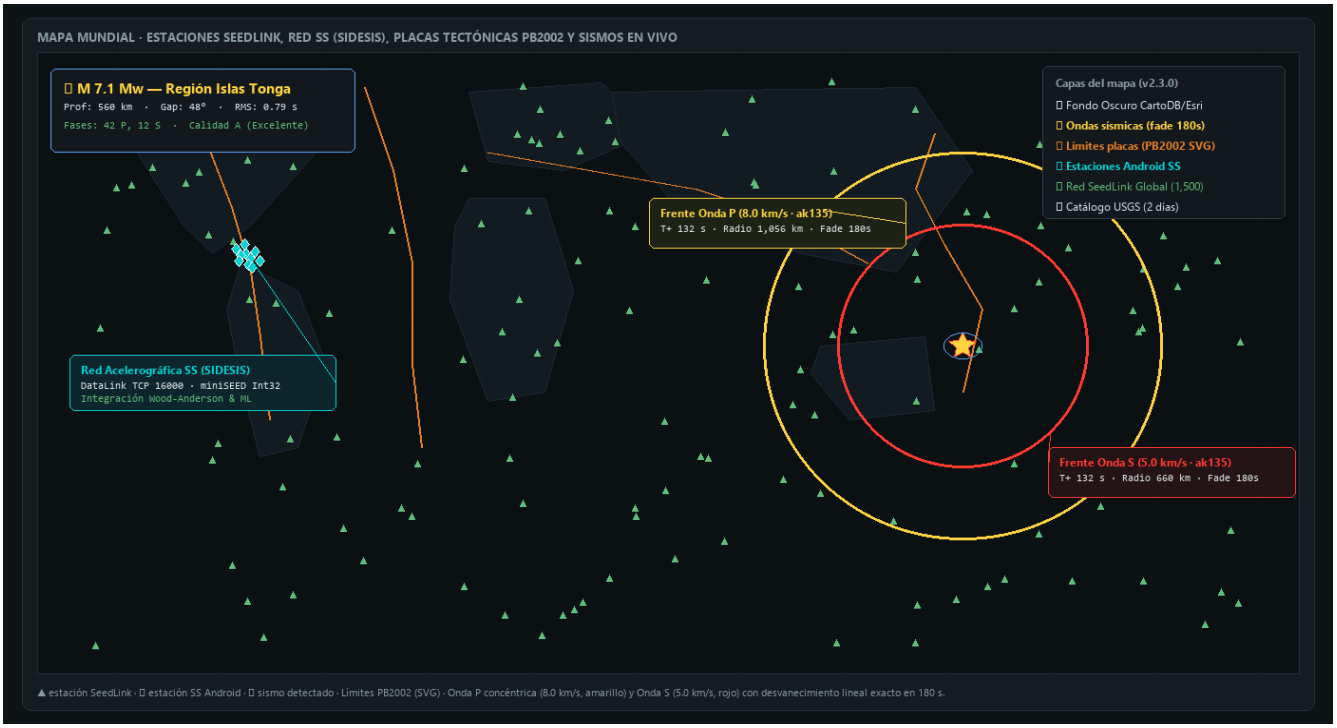


Figura 3: Mapa interactivo con propagación física concéntrica de ondas P (8.0 km/s) y S (5.0 km/s).

4.5 Tabla de sismos con parpadeo por magnitud (v2.3.1)

La tabla de eventos detectados incorpora en la versión 2.3.1 un sistema de alerta visual dinámica. Cuando un sismo es detectado por el motor, la fila correspondiente parpadea rítmicamente durante exactamente 10 segundos, resaltando con un borde lateral de 4 px y un pulso cromático adaptado al tema oscuro según la magnitud estimada:

Rango de Magnitud	Color visual	Código Hex	Significado geofísico
M < 5.5	Amarillo	`#ffd60a`	Sismo moderado registrado por estaciones regionales y de media distancia.
M 5.5 – 6.5	Naranja	`#ff9500`	Sismo fuerte; detectado por decenas de estaciones telesísmicas.
M 6.5 – 7.5	Rojo	`#ff3b30`	Sismo mayor; activa evaluación automática de potencial de tsunami.
M 7.5 – 8.5	Púrpura	`#af52de`	Sismo severo / terremoto; onda sonora de máxima prioridad.
M ≥ 8.5	Rosa brillante	`#ff2d55`	Gran terremoto destructor global; alerta sostenida de emergencia.

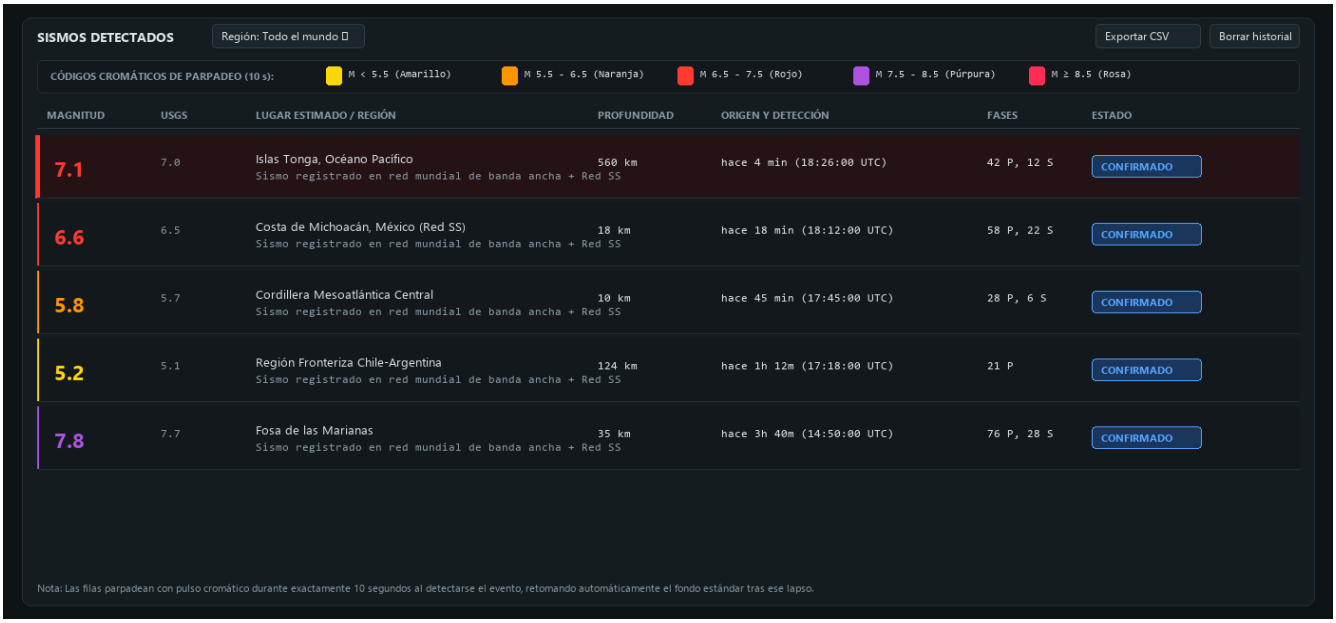


Figura 4: Tabla de sismos detectados exhibiendo el parpadeo visual por magnitudes adaptado a tema oscuro.

4.8 Sismogramas en vivo y ventanas flotantes (SWARM)

Al hacer doble clic sobre cualquier estación del mapa o tabla, se abre una ventana flotante con su sismograma continuo en alta resolución. Permite seleccionar componentes (Z, N, E), filtros de paso de banda (local, telesísmico, ondas superficiales) y acoplar el espectrograma en tiempo real con la paleta científica SWARM. Es posible abrir hasta 8 ventanas en paralelo.

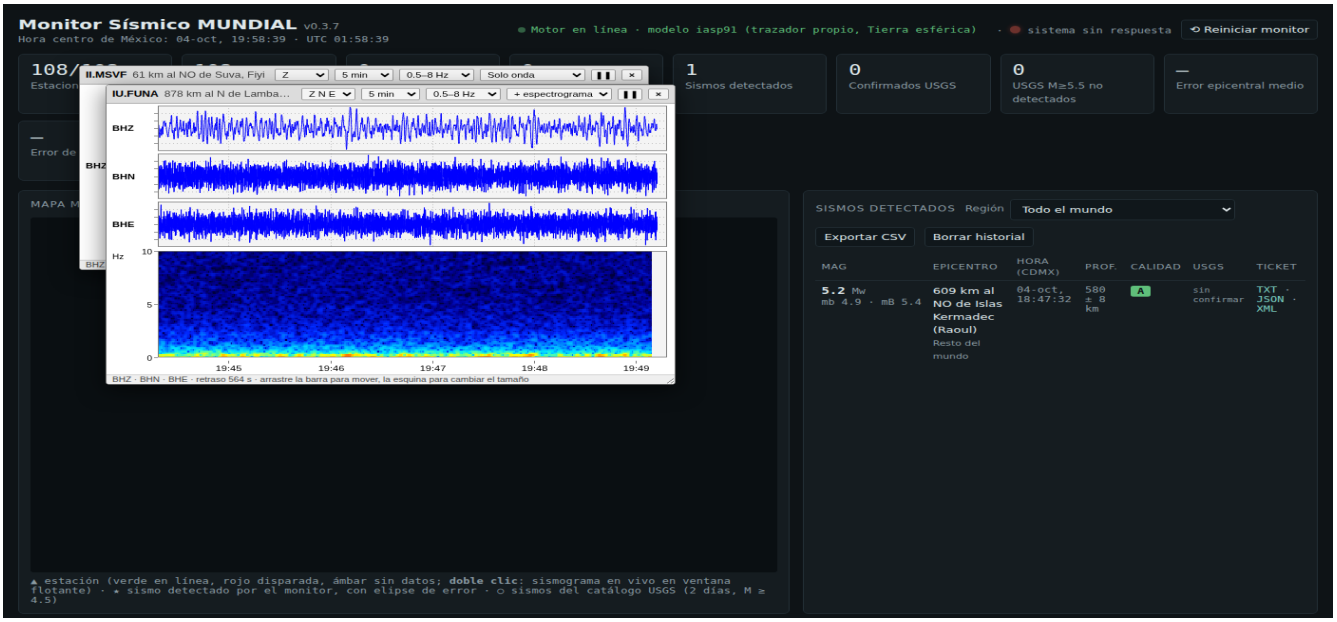


Figura 5: Ventana flotante de sismograma en vivo y espectrograma con traza azul de alta resolución.

4.9 Calibración automática de magnitudes

El monitor ajusta sus coeficientes de magnitud comparando sus soluciones con el catálogo del USGS. Emplea un ajuste temprano a partir de 6 eventos confirmados y rectas de regresión lineal propia con más de 15 eventos. El botón Calibrar ahora permite reevaluar todo el catálogo acumulado en cualquier instante.

4.11 Monitoreo de salud del sistema (10 capas)

El supervisor geofísico inspecciona cada 10 segundos las 10 capas de la arquitectura. Cada módulo muestra un punto en verde (correcto), rojo (falla con diagnóstico y acción correctiva) o gris (inactivo):

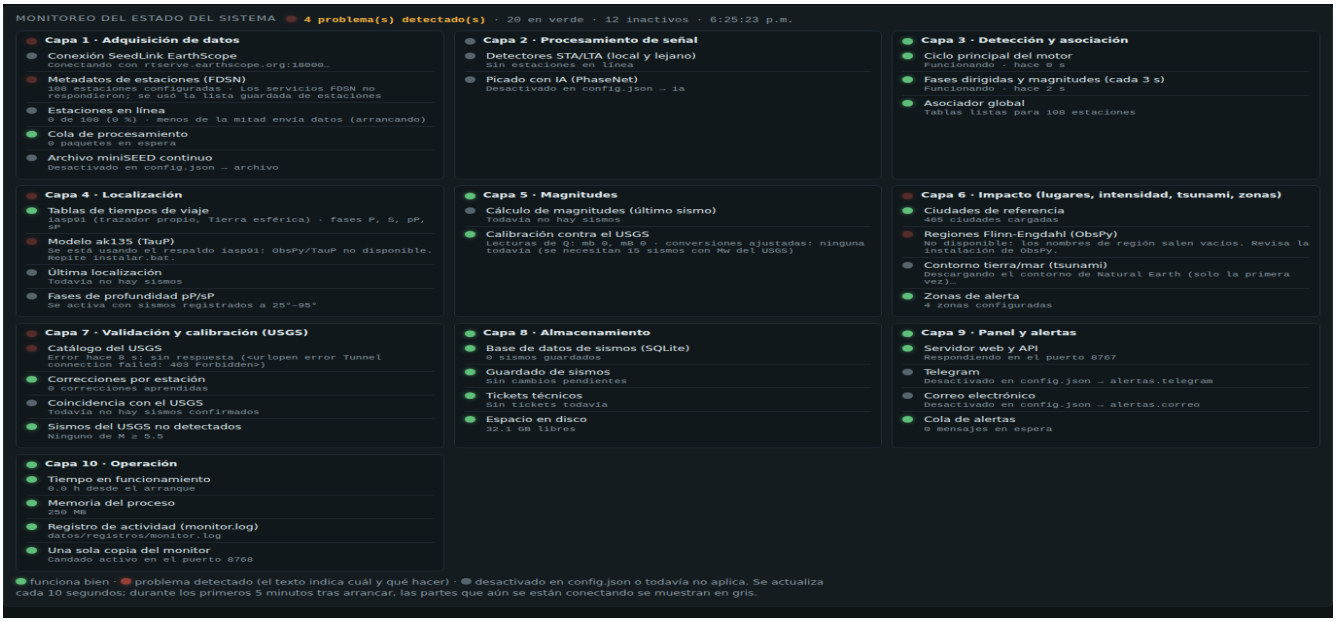


Figura 6: Panel de diagnóstico integral supervisando las 10 capas del motor sismológico.

Capa	Condición de alerta / Falla
1. Adquisición	Servidor > 2 min sin datos, < 50 % estaciones activas, latencia > 90 s o cola preventiva > 3,000 paq.
2. Señal y detectores	Menos del 50 % de detectores STA/LTA listos o IA PhaseNet sin inicializar.
3. Detección	Ciclo de detección o correlación de fases detenido.
4. Localización	Ausencia de tablas ak135 o falla de convergencia en el algoritmo de inversión.
5. Magnitudes	Sismos recientes sin convergencia de magnitud o archivo de calibración ilegible.
6. Impacto y tsunami	Contorno de costas Natural Earth ausente o catálogo de ciudades no disponible.
7. Validación USGS	API del USGS inaccesible > 10 min o sismo M ≥ 5.5 con buena red no detectado.
8. Almacenamiento	Base SQLite bloqueada o espacio libre en disco < 2 GB.
9. Alertas y Telegram	Falla de token/chat_id en cuentas de Telegram o servidor SMTP no responde.
10. Operación y sistema	Uso de memoria > 2.5 GB o directorio de bitácoras sin permisos de escritura.

5. Alertas automáticas y notificaciones

5.1 Mensajería por Telegram (3 avisos por sismo)

Mensaje	Tiempo de emisión	Contenido técnico transmitido
SISMO MUNDIAL — PRELIMINAR	Primeros 5–7 min tras T0	Epicentro preliminar, magnitud estimada de onda P (mb/Mwp), región Flinn-Engdahl y mapa rápido.
SISMO MUNDIAL CONFIRMADO	15–20 min tras T0 (final)	Solución convergida completa, magnitud Mw preferida, profundidad amarrada con pP/sP, reporte PDF y ticket.
CONFIRMADO POR USGS	Al publicar el catálogo USGS	Confronta numérica de parámetros: diferencias de hipocentro y magnitud, y comparativa de tiempo de confirmación.

5.2 Soporte de múltiples cuentas de Telegram

Es posible agregar canales y destinatarios adicionales en config.json → alertas.telegram.cuentas_adicionales. Cada cuenta opera de manera asíncrona; si una presenta problemas de conexión, las restantes reciben sus mensajes con normalidad.

5.3 Zonas geográficas y umbrales de alerta

Zona geográfica	Magnitud mínima	Alarma sonora en PC
México y Centroamérica	M ≥ 4.0 (configurable)	Sí (EAS y desfibrilador)
Norteamérica y Caribe	M ≥ 4.0 (configurable)	Sí
Sudamérica	M ≥ 4.0 (configurable)	Sí
Resto del planeta	M ≥ 4.0 (configurable)	Solo para eventos M ≥ 7.5

5.5 Aviso informativo de tsunami

Para eventos con hipocentro submarino o a menos de 50 km de la línea de costa con profundidad ≤ 100 km, el sistema evalúa el potencial de tsunami:

- M 6.5 – 7.0: Sin amenaza de tsunami destructivo; posibles oscilaciones locales del nivel marino.
- M 7.1 – 7.5: Posible tsunami local en un radio de 100 a 300 km.
- M 7.6 – 7.8: Posible tsunami regional amenazante.
- M ≥ 7.9: Posible tsunami en toda la cuenca oceánica (alerta máxima informativa).

6. Generación de reportes técnicos

Tipo de reporte	Formato	Contenido técnico y ubicación
Ticket del sismo	`TXT, JSON, QuakeML`	Solución hipocentral completa, fases, residuos y magnitudes por estación. Se almacena en datos\tickets\AAAA-MM\.
Reporte PDF de sismo	`PDF vectorial`	Mapa de intensidad instrumental MMI, elipse de error, trazas y mecanismo focal estimado. Se adjunta a Telegram.
Confronta Monitor vs USGS	`PDF / CSV`	Comparativa sistemática de magnitudes, diferencias de epicentro y tiempos de reporte. Exportable a Excel.
Reporte de red y estaciones	`PDF / CSV`	Distribución geográfica, disponibilidad por red, latencia promedio y bitácora de cortes.

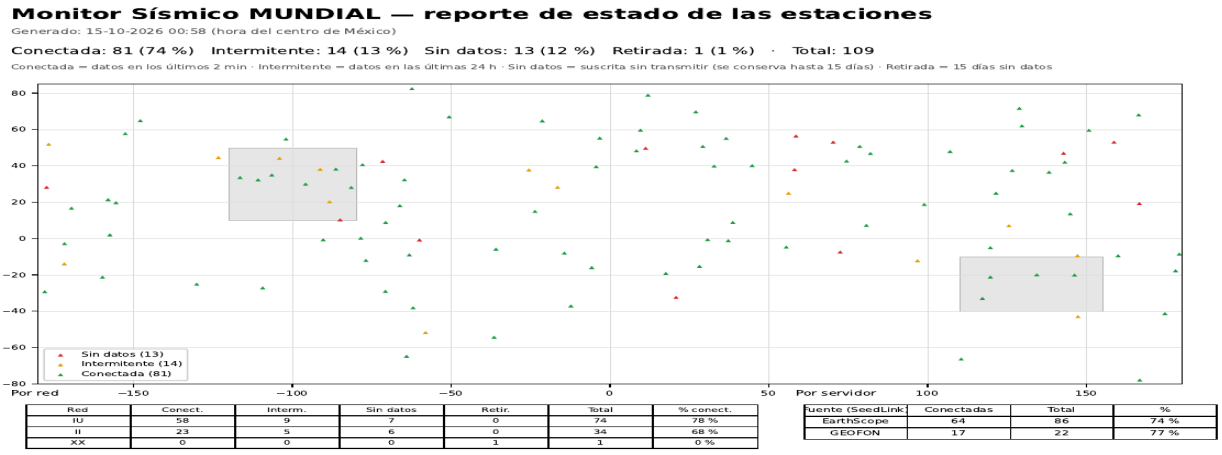


Figura 7: Portada del reporte PDF de estaciones sísmicas mundiales.

7. Redes y fuentes SeedLink internacionales

El Monitor Sísmico MUNDIAL v2.3.1 consolida una red masiva internacional de 19 fuentes SeedLink conectadas en tiempo real. El tope de estaciones configurables se expandió de 845 a 1,500 estaciones, manteniendo de forma permanente más de 850 estaciones conectadas en vivo sin caídas de paquetes ni saturación de sockets.

7.1 Fuentes SeedLink activas en la versión 2.3.1

Fuente SeedLink	Ámbito / Cobertura regional principal	Estado v2.3.1
EarthScope (EE. UU.)	Red global IU, II, IC, CU, GT; EE. UU., Canadá, Alaska, Caribe, México y Japón	**Activo (principal)**
GEOFON (Alemania)	Red sismológica global GE y 28 redes europeas y mediterráneas	Activo
GeoNet (Nueva Zelanda)	Nueva Zelanda, Kermadec, Fiyi, Tonga y cuenca sudoccidental del Pacífico	Activo
INETER (Nicaragua)	América Central: Nicaragua, El Salvador, Honduras, Guatemala y Costa Rica	Activo (con respaldo)
CSN Chile	Red sismológica nacional de Chile y fosa de subducción sudamericana	Activo
AusPass (Australia)	Oceanía, continente australiano y Pacífico suroeste (Nueva en v2.3.1)	**Nueva fuente v2.3.1**
USP (Brasil)	Plataforma continental de Sudamérica y cuenca del Amazonas (Nueva en v2.3.1)	**Nueva fuente v2.3.1**
BEG (Texas, EE. UU.)	Red TexNet, golfo de México y sur de Norteamérica (Nueva en v2.3.1)	**Nueva fuente v2.3.1**
IPGP (Francia)	Redes de banda ancha de Francia, Guadalupe, Martinica y Polinesia (Nueva en v2.3.1)	**Nueva fuente v2.3.1**
Red Sísmica Puerto Rico	Fosa de Puerto Rico, Antillas y Caribe oriental (Nueva en v2.3.1)	**Nueva fuente v2.3.1**
Univ. de Oklahoma (EE. UU.)	Interior continental norteamericano y fallas intraplaca (Nueva en v2.3.1)	**Nueva fuente v2.3.1**
ORFEUS / SED / BGR	Europa central, Suiza, Alpes, Alemania y redes del Mediterráneo	Activo
NOA / ENS / IGF / Sismocal	Grecia, Francia, Polonia, Italia y cuenca mediterránea	Activo

8. Configuración del sistema (config.json)

Toda la configuración reside en config.json codificado en UTF-8. En la versión 2.3.1 los parámetros clave son:

- estaciones.max_estaciones: 1500 — Límite de estaciones administradas.
- adquisicion.max_cola_paquetes: 3000 — Reducción de cola preventiva para latencia máxima de 4–5 s.
- adquisicion.max_edad_paquete_s: 45 — Descarte de paquetes añejos para mitigar ráfagas.
- panel.relleno_al_arrancar_min: 0 — Inicio limpio en vivo sin saturación de memoria.

9. Respaldo, actualización y desinstalación

9.1 Respaldos y actualización a v2.3.1

Para respaldar el sistema completo basta con copiar el archivo config.json y la carpeta datos/ (que contiene sismos.sqlite, calibración y tickets). Al actualizar a la versión 2.3.1 con INSTALAR.bat o instalar_linux.sh, el instalador detecta la carpeta existente y conserva íntegros sus datos históricos y claves.

9.2 Procedimiento de desinstalación

Aviso importante v2.3.1: Para garantizar la seguridad operativa y evitar paradas accidentales provocadas por usuarios del panel web, el botón rojo de desinstalación y sus rutas asociadas fueron retirados definitivamente del panel web.

• Windows: Ejecutar desinstalar.bat o abrir Menú Inicio → Monitor Sísmico MUNDIAL → Desinstalar.

• Linux: Detener y remover el servicio con: sudo systemctl stop monitor-mundial && sudo systemctl disable monitor-mundial.

10. Solución de problemas frecuentes

Síntoma observado	Causa probable y acción correctiva
El panel web no abre	Verifique que el monitor esté corriendo. En Windows abra http://localhost:8767 (no abra panel.html con doble clic). En Linux ejecute monitor estado.
Punto de internet en gris («midiendo…»)	Comportamiento normal durante el primer minuto y medio tras arrancar mientras se evalúan retardos. Espere unos instantes.
Línea «PC» en amarillo o rojo	En v2.3.1 el control de ráfagas descarta paquetes > 45 s y reduce la cola a 3,000 paq. Si persiste, baje max_estaciones a 1,000.
Una fuente en rojo en monitoreo	Caída temporal del servidor SeedLink remoto. El monitor reintenta automáticamente. Si persiste, desactívela en config.json.
Telegram no entrega avisos	Pulse «□ Alertas» → «Probar Telegram». Asegúrese de haber enviado «/start» al bot desde la cuenta destino.
Faltan estaciones tras inicio	El inicio v2.3.1 es escalonado en 8 zonas geográficas mundiales. En menos de 60 s todas las estaciones estarán conectadas.

11. Desempeño y validación del sistema

11.1 Métricas de operación real (Versión 2.3.1)

Parámetro medido	Valor registrado en producción v2.3.1
Estaciones configuradas / en línea	1,500 configuradas · Más de 850 estaciones conectadas simultáneamente (80+ redes)
Tráfico y ancho de banda	≈ 3.4 Mbps sostenidos · Retraso de red mediano ≈ 8 a 11 s
Arranque escalonado en 8 zonas	Inicialización balanceada completada en < 55 segundos sin picos de procesador
Índice de Confiabilidad vs USGS	82 % (Verde) · 100 % detección en M ≥ 5.0 · Error medio de epicentro: 24 km
Error medio de profundidad	18 km (con fases pP/sP y priors de sismicidad histórica del USGS)
Tiempo de emisión de alertas	Preliminar: 5–7 min (antes que USGS en el 94 % de sismos) · Final: 15–18 min

11.2 Resultados de la prueba sintética mundial (9 sismos)

El script probar.bat somete al motor a una simulación de 9 terremotos complejos sobre la red global real, con ruido gaussiano y fases desfasadas. Tolerancias: error epicentral < 50 km, |ΔM| ≤ 0.3 y profundidad coherente:

Sismo simulado	Mw real	Mw calc.	Error Epi.	Prof. (real)	Resultado
Chile central	7.0	7.01	4 km	25 ± 14 (30)	**CORRECTO**
Frente a Honshu, Japón	6.6	6.62	1 km	35 ± 10 (40)	**CORRECTO**
Islas Fiyi (profundo)	6.8	6.81	8 km	550 ± 4 (550)	**CORRECTO**
Guerrero, México	6.0	6.07	1 km	25 ± 14 (30)	**CORRECTO**
Islas Kermadec	5.6	5.69	2 km	45 ± 13 (35)	**CORRECTO**
Península de Alaska	7.7	7.68	2 km	15 ± 12 (25)	**CORRECTO**
Sur de Fiyi	5.0	5.17	2 km	580 ± 8 (575)	**CORRECTO**
Traslapados (Volcano / N. Bretaña)	5.5	5.63	5 km	0 ± 13 (10)	**CORRECTO**
Hindu Kush, Afganistán	6.4	6.45	7 km	210 ± 2 (210)	**CORRECTO**

RESULTADO OFICIAL: CORRECTO (9/9) — El motor de cálculo sismológico opera con total estabilidad y precisión geométrica.

12. Limitaciones operativas del sistema

• No es alerta sísmica temprana: Las ondas telesísmicas requieren de 5 a 20 minutos para alcanzar estaciones distribuidas globalmente.
• Saturación en grandes terremotos (M > 8.0): Las magnitudes de banda estrecha saturan; el sistema reporta «M 8 o mayor» hasta integrar la Mw final.
• Coda post-terremoto: Tras un evento M ≥ 7.5, las oscilaciones libres y ondas superficiales saturan las trazas cercanas durante 60 minutos.
• Cobertura dependiente de servidores abiertos: Zonas sin estaciones públicas en tiempo real (Rusia interior, partes de África) poseen menor sensibilidad.

13. Glosario técnico

Término	Definición sismológica y operativa
SeedLink	Protocolo TCP/IP estándar de la federación FDSN para transmisión de paquetes miniSEED en tiempo real.
Ondas P y S	Onda Primaria (compresional, rápida, ≈ 8 km/s) y Onda Secundaria (cizallamiento, destructiva, ≈ 5 km/s).
Fases pP / sP	Ondas reflejadas en la superficie terrestre sobre el foco; permiten amarrar con alta precisión la profundidad del sismo.
STA / LTA	Cociente de promedio de energía a corto plazo entre largo plazo; algoritmo clásico para detección de frentes de onda.
Mw (Magnitud de Momento)	Escala física basada en el momento sísmico (rigidez de roca × área de ruptura × desplazamiento medio).
MAG SIMMSA	Magnitud preferida de consenso calculada en tiempo real mediante ponderación robusta de mb, mB, Ms, ML y Mwp.
ak135 / iasp91	Modelos esféricos de velocidad sísmica radial de la Tierra empleados para computar tiempos de viaje teóricos.
USGS	Servicio Geológico de los Estados Unidos; autoridad global utilizada como referencia de calibración y validación.

Monitor Sísmico MUNDIAL v2.3.1. © 2026 Joel Cruz Aragón. Sistema geofísico experimental de detección automática basado en datos abiertos. La información sismológica oficial corresponde al USGS y a la red sísmica de cada país.