

## **RAMSAC (RED ARGENTINA DE MONITOREO SATELITAL CONTINUO)**

A través de un Sistema de Referencia Geodésico se define cómo se determina la posición de cualquier punto sobre la superficie de la Tierra. A partir de este sistema se definen los Marcos de Referencia Geodésicos con mucha exactitud, que permiten materializar en coordenadas la posición de ese punto. Tanto el sistema como los marcos que lo materializan son fundamentales para la construcción de la cartografía y la Infraestructura de Datos Espaciales de los países, ya que proporcionan una base precisa y coherente para la representación de la superficie terrestre. En la República Argentina, en virtud de la Ley 22.963, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) es el responsable de la determinación del Marco de Referencia Geodésico Nacional, misión que lleva adelante a través del desarrollo y mantenimiento de la Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo (RAMSAC).

El proyecto se inició en 1998, cuando los datos de 7 estaciones permanentes GNSS (por sus siglas en inglés, Global Navigation Satellite System), por primera vez fueron publicados en un servidor Nacional de acceso público y gratuito, materializando la creación de la RAMSAC. Desde ese momento, se instalaron paulatinamente estaciones que cuentan con una antena y un receptor en funcionamiento ininterrumpido, con el objetivo de lograr una distribución homogénea de estaciones GNSS permanentes sobre todo el país. En la actualidad, RAMSAC cuenta con 149 estaciones GNSS permanentes distribuidas sobre el territorio Nacional que materializan el Marco de Referencia Geodésico Nacional POSGAR 07 (Posiciones Geodésicas Argentinas 2007). Sobre este marco de referencia desarrollan sus tareas las Provincias, Municipios, Catastros, empresas públicas, privadas y usuarios particulares.

Sin un marco de referencia geodésico, los mapas y planos carecerían de la precisión necesaria, lo que podría llevar a errores significativos en la navegación, la planificación urbana y la gestión de recursos naturales. Los marcos de referencia geodésicos son esenciales en la creación de infraestructuras, para garantizar la precisión en la construcción y el mantenimiento de carreteras, puentes, ferrocarriles, aeropuertos y otras obras civiles. La precisión geodésica garantiza que los mapas se alineen correctamente con la realidad física, facilitando el uso eficiente de la información espacial. Además, la interoperabilidad entre diferentes proyectos y sistemas depende de un marco geodésico común, lo que permite que las infraestructuras se conecten de manera eficiente y segura.

En el ámbito de la defensa del territorio, los marcos de referencia geodésicos son cruciales para la seguridad nacional. Permiten a las fuerzas armadas y a los organismos de seguridad mantener un control preciso sobre el territorio, facilitando la planificación de operaciones y la protección de las fronteras. Un marco geodésico preciso es vital para la coordinación de movimientos estratégicos y la integración de Sistemas de Defensa. Además, la precisión geodésica es indispensable para la gestión de crisis y desastres naturales, ya que permite una respuesta rápida y efectiva basada en datos espaciales confiables. Asimismo, permite dar confiabilidad a las transacciones

inmobiliarias porque ante la compra y venta de una propiedad, interviene un profesional de la agrimensura que da fe de la ubicación física del inmueble.

El IGN, además de proveer los datos adquiridos de las estaciones GNSS permanentes útiles para aplicaciones catastrales y de infraestructura, ofrece dos servicios innovadores en la región latinoamericana: los servicios de Posicionamiento Puntual Preciso (PPP-Ar) y RAMSAC-NTRIP. Con estos servicios, el Instituto no solo fortalece la infraestructura geodésica de la región, sino que también impulsa la innovación y mejora la competitividad de los sectores clave en Latinoamérica.

PPP-Ar es un servicio en línea gratuito que les permite a los usuarios de la tecnología GNSS obtener coordenadas vinculadas al marco de referencia geodésico POSGAR07, con un nivel de precisión que antes solo estaba disponible para aplicaciones altamente especializadas.

El servicio PPP-Ar requiere que el usuario envíe datos en formato RINEX capturados por receptores GNSS de doble frecuencia que operen en modo estático. Este servicio permite el procesamiento de archivos de observación GNSS que registren observables de las constelaciones GPS y/o GLONASS y que utilicen al menos doble frecuencia (L1/L2 o L1/L2/L5). Esto asegura que los datos sean lo suficientemente robustos para obtener resultados precisos en aplicaciones geodésicas y de posicionamiento.

El servicio PPP-Ar utiliza el programa CSRS-PPP desarrollado por la División de Geodesia del Instituto Canadiense de Recursos Naturales (NRCan) para obtener coordenadas referidas al marco de referencia geodésico de las órbitas de los satélites (actualmente IGS20) y en la época de medición. Para alcanzar una precisión centimétrica en las posiciones obtenidas, es necesario utilizar soluciones precisas de relojes y órbitas proporcionadas por el Servicio Internacional GNSS (IGS). Estos productos de alta precisión generalmente están disponibles al público 1 o 2 días posteriores a la fecha de observación, permitiendo así un procesamiento exacto de los datos recolectados con un solo equipo. Esta capacidad es crucial para aplicaciones que requieren alta precisión, como la cartografía, la construcción y la publicación de datos catastrales.

El aporte más trascendental de PPP-Ar para la aplicación puntual de la información geodésica en nuestro país, es que introduce el modelo de trayectorias VEL-Ar para trasladar las coordenadas determinadas por el programa CSRS-PPP en la época de medición a la época convencional (2006.632) del marco de referencia oficial POSGAR07. Por último, se aplican parámetros de transformación para determinar las coordenadas oficiales POSGAR07 (época 2006.632). Es decir que en el cálculo de los resultados que se proveen al usuario, se incorpora información de los movimientos lineales tectónicos de la región, así como el efecto co-sísmico y post-sísmico de los grandes terremotos que afectaron al territorio nacional, como son por ejemplo el sismo del Maule ocurrido el 27 de febrero de 2010 y el sismo de Illapel del 16 de septiembre de 2015, que marcaron 8,8 y 8.4 en escala de Richter, respectivamente.

En conclusión, el servicio PPP-Ar le ofrece al usuario dos juegos de coordenadas geodésicas: las primeras están referidas al marco de referencia geodésico oficial POSGAR 07 (época convencional 2006.632), que son útiles para incorporar esa posición al registro catastral correspondiente; y las segundas están referidas al marco de referencia de las órbitas utilizadas (actualmente IGS20) en la época en la cual realizó la medición el usuario.

El servicio RAMSAC-NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol), por su parte, es un servicio para posicionamiento en tiempo real, que nace con el fin de proporcionar una mayor precisión en la posición calculada por los receptores en forma autónoma. Hoy en día, el procesamiento en tiempo real se ha vuelto imprescindible, permitiendo obtener resultados procesados y de calidad en el mismo momento de la medición. En esta línea, el servicio permite utilizar la infraestructura de la red RAMSAC para transmitir correcciones a través de Internet a los usuarios, facilitando el acceso rápido y preciso a datos geoespaciales. Esto representa una mejora significativa en la accesibilidad de tecnologías avanzadas para sectores productivos y gubernamentales en toda la región.

La recepción de las correcciones provenientes de las estaciones GPS/GNSS permanentes y el envío de las mismas al público usuario se realiza vía Internet a través del protocolo NTRIP. De esta manera los usuarios de la tecnología satelital GNSS que posean una forma de vinculación a Internet podrán recibir las correcciones emitidas por el Caster del IGN y de esa manera mejorar sustancialmente la precisión de su posición, mediante un método expeditivo y preciso para el relevamiento. Otra ventaja sustancial del servicio RAMSAC-NTRIP es que posibilita obtener alta precisión con bajo costo, ya que no hay necesidad de tener dos equipos con radio funcionando en simultaneo, y si se compara con el método Cinemático Tradicional, el tiempo mínimo para lograr soluciones fijas se reduce notablemente, permitiendo relevar más terreno en menos tiempo.

El uso del servicio RAMSAC-NTRIP para el sector productivo ofrece varias ventajas significativas, especialmente en el contexto de la agricultura de precisión, ya que proporciona una precisión centimétrica en las operaciones agrícolas. Esto es crucial para tareas como la siembra, fertilización y cosecha, donde la exactitud en la ubicación puede mejorar significativamente el rendimiento y la eficiencia, reduciendo la necesidad de insumos como semillas, fertilizantes y pesticidas, y permite una mejor gestión de los recursos hídricos y del suelo.

El IGN, con el compromiso de dar un servicio libre y gratuito, sigue trabajando en la densificación de este servicio para ampliar su cobertura y mejorar su precisión. Además, se ha desarrollado una herramienta que facilita el registro de usuarios a través de la web institucional, así como una plataforma para visualizar estadísticas de uso del sistema. Estas iniciativas refuerzan la utilidad y accesibilidad del servicio RAMSAC-NTRIP, asegurando que más usuarios puedan beneficiarse de la tecnología de posicionamiento en tiempo real.

Los servicios que se detallaron son utilizados también por las Fuerzas Armadas, ya que en muchos casos es necesario obtener un posicionamiento preciso a través de la tecnología satelital o bien confeccionar el relevamiento de la superficie topográfica de un determinado lugar, realizado en forma adecuada y georreferenciado a partir de la utilización de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT).