

RED NACIONAL DE ESTACIONES SISMOLÓGICAS

La Red Nacional de Estaciones Sismológicas (RNES) de INPRES posee 65 estaciones sismológicas en tiempo real (Figura 1) de periodo corto y de banda ancha, distribuidas a lo largo y ancho del territorio nacional (Figura 2). Además, se reciben datos de otras estaciones regionales a través de convenios con organismos nacionales e internacionales.

La densidad de estaciones de la RNES es mayor en las zonas que poseen más alto riesgo sísmico. Tres de las estaciones: PLCA, CFA y USHA, están incorporadas al Sistema Internacional de Vigilancia (IMS) para dar cumplimiento al Tratado de Prohibición Completa de Ensayos Nucleares (CTBT), con las que Argentina, desde 1994 y a través de INPRES, colabora con Naciones Unidas para su verificación y control; y cuya firma se concretó el 24 de setiembre de 1996.

Los datos que proveen las estaciones constituyen la información primaria que permite realizar el estudio e investigación de la sismicidad local y regional, y contribuyen a determinar el peligro sísmico de las diferentes zonas del país, datos necesarios para la elaboración de reglamentos para construcciones sismorresistentes.

La primera estación sismológica instalada por el INPRES fue "Coronel Fontana" (CFA), que comenzó a funcionar el 1º de octubre de 1969. Esta estación estaba equipada con tres sismómetros Press-Ewing de período largo y tres sismómetros Benioff de período corto, todos colocados en el interior de un túnel de 20 m de profundidad. El registro se realizaba sobre papel fotográfico.

A partir de 1975, comienzan a funcionar las primeras estaciones telemétricas, distantes en un radio de aproximadamente 30 km del INPRES; sus señales sísmicas se transmitían en la banda de radio SSB, y el registro se realizaba en papel termosensible en INPRES Central. Se utilizaban sensores de componente vertical modelo S-13, de la firma Teledyne-Geotech Inc (EEUU).

A fines de la década de los 80's, la RNES contaba con 26 estaciones, y a partir del año 1995 comienza la etapa de modernización de la red, reemplazando los equipos analógicos por sistemas digitales de adquisición de datos (DAS, por sus siglas en inglés).

Desde el año 2007 todas las estaciones de la RNES transmiten sus datos en tiempo real y utilizando protocolos de comunicaciones estándares.



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Figura 1: Estaciones sismológicas. **a)** Ushuaia (USHU), Tierra del Fuego. **b)** Paso Flores (PLCA), Río Negro. **c)** Nibepo Aike (SCANA), Santa Cruz. **d)** Chihuido de la Sierra Negra (NQ05), Neuquén. **e)** Isla Martin García (MGBA), Buenos Aires. **f)** Sol de Mayo (SDM8), Chubut.

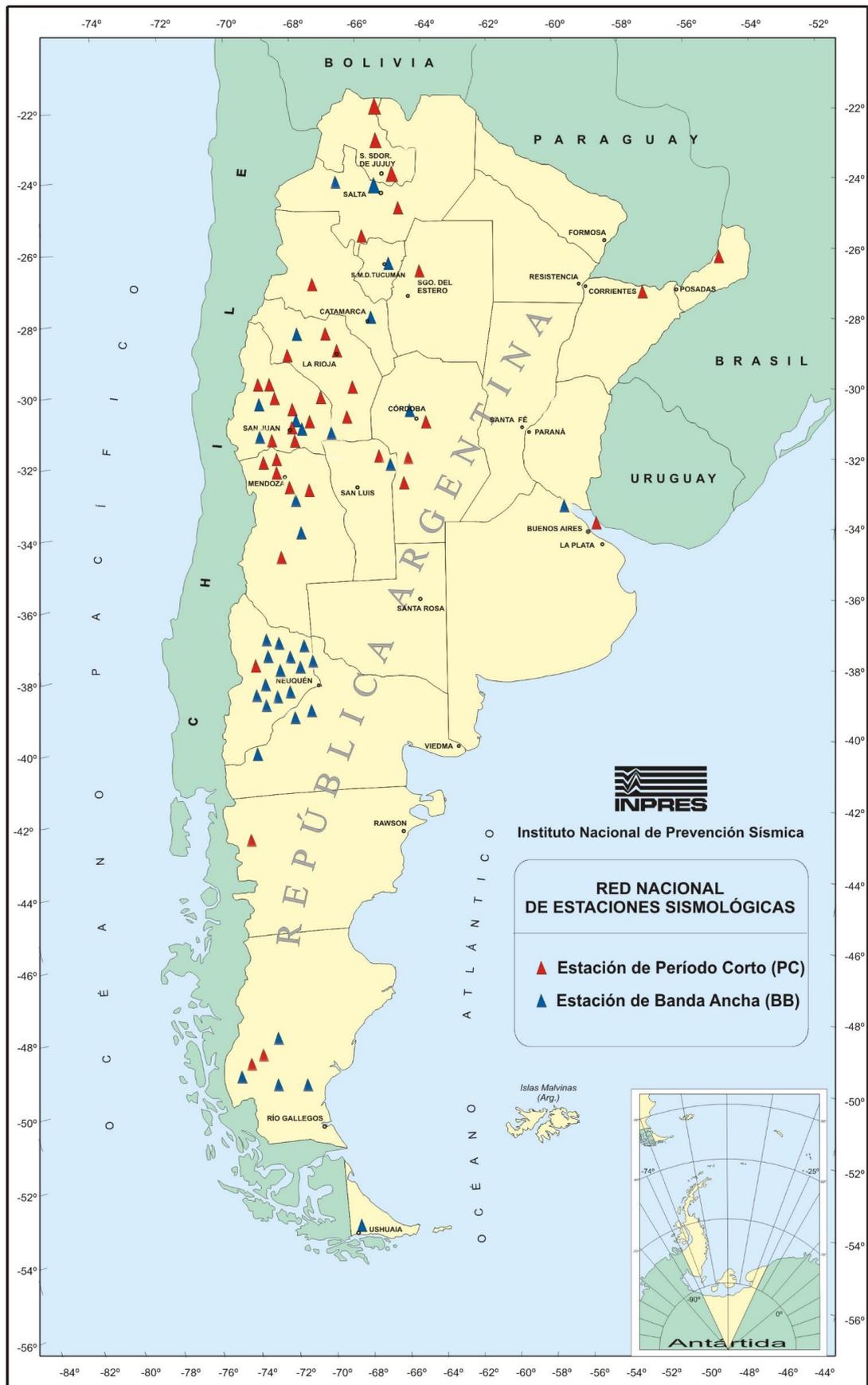


Figura 2: Red Nacional de Estaciones Sísmológicas (RNES).

RED NACIONAL DE ESTACIONES SISMOLÓGICAS –RNES–

Actualmente las estaciones de la RNES se componen de sistemas digitales de adquisición de datos de 24 o 32 bits, con sistema GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) que incorpora la señal horaria y las coordenadas del lugar.

Puesto que las estaciones sismológicas se encuentran en lugares remotos (para que su señal sísmica no sea contaminada con ruido generado por ciudades, rutas, fabricas, etc.), generalmente no hay disponibilidad de fuentes de energía, por lo que la misma debe ser obtenida a través de paneles solares.

La información es transmitida en forma continua y en tiempo real a INPRES Central, vía satélite o Internet, para su almacenamiento y procesamiento (Figura 3).



Figura 3: Estación sismológica digital tipo enviando datos en tiempo real a la sede de INPRES para su posterior procesamiento.

Equipamiento sismológico de INPRES



Figura 4: Sismómetro de banda ancha (BB), modelo 40-T (Güralp), de tres componentes ortogonales, con respuesta plana en el rango frecuencial de 33,3mHz (30 seg) a 50 Hz. Sin cubierta.



Figura 5: A la derecha, sismómetro de banda ancha (BB) modelo 40-T (Güralp). A la izquierda, sistema digital de adquisición de datos TAURUS (Nanometrics Inc.) de 24 bits.

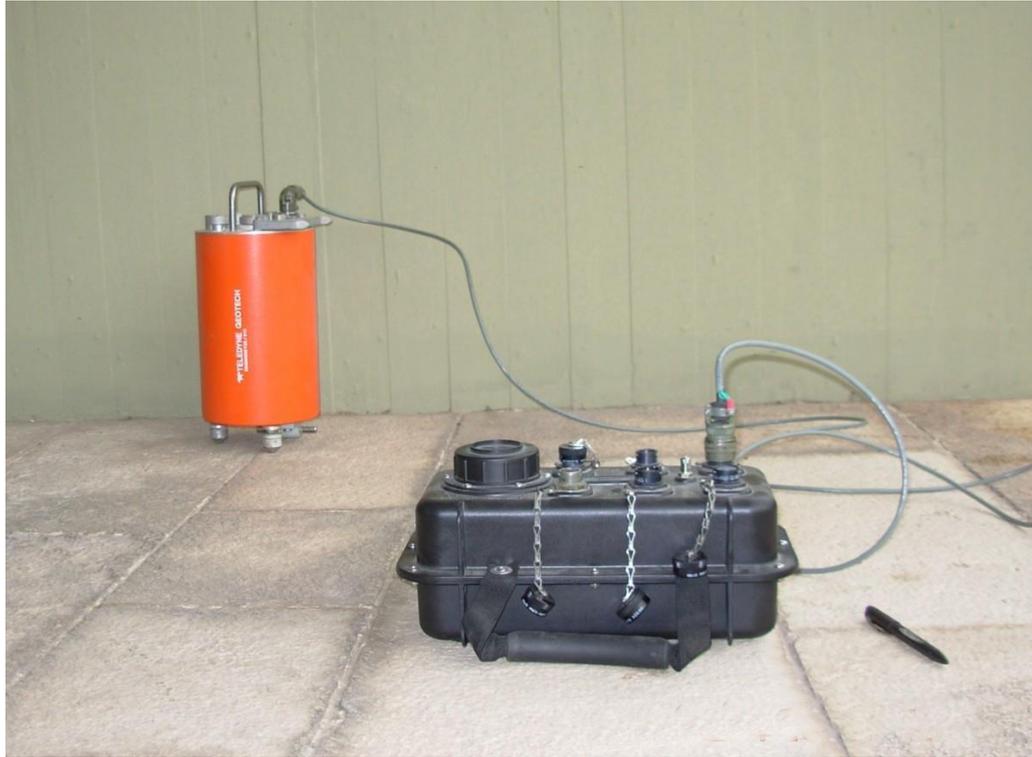


Figura 6: Sismómetro de período corto S-13, componente vertical (Z), conectado a sistema digital de adquisición de datos DAS 130-1 (RefTech Inc.), de 24 bits.



Figura 7: Digitalizador Centaur de 24 bits, con acelerómetro triaxial Titan y sismómetro de tres componentes Trillium Compact Horizon de 120 segundos (Nanometrics).

Procesamiento de la información en INPRES

Con los datos que envían todas las estaciones, en Inpres Central se realiza la localización automática de la sismicidad en territorio argentino. Para ello se utilizan diferentes programas. Uno de ellos es SeisComP 3.0, que es un software sismológico desarrollado por el Programa GEOFON en el Centro Alemán de Investigación en Geociencias y Gempa GmbH. Paralelamente, también para localizaciones automáticas, pero en regiones geográficas especiales o acotadas, se utiliza el programa Earthworm (EW) v.7.10 (2021), desarrollado originalmente por el Dr. Carl Johnson, mantenido por la empresa ISTI, y financiado por el Servicio Geológico de los EEUU.

Tanto SeisComP como Earthworm recopilan datos casi en tiempo real de las estaciones sismológicas en todo el territorio argentino y regiones circundantes. Con estos datos, se asocian eventos sísmicos registrados en diferentes estaciones y se calcula la ubicación y magnitud.

De acuerdo a políticas de INPRES, si al menos ocho (8) estaciones pueden intervenir en el proceso de localización automática, se cumplen ciertos requisitos de calidad y la magnitud del evento es igual o superior a 2.5, las localizaciones automáticas son publicadas en la página oficial de INPRES.

Posteriormente, todos los sismos (ya sea que provengan de SeisComP o de Earthworm), son revisados por un sismólogo utilizando el software SEISAN v.12 (2021) desarrollado por el Dr Jens HAVSKOK, Lars Ottemoller y Terje UTHEIM, de la Universidad de Bergen, Noruega. SEISAN permite, a partir de la lectura de las fases de sismos locales o telesismos, efectuar la revisión del evento, editarlos, determinar parámetros espectrales, calcular el momento sísmico, calcular mecanismos focales, y un sinnúmero de operaciones sobre datos sísmicos.

La elección de SeisComP, EarthWorm y Seisan obedece a que son software de código abierto, por lo cual tienen gran versatilidad y han sido modificados y adecuados a las necesidades propias de INPRES.

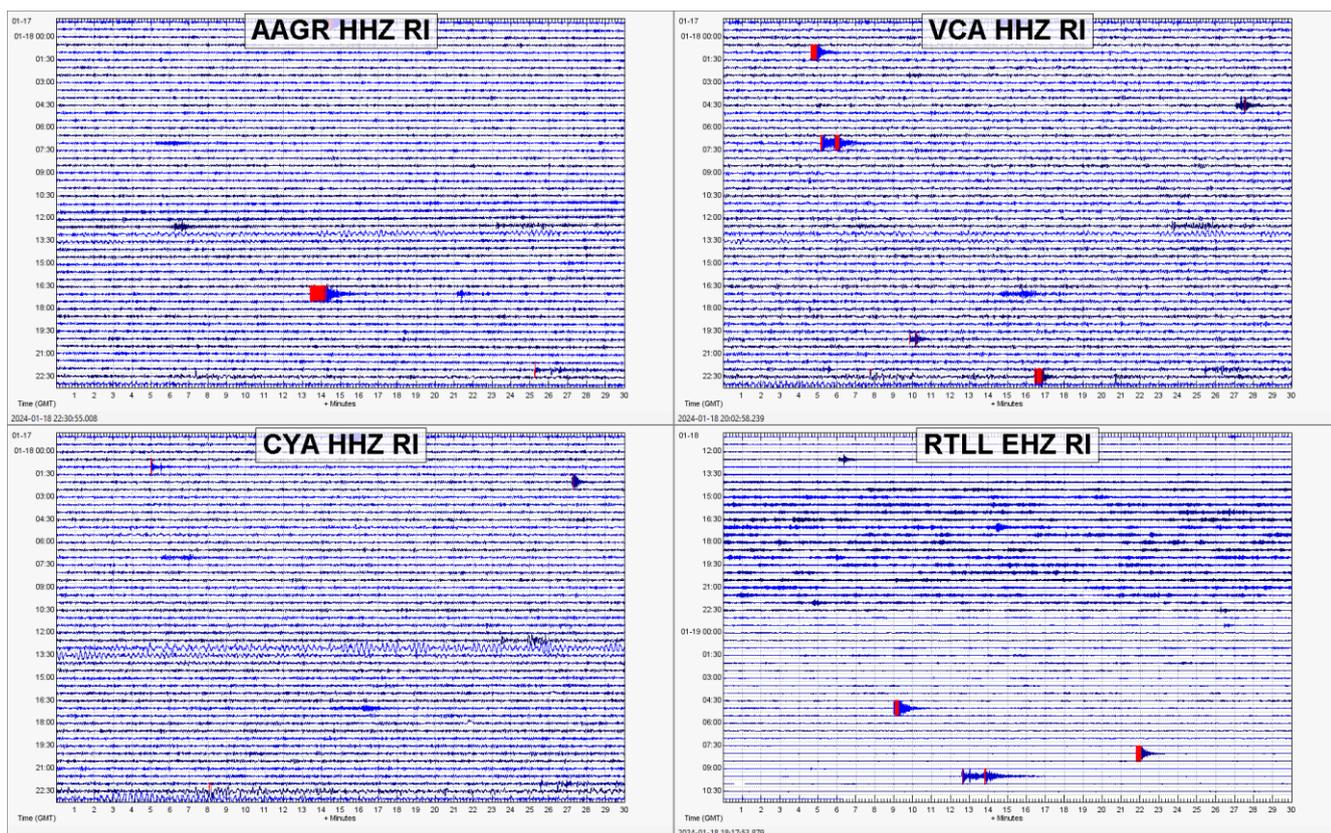


Figura 8: Registros sísmicos digitales de cuatro estaciones de la RNES.

BIBLIOGRAFÍA

HAVSKOV, J y OTTEMÖLLER, L: *SEISAN earthquake analysis software*. Seismological Research letters, 70, 532-534. Universidad de Bergen, Noruega (2000).

JOHNSON, C. E., A. BITTENBINDER, B. BOGAERT, L. DIETZ, y W. KOHLER. *Earthworm: a flexible approach to seismic network processing*, IRIS Newsl. 14, no. 2, 1-4. (1995)

SEISCOMP: *Helmholtz Centre Potsdam GFZ German Research Centre for Geosciences and gempa GmbH (2008)*. The SeisComP seismological software package. *GFZ Data Services*. doi:10.5880/GFZ.2.4.2020.003.