



# **Servicio PPP-Ar**

## **Posicionamiento Puntual Preciso de la República Argentina**

Instituto Geográfico Nacional  
Dirección de Geodesia

- 2022 -

## Índice

1	Introducción.....	3
2	Marco teórico .....	4
3	Especificaciones técnicas del servicio PPP-Ar .....	7
3.1	Programa de procesamiento PPP.....	7
3.2	Tiempo mínimo y máximo de observación .....	7
3.3	Peso máximo de archivo de observación .....	7
3.4	Frecuencias portadoras permitidas .....	7
3.5	Constelaciones satelitales admitidas.....	7
3.6	Productos de datos orbitales y orientación terrestre.....	7
3.7	Archivo de calibración de antenas .....	8
3.8	Modelo de carga oceánica .....	8
3.9	Modelo de marea de la terrestre .....	8
3.10	Modelo de tropósfera.....	8
3.11	Modelo de trayectorias no lineales VEL-Ar .....	9
3.12	Modelo de geoide GEOIDE-Ar 16.....	9
4	Procesamiento con PPP-Ar.....	10
4.1	Creación del usuario y acceso a la aplicación .....	11
4.2	Interfaz de la aplicación .....	11
4.3	Solicitud de procesamiento .....	12
4.4	Reporte PDF de resultados.....	14
4.5	Descarga de los resultados .....	18
5	Análisis de los resultados .....	20
5.1	Análisis de las coordenadas PPP.....	20
5.2	Análisis de las coordenadas POSGAR07.....	23
5.3	Análisis de la variación de los intervalos de registro.....	27
5.4	Productos finales vs. Productos rápidos.....	29
6	Conclusiones .....	31
7	Referencias.....	32

## 1 Introducción

En la actualidad, existen diferentes servicios online para el cálculo de coordenadas GNSS de alta precisión basados en la técnica de Posicionamiento Puntual Preciso (PPP). Por lo general, estos servicios expresan sus resultados en dos marcos de referencia:

- 1) En el marco de referencia global dado por las órbitas GNSS (por ejemplo IGB14 o IGB08).
- 2) En el marco de referencia geodésico oficial del país que brinda el servicio PPP.

Por lo tanto, la utilización de servicios brindados por otros países para el posicionamiento preciso en el marco de referencia geodésico nacional de la República Argentina requiere inevitablemente de la posterior transformación de las coordenadas obtenidas mediante PPP a POSGAR07. Además, en la mayoría de las aplicaciones, se requiere que las coordenadas resultantes se encuentren expresadas en la época convencional de POSGAR07 (2006.632) para lo cual es necesaria la utilización de un modelo geodésico de predicción de trayectorias como VEL-Ar.

A pesar de las ventajas prácticas de la técnica PPP, estos pasos adicionales desalientan la utilización de coordenadas basadas en dicha técnica debido a la falta de automatización (y consecuente posibilidad de introducir errores) para transformar coordenadas PPP en la época de medición al marco POSGAR07 (época 2006.632). Para solucionar estos inconvenientes es que surge el nuevo servicio de Posicionamiento Puntual Preciso de la República Argentina (PPP-Ar) del Instituto Geográfico Nacional, el cuál brinda la posibilidad de obtener en forma automática coordenadas en el marco de referencia global vigente (dado por las órbitas GNSS), así como también en el marco geodésico nacional oficial de la República Argentina.

## 2 Marco teórico

El Posicionamiento Puntual Preciso (PPP) es una técnica de posicionamiento basada en el procesamiento de pseudodistancias y observaciones de fase sin diferenciar obtenidas con un único receptor GNSS. Con este método se eliminan las limitaciones introducidas en el procesamiento con el método diferencial de la cercanía de la BASE, ya que ésta no resulta necesaria (en primera instancia). Esto se traduce en una gran flexibilidad en las mediciones de campo, reduce los costos de trabajo y equipamiento, y simplifica la logística en las mediciones. Dentro de las principales aplicaciones que se le puede dar a las coordenadas obtenidas de un procesamiento PPP se encuentran la georreferenciación de parcelas rurales, la topografía en general y todo tipo de actividades donde se necesiten coordenadas centimétricas o decimétricas.

Aunque el método PPP no requiere de ninguna estación BASE, se debe tener un conocimiento preciso de las coordenadas de los satélites y del estado de sus relojes. Esto es posible gracias a que semana a semana los centros de procesamiento del Servicio Internacional GNSS (IGS) generan y publican archivos de órbitas satelitales, correcciones a los relojes de los satélites y parámetros orientación terrestre que se utilizan luego en el procesamiento PPP. Además, se utilizan modelos de carga oceánica, modelos del estado de la tropósfera (temperatura y humedad) y datos de calibración absoluta de antenas de los satélites y receptores.

Esta técnica de procesamiento de datos GNSS utiliza los observables de código y fase de la combinación libre de ionósfera de las portadoras L1 y L2 (L3) para obtener estimaciones de las coordenadas del receptor GNSS, el estado del reloj del receptor, el retardo troposférico y las ambigüedades de fase (Kouba, J., & Héroux, P. (2001)). Las ecuaciones simplificadas son las siguientes:

$$l_p = \rho + c(dt - dT) + T_r + \varepsilon_p$$

$$l_\phi = \rho + c(dt - dT) + N\lambda + \varepsilon_\phi$$

Dónde:

- $l_p$  es la combinación libre de ionósfera de las pseudodistancias de L1 y L2.
- $l_\phi$  es la combinación libre de ionósfera de las fases de L1 y L2.
- $dt$  es el offset respecto al tiempo GPS del reloj del receptor.
- $dT$  es el offset respecto al tiempo GPS del reloj del satélite.
- $c$  es la velocidad de la luz en el vacío.
- $T_r$  es el retraso en el camino de la señal a través de la atmósfera neutral (principalmente la tropósfera)
- $\lambda$  es la longitud de onda de la combinación libre de ionósfera.
- $N$  es la ambigüedad no entera de la combinación libre de ionósfera.
- $\varepsilon_p, \varepsilon_\phi$  son los ruidos de la medición.

$\rho$  es la distancia geométrica entre satélite y receptor calculada como función de las coordenadas del satélite ( $X_S, Y_S, Z_S$ ) y de la estación ( $x, y, z$ ) de acuerdo a:

$$\rho = \sqrt{(X_S - x)^2 + (Y_S - y)^2 + (Z_S - z)^2}$$

El retraso troposférico se puede expresar como función del retraso cenital ( $zpd$ ) utilizando una función de mapeo ( $M$ ), relacionando el retraso troposférico al ángulo de elevación del satélite. Además, al utilizar los productos de reloj precisos, el offset del reloj del satélite ( $dt$ ) es conocido y se puede corregir en las ecuaciones anteriores. De esta manera:

$$f_p = \rho + c dt + M zpd + \varepsilon_p - l_p = 0$$

$$f_\phi = \rho + c dt + M zpd + N\lambda + \varepsilon_\phi - l_\phi = 0$$

Siendo las incógnitas del problema:

$$X = \left[ x \quad y \quad z \quad dt \quad zpd \quad N_{(j=1,nsat)}^j \right]$$

Las coordenadas de los satélites se asumen conocidas debido a que se utilizan órbitas precisas y por lo tanto no se estiman en el cálculo.

Las ecuaciones anteriores se linealizan y el sistema de ecuaciones se escribe de manera matricial:

$$A\delta + W - V = 0$$

Donde  $A$  es la matriz de diseño (contiene las derivadas parciales de las ecuaciones respecto a las incógnitas),  $\delta$  es el vector de correcciones a los valores a priori de las incógnitas  $X$ ,  $W$  es el vector de los términos "observado menos calculado" para cada ecuación en función del valor a priori de las incógnitas y las observaciones y  $V$  es el vector de los residuos.

Las ecuaciones anteriores se plantean época por época para cada satélite y se estima el vector  $\delta$  mediante un ajuste por mínimos cuadrados. Finalmente se determinan las incógnitas:

$$X = X_0 + \delta$$

Donde el vector de  $X_0$  es el vector que contiene los valores a priori de las incógnitas.

En el caso de una observación estática, las coordenadas de la estación permanecen constantes. El offset del reloj del receptor depende de la calidad del mismo y puede variar hasta varios centímetros por segundos. El retraso cenital troposférico varía en el tiempo de manera relativamente lenta, al ritmo de unos pocos centímetros por hora. Las ambigüedades no enteras permanecen constantes mientras las mediciones de fase estén libres de saltos de ciclo. El proceso de ajuste se basa en ajustar época por época las observaciones utilizando como valores a priori de las incógnitas a los determinados en la época anterior. También se ajusta la matriz de pesos de las observaciones teniendo en cuenta la matriz covarianza de la época anterior.

Tal como se mencionó anteriormente, las ecuaciones presentadas en primera instancia son simplificadas. Las observaciones deben ser corregidas por distintos modelos que caracterizan diferentes efectos físicos y mecánicos antes de ser procesadas. Para alcanzar precisiones centimétricas, en la técnica PPP se deben corregir todos los efectos que en la técnica GNSS diferencial se eliminan al realizar las simples y dobles diferencias.

Algunas de las correcciones que se emplean son:

- Corrección del offset de las antenas de los satélites: los productos orbitales poseen coordenadas que se refieren a los centros de masas de los satélites. La señal sin embargo se emite desde el centro de fase de sus antenas. Este efecto se corrige a partir de efemérides del Sol y con los datos de calibración de antenas.
- Corrección de phase wind-up: este efecto se debe a las pequeñas rotaciones que sufre la antena del satélite alrededor de su eje vertical y puede llegar a tomar un valor de hasta un ciclo o longitud de onda. Se corrige mediante un modelo estándar que tiene en cuenta la actitud (orientación) del satélite.
- Mareas de la Tierra "sólida": este efecto se debe a la atracción lunar y solar y se corrige mediante un modelo estándar propuesto por IERS. El valor de la corrección puede llegar a varios centímetros.
- Carga oceánica: este efecto se debe la carga que resulta de las mareas oceánicas. Su efecto tiene mayor influencia en zonas cercanas a las costas. La corrección de este efecto se lleva a cabo mediante un término de corrección propuesto por IERS que se determina en función de modelos de carga oceánica, como por ejemplo el FES2014b.
- Parámetros de rotación terrestre: los parámetros de rotación terrestre (coordenadas del polo y UT1-UTC) son necesarios para corregir las coordenadas estimadas para alcanzar precisiones centimétricas. Estos parámetros se obtienen, al igual que las órbitas y correcciones a los relojes de los satélites, de los productos que generan los centros de procesamiento IGS.

## **3 Especificaciones técnicas del servicio PPP-Ar**

A continuación se detallan las especificaciones técnicas asociadas al servicio PPP-Ar.

### **3.1 Programa de procesamiento PPP**

El servicio PPP-Ar utiliza para procesar los archivos de observación GNSS el software GPSPACE desarrollado por el Canadian Geodetic Survey (CGS) del Natural Resources of Canada (NRCan) en su versión 1.20.

### **3.2 Tiempo mínimo y máximo de observación**

El servicio PPP-Ar no posee un tiempo mínimo de observación, pero sí un tiempo máximo, que ha sido fijado en 24 horas. Cada solicitud se intentará procesar, aunque cabe destacar que a menor tiempo de observación, peor será la calidad de las coordenadas obtenidas con el servicio.

### **3.3 Peso máximo de archivo de observación**

El peso máximo soportado por el servicio PPP-Ar para un archivo de observación es de 20 MB. Por esta razón se recomienda subir los archivos de observación con doble compresión (Hatanaka y compresión gzip), de manera de reducir considerablemente su peso.

### **3.4 Frecuencias portadoras permitidas**

El servicio PPP-Ar permite el procesamiento de archivos de observación GNSS que sean al menos doble frecuencia (L1/L2 o L1/L2/L5). Los procesamientos de archivos simple frecuencia (L1) no son admitidos en la aplicación. Esto se debe a que la técnica exige ambas frecuencias para reducir los efectos que la ionósfera produce en las observaciones GNSS, mediante la utilización de la combinación libre de ionósfera.

### **3.5 Constelaciones satelitales admitidas**

El servicio PPP-Ar admite por el momento el procesamiento de observaciones de satélites de GPS y GLONASS. Los archivos de observación que contengan también observables de satélites GALILEO y/o BEIDOU se procesarán en la aplicación utilizando únicamente los datos de GPS y GLONASS, debido a la falta de datos precisos del estado de estos satélites en los productos orbitales actuales.

### **3.6 Productos de datos orbitales y orientación terrestre**

La aplicación PPP-Ar utiliza archivos de órbitas, correcciones a los relojes de los satélites y parámetros de orientación terrestres generados por los centros de procesamiento GNSS del Natural Resources of Canada (NRCan) o del Center for Orbit Determination in Europe (CODE). Los datos de NRCan son utilizados cuando ya se encuentran disponible para su descarga

aproximadamente entre 14 y 21 días después del día de medición. Estos productos se denominan *FINALES* y son los más precisos. Los datos de CODE son utilizados cuando aún no se han publicado los datos de NRCan y se encuentran disponibles entre 24 y 48 horas posteriores a la medición GNSS. Estos productos se denominan *RÁPIDOS* y su precisión nominal es levemente inferior a la de los productos *FINALES*. Como consecuencia, PPP-Ar utiliza siempre los productos con mayor precisión disponibles al momento del procesamiento.

Productos	Constelaciones	Centro de procesamiento	Disponibilidad
Rápidos	GPS+GLONASS	CODE	24 a 48 horas
Finales	GPS+GLONASS	NRCan	14 a 21 días

*Tabla 1 – Productos satelitales y de orientación terrestre*

### **3.7 Archivo de calibración de antenas**

En el procesamiento PPP resulta necesario corregir las observaciones GNSS para que se refieran al ARP (Antenna Reference Point) del modelo de la antena utilizada. Estas correcciones se realizan a partir de parámetros que se especifican en archivos de calibración de antenas publicados por IGS (International GNSS Service), NGS (National Geodetic Survey) y otros centros de análisis independientes. El servicio PPP-Ar utiliza el archivo más reciente de calibración de antenas proveniente de NGS, dentro del cual se especifican los parámetros de una serie de antenas, donde el usuario podrá elegir al momento de realizar una solicitud de procesamiento.

Además, resulta necesario referir las coordenadas de los satélites a los centros de fase de sus antenas. Para este proceso también se utilizan los datos de calibración del archivo de antenas de NGS.

### **3.8 Modelo de carga oceánica**

Los efectos de la carga oceánica son corregidos mediante la utilización del modelo FES2014b. Este efecto tiene especial importancia en zonas cercanas a las costas.

### **3.9 Modelo de marea de la terrestre**

Para corregir este efecto en las observaciones GNSS por el efecto de las mareas de la Tierra "sólida", el software GPSPACE utiliza el modelo IERS03, especificado en las convenciones del IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service).

### **3.10 Modelo de tropósfera**

Para calcular el retraso hidrostático que se produce en la tropósfera y los valores a priori del retraso húmedo troposférico se utiliza el modelo GPT2 (Global Pressure and Temperature). El retraso húmedo se estima en el procesamiento junto con las coordenadas y las ambigüedades de fase.



### **3.11 Modelo de trayectorias no lineales VEL-Ar**

Las coordenadas resultantes del procesamiento PPP se encuentran expresadas para la época de medición. Para acceder a la época de referencia (2006.632) del Marco de Referencia Geodésico Nacional POSGAR07, PPP-Ar utiliza el modelo de velocidades VEL-Ar v2.0. Puede encontrar más información acerca del modelo en:

<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/VEL-Ar>

### **3.12 Modelo de geoide GEOIDE-Ar 16**

Con el fin de transformar alturas elipsoidales vinculadas a POSGAR07 en alturas ortométricas referidas al Sistema de Referencia Vertical Nacional 2016 (SRVN16), PPP-Ar utiliza la ondulación del geoide obtenida del modelo GEOIDE-Ar 16. Puede encontrar más información acerca del modelo en:

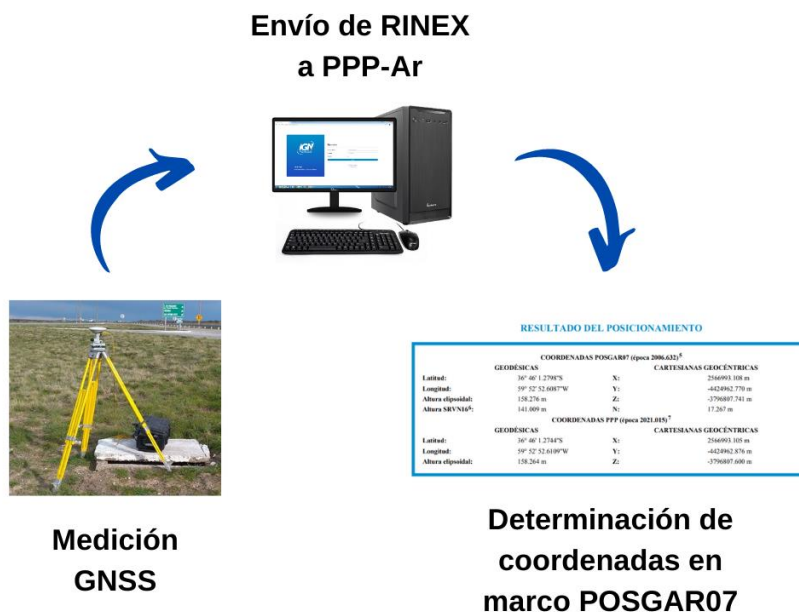
<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/Geoide-Ar16>

## 4 Procesamiento con PPP-Ar

Para procesar un archivo RINEX de una medición GNSS estática en PPP-Ar, en primera instancia se deben cargar los datos de observación junto con los metadatos correspondientes en la aplicación web. En esta solicitud el usuario carga el nombre de la BASE, el archivo de observación en formato RINEX, el tipo de antena que se utilizó en la medición, la altura de la antena sobre el punto y el tipo de altura de antena.

Una vez solicitado el procesamiento, la aplicación realiza un chequeo de las características del RINEX y comienza a realizar la descarga de todos los archivos auxiliares necesarios para el procesamiento: coordenadas precisas de las órbitas de los satélites, correcciones a los relojes de los satélites y parámetros orientación terrestre. Con esta información, los metadatos y el archivo de observación, se procede a realizar el procesamiento de los datos con el programa GPSPACE.

Las coordenadas obtenidas del procesamiento PPP se encuentran inicialmente referidas al marco de referencia de las órbitas utilizadas en la época de medición. Este marco de referencia es el último disponible al momento en que la medición fue realizada. Las coordenadas en la época de medición se llevan a la época 2006.632 (época de referencia del Marco de Referencia Geodésico Nacional POSGAR07) con el uso del modelo de velocidades VEL-Ar. Al finalizar este proceso se aplica una transformación de 7 parámetros para obtener finalmente las coordenadas del punto expresadas en el marco de referencia POSGAR07 para la época 2006.632. Todos los resultados, junto con información acerca del procesamiento GNSS, se almacenan en un reporte en formato PDF que se envía al usuario por correo o puede descargarse desde la aplicación web.



**Fig. 1: Esquema de procesamiento en PPP-Ar**

## 4.1 Creación del usuario y acceso a la aplicación

El primer paso para poder utilizar el servicio es crear una cuenta de usuario. Para esto, ingresando a <https://dnsq.ign.gob.ar/apps/ppp> se debe seleccionar la opción "Crear una cuenta" y completar los datos. En el correo que se especifique llegarán luego los reportes de resultados de procesamiento.

Luego de completar el registro se deberá verificar el usuario desde el correo de verificación que llega a la cuenta especificada en el formulario.



The image shows a web interface for the PPP-Ar service. On the left, there is a blue vertical banner with the IGN logo and the text "PPP-Ar Servicio de Posicionamiento Puntual Preciso de la República Argentina". On the right, the main content area is white and titled "Bienvenido". It contains a login form with two input fields: "Correo electrónico" and "Contraseña". Below these fields is a blue button labeled "Acceder". At the bottom of the form, there are two links: "¿Olvidó su contraseña?" and "Crear una cuenta".

**Fig. 2: Pantalla de inicio del servicio PPP-Ar**

Una vez creado el usuario, se debe ingresar al sistema con correo y contraseña.

## 4.2 Interfaz de la aplicación

La aplicación PPP-Ar consta de dos pestañas principales: *Solicitudes* y *Nueva solicitud*. En la primera de ellas es posible visualizar las solicitudes de procesamiento realizadas por el usuario en forma de lista. En cada solicitud podrá descargarse el reporte PDF de resultados (en caso que el estado sea "Terminado"), así como también visualizar los metadatos asociados al procesamiento y errores (si los hubiese). En la pestaña *Nueva solicitud* el usuario podrá solicitar un nuevo procesamiento GNSS.

Solicitudes de procesamiento

Listado de todas las solicitudes realizadas. Podrá ver el estado y descargar los informes de procesamiento de aquellas solicitudes finalizadas.

Solicitudes

Mostrar 10 registros

Fecha de solicitud	Nombre del punto BASE	Estado	Detalle	Informe
17/12/2021	18452	Terminado		
17/12/2021	TALA	Terminado		
17/12/2021	AUX1	Terminado		
17/12/2021	1845	Terminado		
17/12/2021	9932	Terminado		

Página 1 de 1 | Ir a la página 1

<< Anterior Siguiete >>

República Argentina | Todos los derechos reservados | IGN 2021

**Fig. 3: Sección "solicitudes de procesamiento"**

### 4.3 Solicitud de procesamiento

A continuación se describen los pasos que deben seguirse para realizar una nueva solicitud de procesamiento con PPP-Ar.

#### Carga del archivo RINEX de observación

El servicio PPP-Ar admite únicamente la carga de archivos de observación en formato RINEX v2.xx, ya sea sin ninguna compresión asociada (.??o), con compresión Hatanaka (.??d), o bien, con doble compresión (.??d.Z o .??d.gz). No se permiten archivos en formatos propietarios de receptores comerciales ni compresiones tales como .zip o .rar.

Suponiendo el archivo de observación en formato RINEX tenga el nombre *igm10010.21o*, es posible cargarlo en la solicitud de procesamiento con los siguientes formatos:

**igm10010.21o**

**igm10010.21d**

**igm10010.21d.Z**

Asimismo, teniendo en cuenta que el máximo peso del archivo admitido es de 20 MB, es recomendable que siempre el archivo RINEX a cargar esté comprimido. De esta forma es posible conseguir que el archivo reduzca hasta 10 veces respecto del peso original del archivo RINEX.

IGN  
PPP-Ar

Perfil - Salir

Solicitudes

Nueva solicitud

### Nueva solicitud de procesamiento

El procesamiento comenzará luego de que sean transferidos todos los archivos de observación RINEX. Este proceso puede demorar algunos minutos.

#### Datos de la BASE para el procesamiento PPP

Archivo de observación RINEX del punto BASE (los formatos aceptados son: .Z, .?d, .?o). Tamaño máximo permitido 20MB.

Selecionar archivo : Ningún archivo seleccionado

Nombre del punto BASE (entre cuatro y nueve caracteres alfanuméricos)

Nombre del punto BASE

Modelo de Antena

Buscar modelo de antena

Tipo de altura de antena

Buscar altura de antena

Altura de antena [m]

El punto BASE ha sido medido sobre:

Buscar opciones de donde se ha medido

Registrar Solicitud

**Fig. 4: Sección "nueva solicitud de procesamiento"**

### Nombre del punto BASE

Es necesario especificar un nombre para el punto BASE medido, que podrá tener entre 4 y 9 caracteres alfanuméricos (sin espacios ni caracteres especiales). Este nombre se imprimirá en el reporte y al mismo tiempo servirá para identificar al procesamiento.

### Modelo de antena

En el campo modelo de antena que se dispone en la aplicación se pueden elegir todas las antenas contenidas en el archivo de calibración de antenas de NGS (National Geodetic Survey). Estas antenas poseen datos de calibración que permiten que el software calcule los desplazamientos y variaciones absolutas del centro de fase y los corrija en las observaciones.

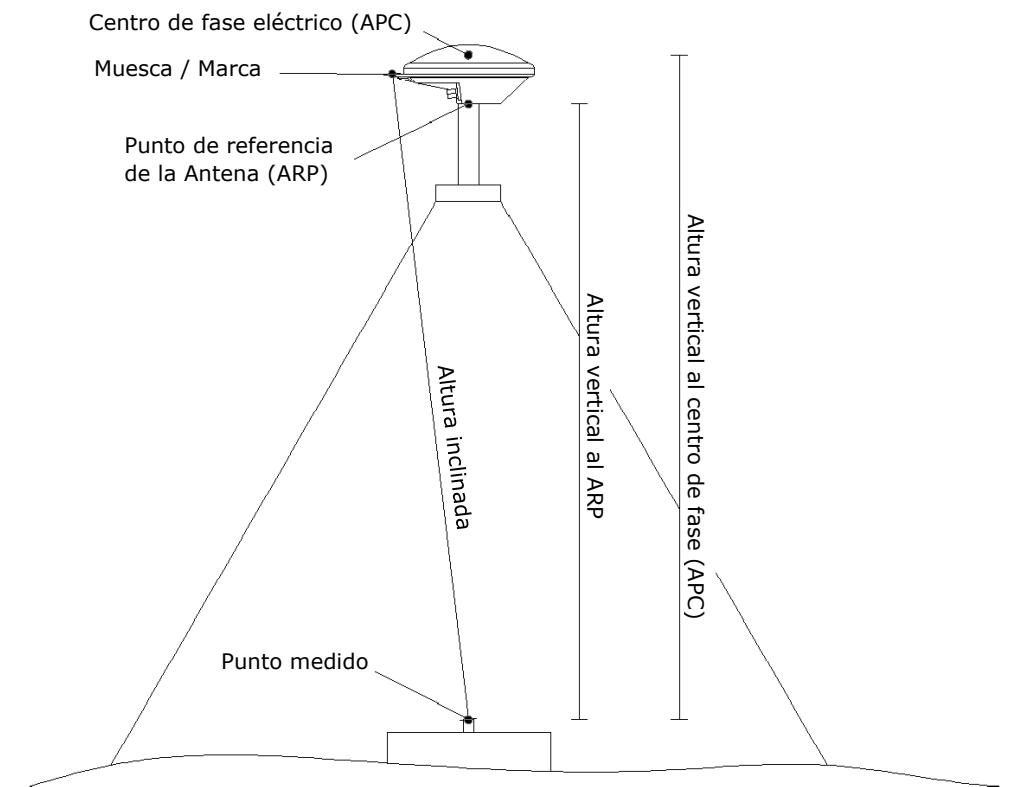
En el caso de que la antena utilizada en la medición no figure dentro del listado, se deberá elegir la antena "Desconocida (UNKNOWN\_EXT NONE)".

### Tipo de altura de antena

Para que las correcciones de calibración de antenas aplicadas en el procesamiento sean correctas, si la antena que se utilizó en la medición es conocida (es decir, figura en el listado anterior), la altura de antena que se cargue se debe referir al punto de referencia de la antena o ARP (Antenna

Reference Point). Este punto coincide en general con la base de la antena. Para las antenas conocidas, PPP-Ar permite la carga de distintos tipos de altura de antena. Todas las antenas poseen la opción de cargar la altura vertical al ARP mientras que algunas también poseen la opción de cargar alturas inclinadas medidas a la marca o muesca que la antena posee para la medición de este tipo de alturas. En el caso de cargar una altura de antena inclinada, PPP-Ar convertirá dicha altura a una altura vertical referida al ARP de la antena utilizada.

Si la antena elegida es "Desconocida (UNKNOWN\_EXT NONE)", el tipo de altura a cargar debe ser vertical y estar referida al centro de fase eléctrico (APC) de la antena utilizada.



**Fig. 5: Tipos de altura de antena**

### **Altura de antena**

En este campo se carga el valor numérico de la altura de antena, según el tipo de altura que se haya elegido.

### **4.4 Reporte PDF de resultados**

Como resultado del procesamiento con PPP-Ar se obtiene un archivo en formato PDF que se envía al usuario por correo. Asimismo, el archivo PDF puede ser descargado también desde la aplicación, desde la pestaña *Solicitudes* (cuando el estado figure como "Terminado").

El reporte PDF consta de diferentes secciones:

## Resumen de procesamiento del punto

### RESUMEN DE PROCESAMIENTO DEL PUNTO B001

FECHA DE EJECUCIÓN DEL PROCESAMIENTO (UTC <sup>1</sup>): 2022-01-26 14:26:28

INICIO DE MEDICIÓN:	2017-09-02 12:02:55	MODELO DE ANTENA:	Trimble R8s Internal (TRMR8S NONE)
FIN DE MEDICIÓN:	2017-09-02 15:49:50	ALTURA DE ANTENA (ingresada):	0.945 m
DURACIÓN:	03:46:55	TIPO DE ALTURA DE ANTENA (ingresada):	Inclinada al centro del tope protector
OBSERVACIONES:	Código & Fase	ALTURA DE ANTENA (ARP al punto) <sup>2</sup> :	0.885 m
INT. DE REGISTRO:	5 segundos	DISTANCIA ARP-APC <sup>3</sup> :	0.101 m
CONSTELACIONES PROCESADAS:	GPS+GLO	FRECUENCIAS PROCESADAS <sup>4</sup> :	L1/L2
ÉPOCAS PROCESADAS:	2724	ÁNGULO DE MÁSCARA:	10°
ÉPOCAS RECHAZADAS:	0	TIPO DE PRODUCTOS <sup>5</sup> :	Finales

**Fig. 6: Sección "resumen de procesamiento" del reporte PPP-Ar**

En esta sección se muestra información relacionada a los parámetros cargados para el procesamiento PPP e información del archivo de observación. A continuación se describe la información que muestra cada campo:

- **Fecha de ejecución del procesamiento (UTC):** es la fecha en la cual se ejecutó el procesamiento en el servidor del IGN donde funciona el servicio PPP-Ar en UTC (hora local Argentina: -3 horas respecto de UTC).
- **Inicio de medición:** primera época registrada en el archivo RINEX (UTC).
- **Fin de medición:** última época registrada en el archivo RINEX (UTC).
- **Duración:** intervalo de tiempo (horas, minutos y segundos) en el que el receptor GNSS registró observables.
- **Observaciones:** tipo de observables procesados por el software GPSPACE.
- **Int. de registro:** intervalo de registro original del archivo RINEX importado por el usuario.
- **Modelo de antena:** modelo de antena cargado en la solicitud.
- **Ángulo de máscara:** máscara de elevación utilizada en el procesamiento PPP.
- **Tipo de productos:** calidad de los productos utilizados en el procesamiento PPP. Estos pueden ser *Rápidos* o *Finales*.
- **Frecuencias procesadas:** frecuencias portadoras utilizadas en el procesamiento PPP (depende de la capacidad de rastreo del receptor GNSS).
- **Altura de antena (ingresada):** valor de altura de antena ingresada por el usuario al momento de completar la solicitud de procesamiento.
- **Tipo de altura de antena (ingresada):** tipo de altura de antena ingresada por el usuario al momento de completar la solicitud de procesamiento.

- **Altura de antena (ARP al punto):** altura de antena vertical al ARP (calculada o ingresada directamente por el usuario en la solicitud).
- **Distancia ARP-APC:** distancia vertical entre el punto de referencia de la antena y el centro de fase eléctrico utilizada en el procesamiento PPP.
- **Constelaciones procesadas:** cantidad de constelaciones utilizadas en el procesamiento (no necesariamente debe coincidir con la cantidad de constelaciones que puede rastrear el receptor GNSS).
- **Épocas procesadas:** cantidad de épocas procesadas.
- **Épocas rechazadas:** cantidad de épocas rechazadas durante el procesamiento de las observaciones.

## Resultados del posicionamiento

### RESULTADOS DEL POSICIONAMIENTO

COORDENADAS OFICIALES POSGAR07 (época 2006.632) <sup>6</sup>			
GEODÉSICAS		CARTESIANAS GEOCÉNTRICAS	
Latitud:	34° 35' 3.6480"S ±0.009 m	X:	2754795.475 m ±0.022 m
Longitud:	58° 23' 44.9848"W ±0.018 m	Y:	-4477125.831 m ±0.027 m
Altura elipsoidal:	30.064 m ±0.035 m	Z:	-3600016.254 m ±0.021 m
Altura SRVN16 <sup>7</sup> :	13.962 m	N:	16.102 m
COORDENADAS PPP (época 2017.245) <sup>8</sup>			
GEODÉSICAS		CARTESIANAS GEOCÉNTRICAS	
Latitud:	34° 35' 3.6441"S ±0.009 m	X:	2754795.472 m ±0.020 m
Longitud:	58° 23' 44.9864"W ±0.011 m	Y:	-4477125.901 m ±0.028 m
Altura elipsoidal:	30.052 m ±0.035 m	Z:	-3600016.149 m ±0.016 m

**Fig. 7: Sección "resultados del posicionamiento" del reporte PPP-Ar**

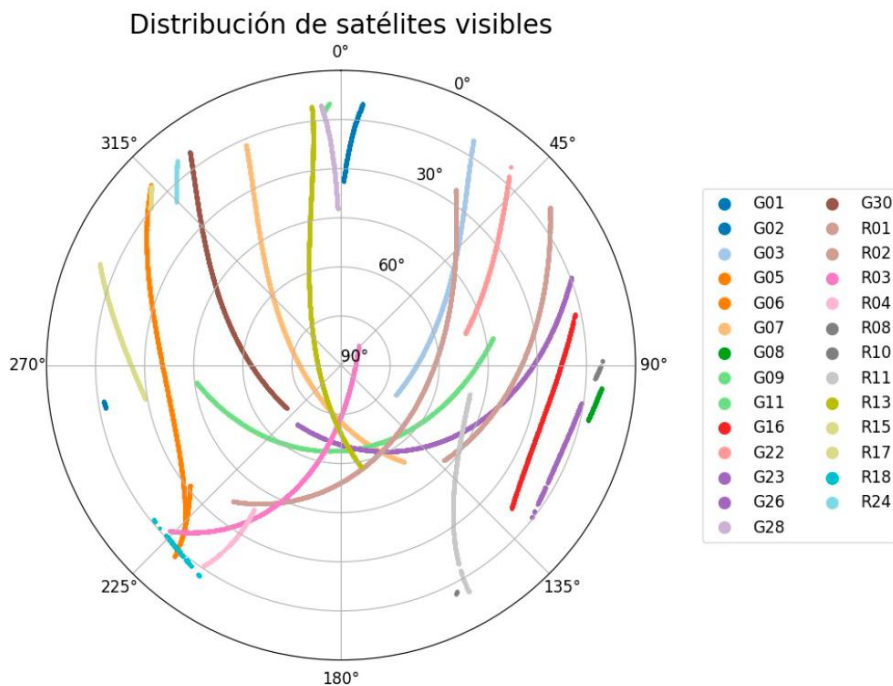
En esta sección del reporte PDF se muestran las coordenadas oficiales POSGAR07 (época 2006.632) determinadas a partir del procesamiento PPP y el uso auxiliar de VEL-Ar. También se muestra la cota SRVN16 del punto en cuestión (si el mismo está dentro del área de cobertura del modelo GEOIDE-Ar16).

Además de las coordenadas en el marco de referencia geodésico nacional, se reportan las coordenadas PPP vinculadas al marco de referencia de las órbitas utilizadas y determinadas para la época de medición. Estas coordenadas son las obtenidas en forma nativa como salida del procesamiento PPP, sin la aplicación de ningún modelo ni consideración adicional.

Ambos juegos de coordenadas se expresan en geodésicas (latitud, longitud y altura elipsoidal) y en cartesianas geocéntricas y tienen asociados los errores estimados expresados en metros.

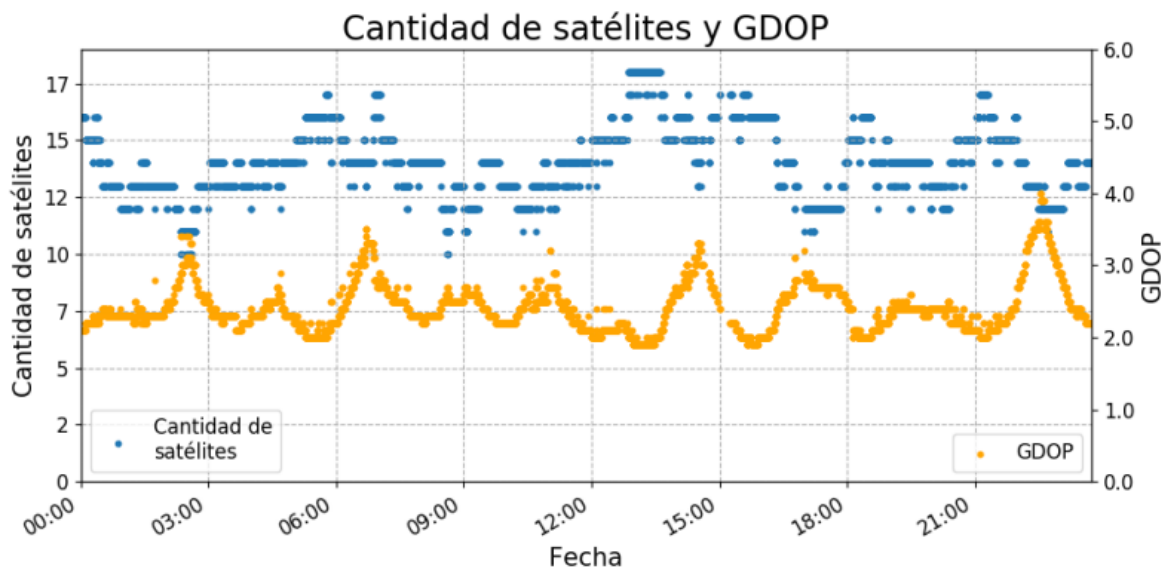


## Gráficos



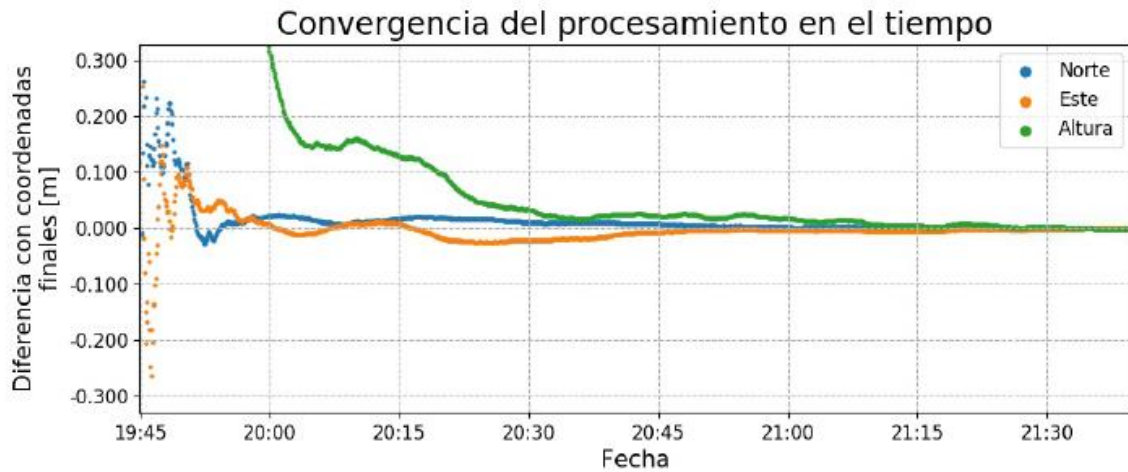
**Fig. 8: Cantidad y distribución de satélites visibles por la BASE**

En este gráfico se muestra la distribución y trayectoria de los satélites en el cielo visibles por la antena GNSS durante el tiempo de medición.



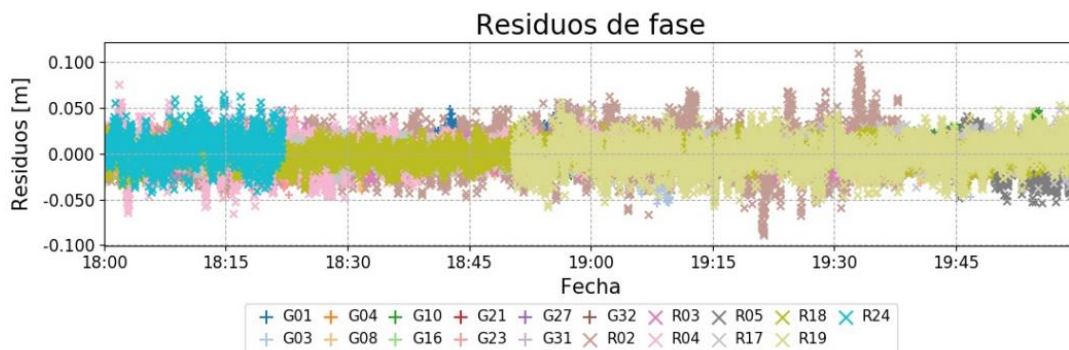
**Fig. 9: Evolución de la cantidad de satélites registrados y GDOP a lo largo del tiempo de observación del equipo GNSS**

Luego se muestra la cantidad de satélites y el valor del GDOP (Geometric Dilution of Precision) para cada época de medición.



**Fig. 10: Evolución de la convergencia del procesamiento a través del tiempo respecto de las coordenadas finales**

En el tercer gráfico se muestra la convergencia del procesamiento en cada una de las componentes de las coordenadas (latitud, longitud y altura) con respecto a las coordenadas finales obtenidas del procesamiento GNSS.



**Fig. 11: Residuos en metros de los observables de fase respecto a cada satélite observado y en función del tiempo**

Finalmente, se muestran los desvíos de fase portadora de cada satélite para cada observación procesada.

## 4.5 Descarga de los resultados



El reporte de los resultados en formato PDF llegará por correo electrónico a la dirección que el usuario haya especificado en la generación del mismo. Además es posible descargar el reporte desde la aplicación en la pestaña *Solicitudes*.

## Solicitudes de procesamiento

Listado de todas las solicitudes realizadas. Podrá ver el estado y descargar los informes de procesamiento de aquellas solicitudes finalizadas.

**Solicitudes**

Mostrar  registros

Fecha de solicitud	Nombre del punto BASE	Estado	Detalle	Informe
24/11/2021	FI07	Terminado		

Página 1 de 1 | Ir a la página:





<<
Anterior
Siguiete
>>

**Fig. 12: Descarga del reporte .PDF desde la sección "Solicitudes"**

Allí también se podrán observar los metadatos cargados en la solicitud de procesamiento y visualizar los errores en el procesamiento en caso de que los haya.

**Solicitudes**

Mostrar  registros

Fecha de solicitud	Nombre del punto BASE <	Estado	Detalle	Informe
29/11/2021	AZUL	Terminado		
24/11/2021	FI07	Cancelado		

### Punto BASE

RINEX del punto CHLT: 

Modelo de antena: Trimble Zephyr Geodetic (TRM41249.00 NONE)

Tipo de altura de antena: Vertical a la base de la antena o ARP (Antenna Reference Point)

Altura de antena: 0.000

Lugar de donde se midio la base: Pilar geodésico (red POSGAR/PASMA/Provincial)

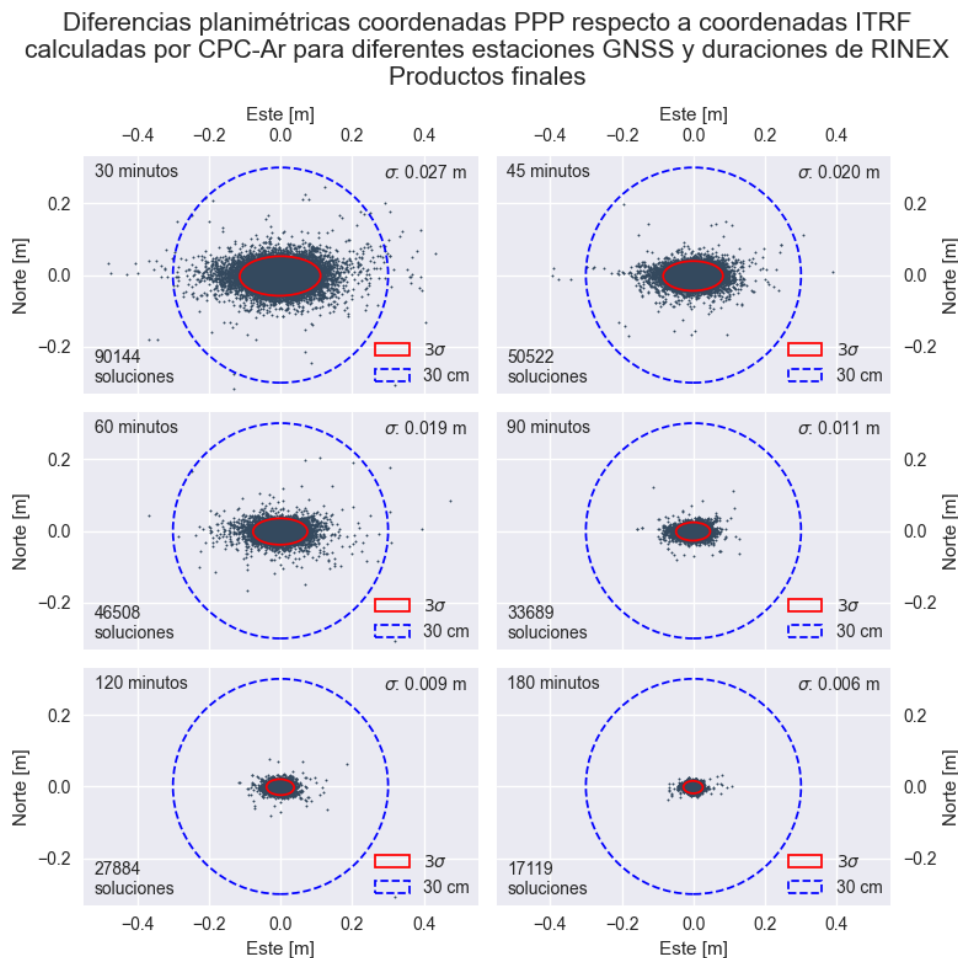
**Fig. 13: Visualización de la información ingresada para el procesamiento desde la sección "Solicitudes"**

## 5 Análisis de los resultados

Para analizar la precisión y exactitud de las coordenadas obtenidas con PPP-Ar se realizaron procesamientos masivos con datos provenientes de estaciones GNSS permanentes pertenecientes a la Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo (RAMSAC). Para esto se utilizaron diferentes intervalos de registro y duración de archivos RINEX para distintos días de medición. Teniendo en cuenta que en el reporte de resultados de PPP-Ar se obtienen dos juegos de coordenadas, uno vinculado a POSGAR07 y otro al marco de referencia de las órbitas utilizadas, se analizaron los resultados obtenidos para ambos casos.

### 5.1 Análisis de las coordenadas PPP

En primera instancia se analizaron las coordenadas obtenidas en el marco de referencia de las órbitas. Para esto se compararon las diferencias entre las coordenadas ITRF obtenidas con PPP y las coordenadas ITRF obtenidas por el CPC-Ar (Centro de Procesamiento Científico de datos GPS de la República Argentina) determinadas para la misma época de medición. Las diferencias resultantes se graficaron en planimetría para las distintas duraciones de archivos RINEX muestreados.

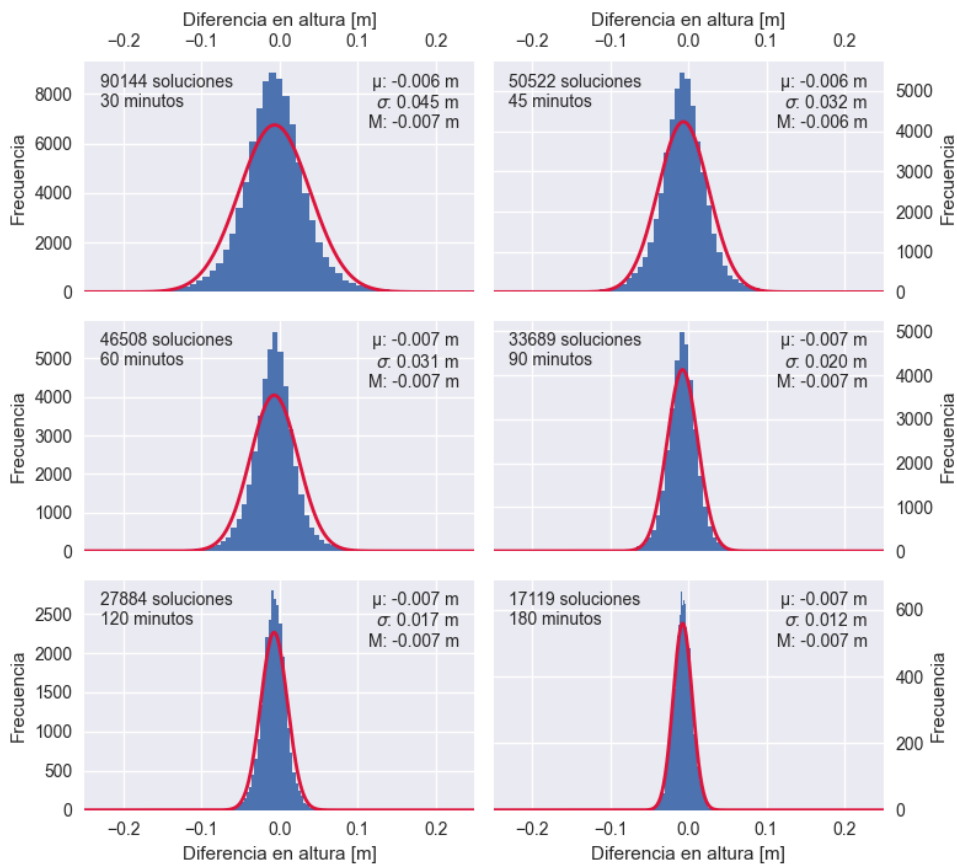


**Fig. 14: Diferencias planimétricas de coordenadas PPP vs soluciones IGS14 determinadas por el CPC-Ar para distintas duraciones de archivos RINEX**

Se puede observar que a medida que el tiempo de observación del archivo RINEX aumenta, la precisión asociada a las coordenadas obtenidas también aumenta. La componente **este** es la más comprometida en planimetría. La exactitud resultó adecuada en ambas componentes planimétricas. El promedio de las diferencias tanto en norte como en este es muy cercano a cero y por tanto se desprende que no existe un sesgo o error sistemático vinculado a la determinación de las coordenadas.

En cuanto a la componente altimétrica, se analizaron en forma separada las diferencias de coordenadas obtenidas con PPP respecto a las ITRF a través de un histograma.

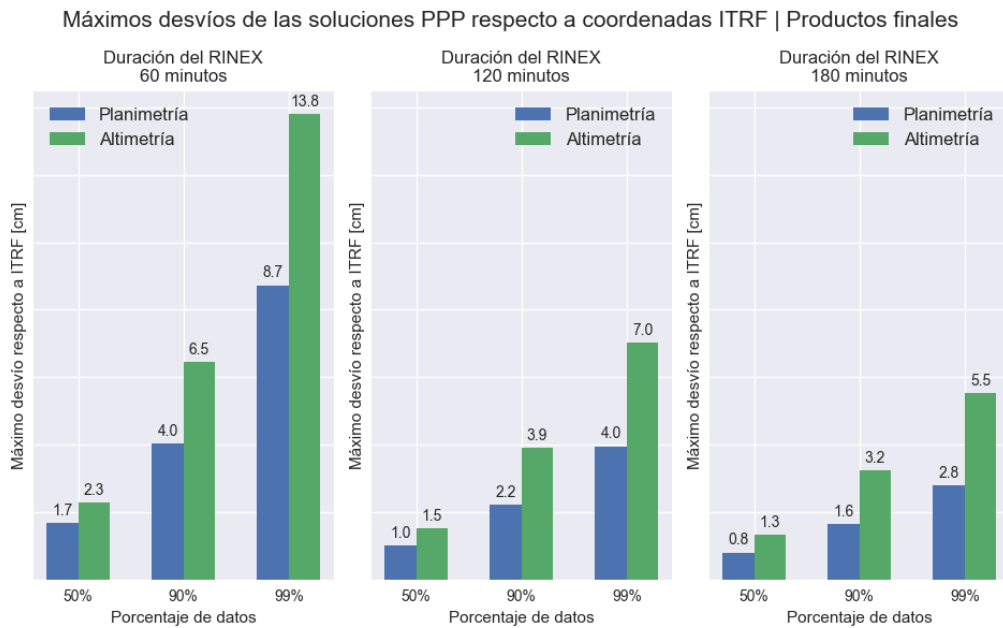
Histograma de diferencias en altura coordenadas PPP respecto a coordenadas ITRF calculadas por CPC-Ar para diferentes estaciones GNSS y duraciones de RINEX  
Productos finales



**Fig. 15: Histograma de diferencias altimétricas de coordenadas PPP (época de medición) vs soluciones IGS14 determinadas por el CPC-Ar para distintas duraciones de archivos RINEX**

Al igual que en planimetría, a medida que el tiempo de observación aumenta, la dispersión altimétrica disminuye. En cuanto a la exactitud, se observa en el gráfico anterior un corrimiento promedio de todas las soluciones de unos 7 milímetros respecto a las coordenadas ITRF. Este corrimiento sistemático, si bien es cercano a cero, se encuentra dentro de los resultados esperables del método para sesiones de medición de las características analizadas.

A partir de los datos anteriores se desprenden los valores máximos de apartamiento respecto a las coordenadas verdaderas de las estaciones para diferentes tiempos de observación:

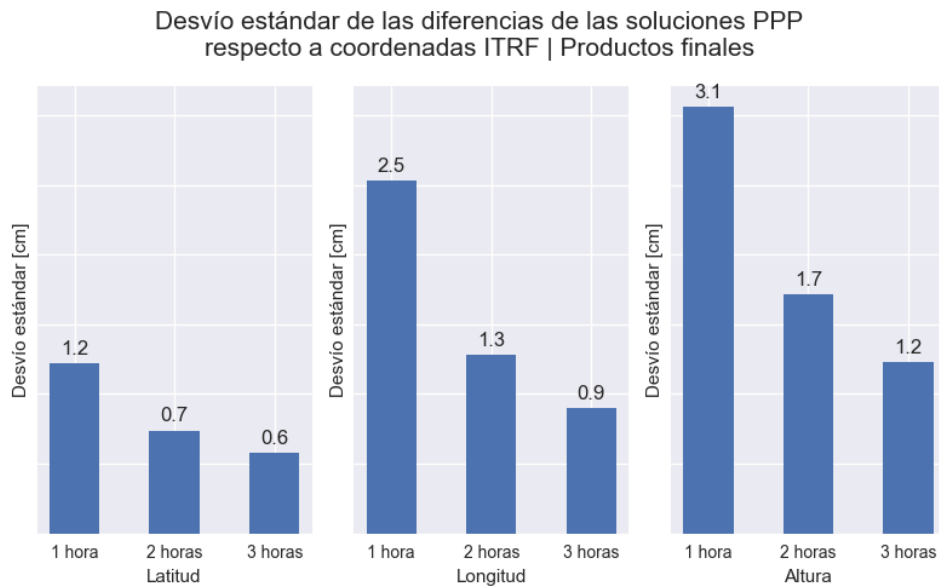


**Fig. 16: Máximos desvíos detectados entre las soluciones PPP (época de medición) y las soluciones IGS14 determinadas por el CPC-Ar para distintas duraciones de archivos RINEX y utilizando productos orbitales finales**

En base a los resultados anteriores, se puede concluir que:

- Para sesiones de una hora, en el 99% de los casos analizados las diferencias entre PPP e ITRF son menores a los 9 cm en planimetría y a los 14 cm en altimetría.
- Para sesiones de dos horas, en el 99% de los casos analizados las diferencias entre PPP e ITRF son menores a los 4 cm en planimetría y a los 7 cm en altimetría.
- Para sesiones de tres horas, en el 99% de los casos analizados las diferencias entre PPP e ITRF son menores a los 3 cm en planimetría y a los 6 cm en altimetría.

También se determinaron los desvíos estándar de las diferencias entre PPP e ITRF, cuyos resultados se muestran a continuación:



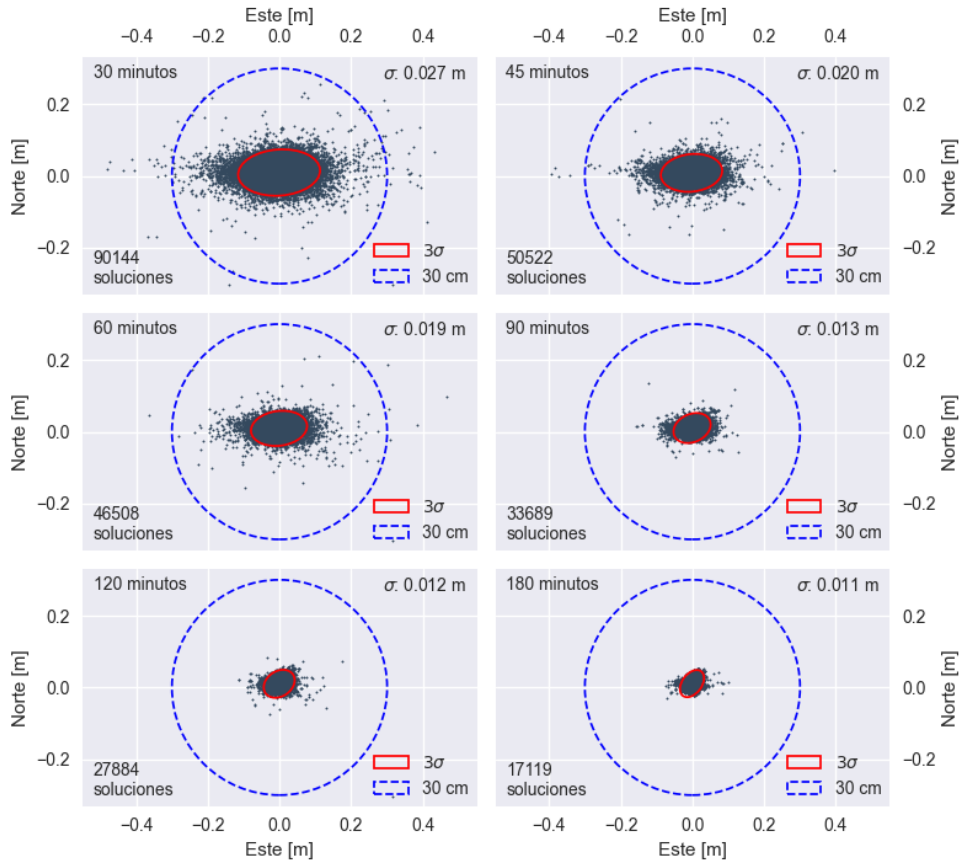
**Fig. 17: Desvíos estándar entre las soluciones PPP (época de medición) y las soluciones IGS14 determinadas por el CPC-Ar para distintas duraciones de archivos RINEX y utilizando productos orbitales finales**

## 5.2 Análisis de las coordenadas POSGAR07

Para transformar las coordenadas PPP (vinculadas al marco de referencia de las órbitas) a POSGAR07 en la época convencional 2006.632, se utiliza el modelo de trayectorias no lineales VEL-Ar y parámetros de transformación. En este proceso se adiciona a las coordenadas un error debido principalmente a la precisión del modelo de velocidades.

A continuación, se comparan las coordenadas POSGAR07 obtenidas a través del servicio PPP-Ar con las coordenadas oficiales de una serie de estaciones GNSS permanentes pertenecientes a RAMSAC (Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo), distribuidas a lo largo y ancho del territorio nacional.

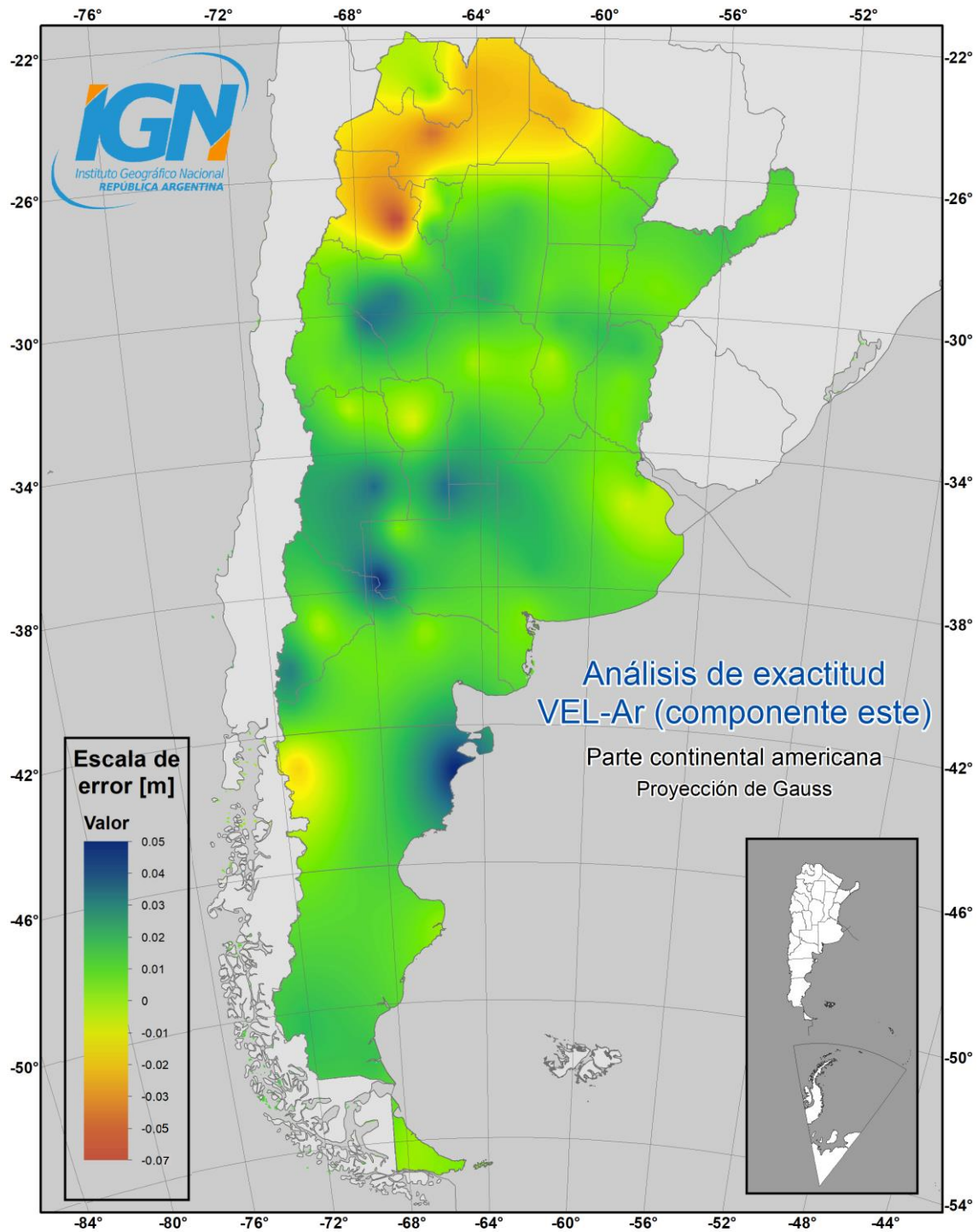
Diferencias planimétricas coordenadas PPP-Ar respecto a coordenadas POSGAR07 oficiales para diferentes estaciones GNSS y duraciones de RINEX  
Productos finales



**Fig. 18: Diferencias planimétricas de coordenadas PPP-Ar (época 2006.632) vs coordenadas oficiales POSGAR07 para distintas duraciones de archivos RINEX**

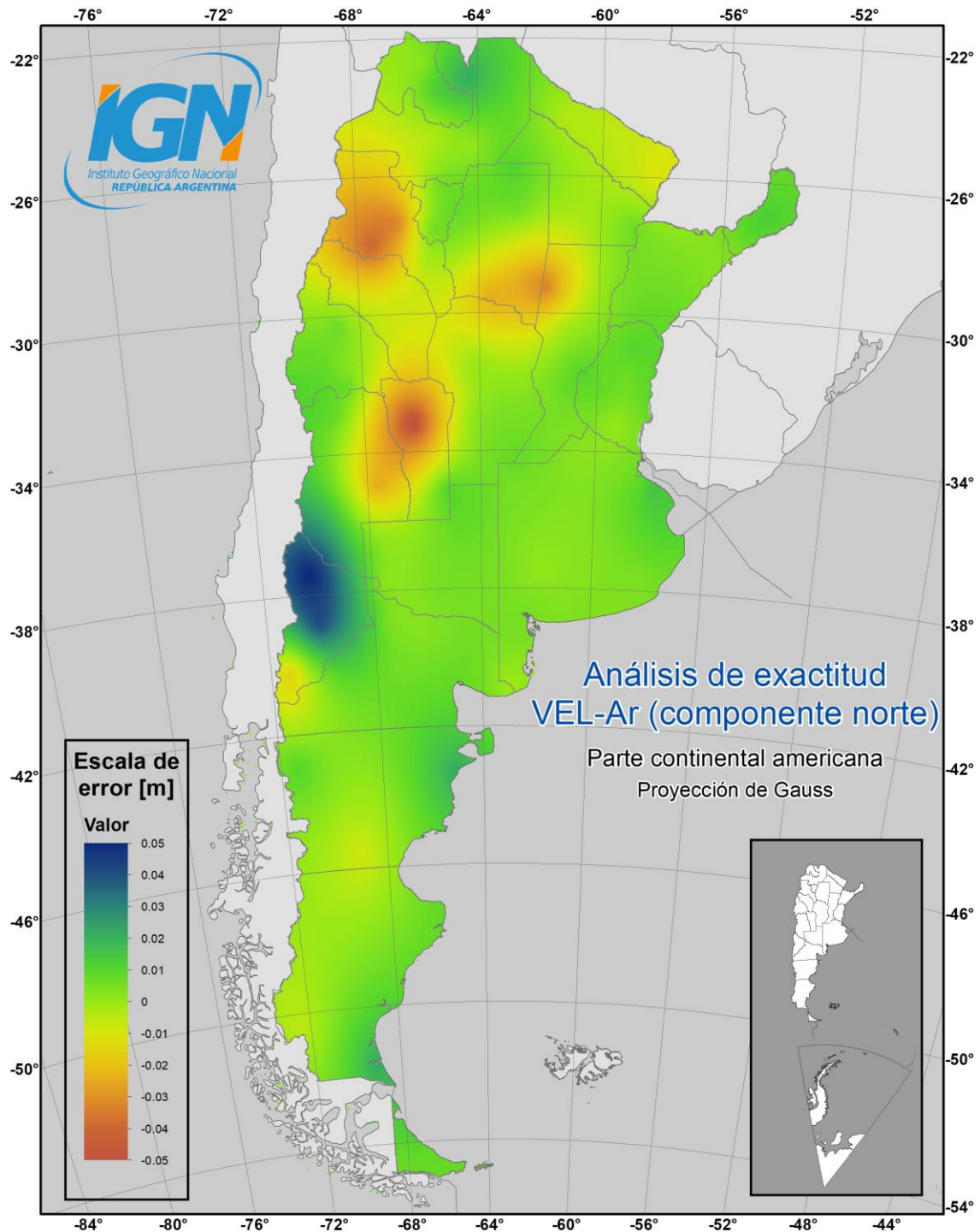
Se observa en algunos casos un desplazamiento planimétrico de algunos centímetros para las coordenadas POSGAR07 obtenidas de PPP-Ar respecto de las oficiales POSGAR07 de cada estación GNSS permanente, lo que genera una mayor dispersión en los resultados y también una falta de exactitud. Estos desplazamientos dependen fuertemente de la zona donde se encuentre el punto. Para cuantificar la magnitud y distribución de este sesgo en el modelo de velocidades, se generaron mapas diferenciando los errores que se comenten en las componentes norte y este al llevar coordenadas desde la época 2021.000 a la época 2006.632 con VEL-Ar v2.0.





**Fig. 19: Análisis de exactitud en la componente "este" de VEL-Ar v2.0**

El error en la componente este del modelo es el de mayor magnitud. En el sur de la Provincia de Mendoza y a sus alrededores el sesgo generado por la utilización del modelo alcanza un valor máximo de aproximadamente 10 centímetros. En el resto del país la exactitud del modelo en la componente este se encuentra dentro de los 5 centímetros.



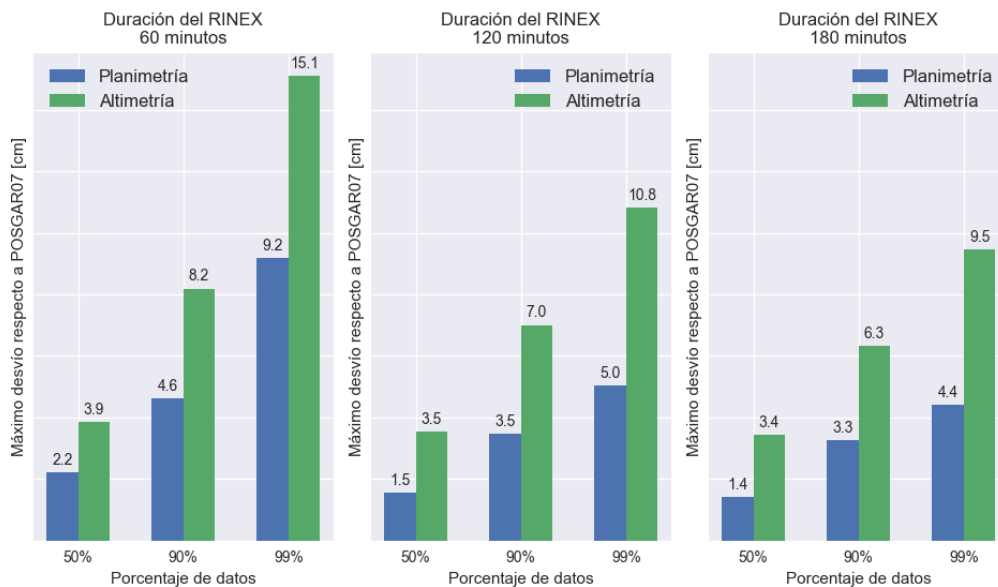
**Fig. 20: Análisis de exactitud en la componente "norte" de VEL-Ar v2.0**

En cuanto a la componente norte, el modelo permite obtener coordenadas en la época 2006.632 dentro de un entorno de los 5 centímetros para todo el país. Sin embargo, el comportamiento del sesgo a lo largo del territorio nacional es más variable que para la componente este por lo que debe analizarse para cada zona en particular.

Al igual que para las coordenadas PPP, también se obtuvieron los máximos apartamientos respecto a las coordenadas POSGAR07 obtenidas de PPP-Ar

respecto a las oficiales POSGAR07 de cada estación GNSS permanente analizada:

Máximos desvíos de las soluciones PPP-Ar respecto a coordenadas POSGAR07 | Productos finales



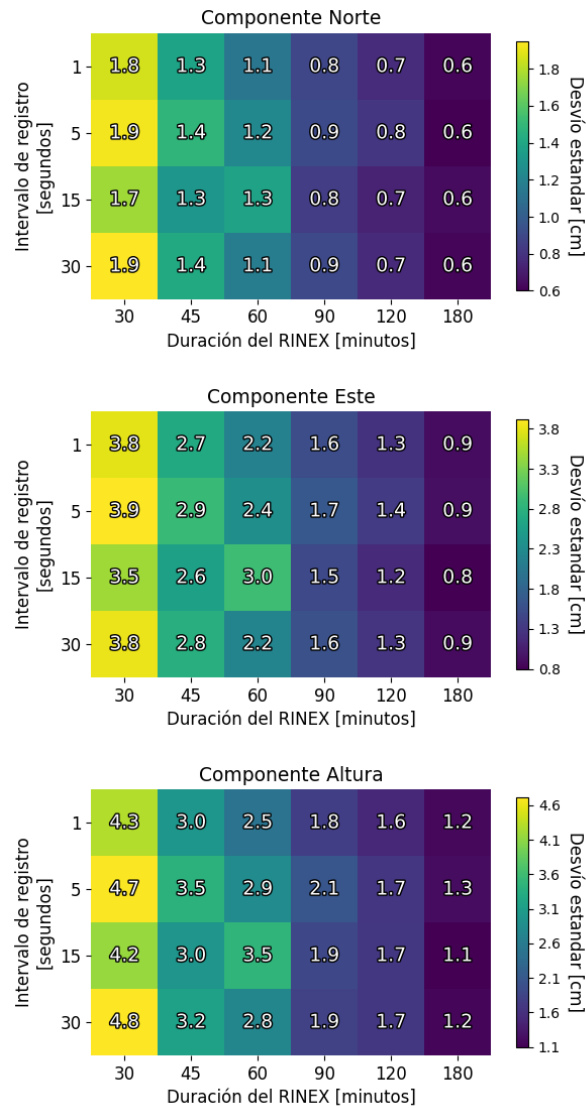
**Fig. 21: Máximos desvíos detectados entre las coordenadas PPP-Ar (época 2006.632) y coordenadas oficiales POSGAR07 para distintas duraciones de archivos RINEX y utilizando productos orbitales finales**

Se concluye que:

- Para sesiones de una hora, en el 99% de los casos analizados las diferencias entre PPP-Ar y POSGAR07 son menores a los 10 cm en planimetría y a los 16 cm en altimetría.
- Para sesiones de dos horas, en el 99% de los casos analizados las diferencias entre PPP-Ar y POSGAR07 son menores a los 5 cm en planimetría y a los 11 cm en altimetría.
- Para sesiones de tres horas, en el 99% de los casos analizados las diferencias entre PPP-Ar y POSGAR07 son menores a los 5 cm en planimetría y a los 10 cm en altimetría.

### 5.3 Análisis de la variación de los intervalos de registro

Además de analizar la variación en la precisión de las coordenadas obtenidas utilizando diferentes tiempos de observación, se analizó la calidad de los resultados utilizando archivos RINEX con diferentes intervalos de registros: 1, 5, 15 y 30 segundos. Para comparar los resultados obtenidos con los diferentes intervalos de registro se utilizó el indicador desvío estándar aplicado a las diferencias entre las coordenadas PPP y las coordenadas ITRF determinadas por CPC-Ar. Este indicador se calculó para los procesamientos con cada intervalo de registro y para cada duración de sesión estudiada.



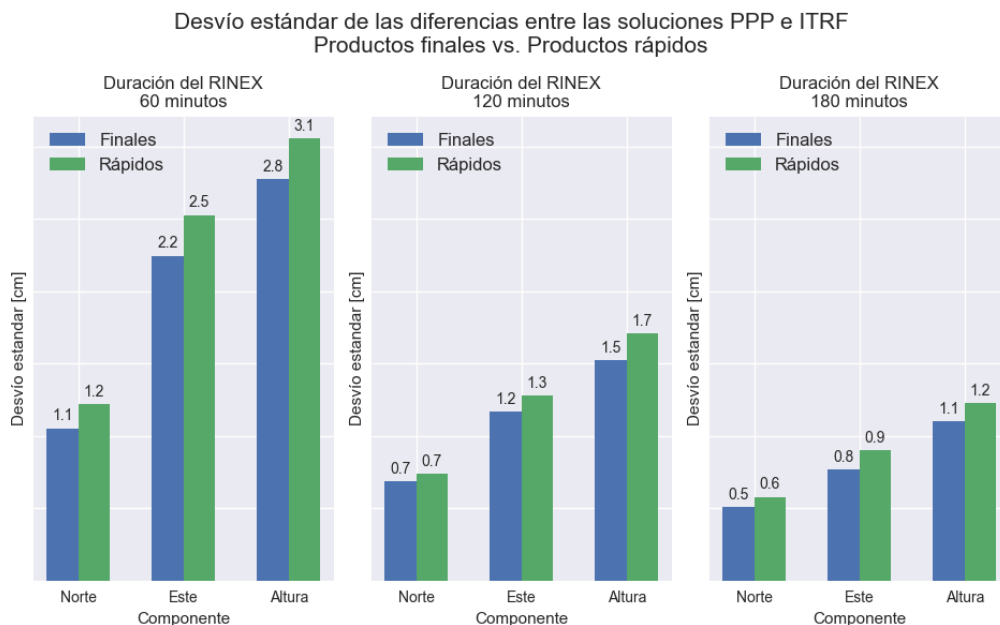
**Fig. 22: Desvíos estándar de las diferencias entre las coordenadas PPP (época de medición) y soluciones ITRF determinadas por el CPC-Ar utilizando distintos intervalos de registro en los archivos RINEX**

A partir del análisis de los cuadros anteriores se desprende que los valores obtenidos utilizando diferentes intervalos de registro resultan prácticamente equivalentes, es decir, que el uso de una mayor cantidad de observaciones (que supone el utilizar un intervalo de registro menor) no mejora la solución. La mejora en la solución se logra prolongando el tiempo de la observación (como se ha arribado en otras oportunidades). Los gráficos anteriores pueden ser utilizados también como una tabla de doble entrada, donde ingresando mediante el intervalo de registro y la duración del RINEX se obtiene la precisión estimada para un procesamiento PPP realizado con dichos parámetros (en el marco de referencia de las órbitas y en la época de medición).

## 5.4 Productos finales vs. Productos rápidos

Todos los resultados que se analizaron hasta el momento se obtuvieron a partir de la utilización de productos finales. El servicio PPP-Ar permite procesar archivos RINEX de observación GNSS con productos rápidos cuando aún no han sido publicados los productos finales (en general, cuando la solicitud que se quiere procesar se envía entre los 2 y 18 días de realizada la medición). En forma análoga al procedimiento que se realizó con los productos finales, se realizaron también procesamientos masivos con productos rápidos.

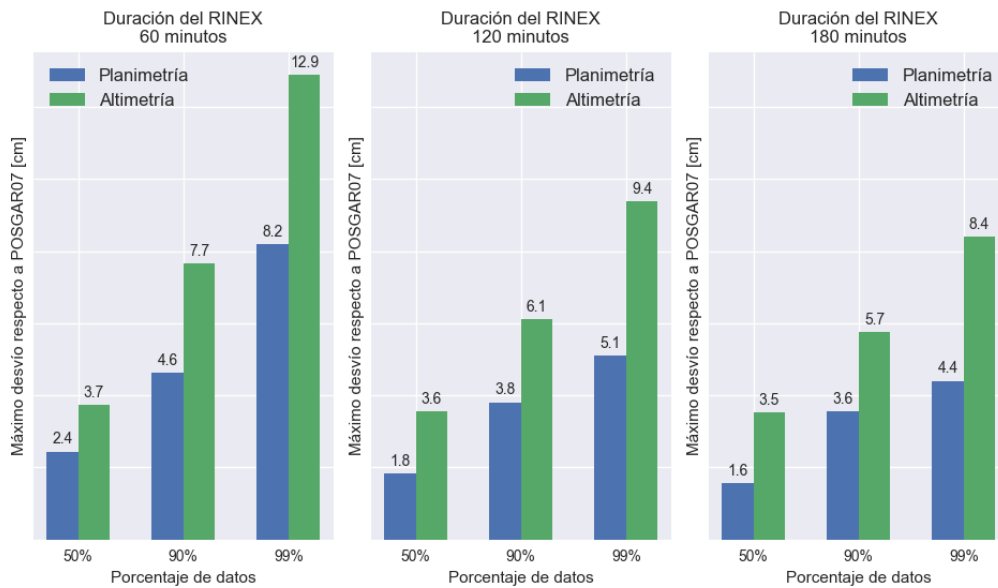
En el siguiente gráfico se muestran los desvíos estándar de las diferencias entre las coordenadas PPP e ITRF utilizando tanto productos rápidos como finales.



**Fig. 23: Máximos desvíos detectados entre las entre las soluciones PPP (época de medición) y las soluciones IGS14 determinadas por el CPC-Ar, utilizando productos orbitales rápidos y finales**

Los resultados muestran que el uso de productos rápidos en el procesamiento conduce a precisiones levemente inferiores a las que se obtienen con los productos finales para todas las componentes. Sin embargo, estos permiten obtener de igual forma muy buenos resultados sin la necesidad de tener que esperar algunas semanas hasta que los productos finales sean publicados.

Máximos desvíos de las soluciones PPP-Ar respecto a coordenadas POSGAR07 | Productos rápidos



**Fig. 24: Máximos desvíos detectados entre las entre las coordenadas PPP-Ar (época 2006.632) y las coordenadas oficiales POSGAR07, utilizando productos orbitales rápidos y finales**

Se concluye que:

- Para sesiones de una hora procesadas con productos rápidos, en el 99% de los casos analizados las diferencias entre PPP-Ar y POSGAR07 son menores a los 9 cm en planimetría y a los 13 cm en altimetría.
- Para sesiones de dos horas procesadas con productos rápidos, en el 99% de los casos analizados las diferencias entre PPP-Ar y POSGAR07 son menores a los 6 cm en planimetría y a los 10 cm en altimetría.
- Para sesiones de tres horas procesadas con productos rápidos, en el 99% de los casos analizados las diferencias entre PPP-Ar y POSGAR07 son menores a los 5 cm en planimetría y a los 9 cm en altimetría.

## **6 Conclusiones**

Por todo lo expuesto, PPP-Ar es un servicio en línea gratuito que le permite a los usuarios de la tecnología GNSS obtener coordenadas precisas vinculadas al marco de referencia geodésico nacional POSGAR07, a partir del envío de datos en formato RINEX de receptores doble frecuencia que operan en modo estático.

Las precisiones obtenidas que se desprenden de las pruebas masivas realizadas son directamente proporcionales a la duración de la observación, pero prácticamente independientes de los intervalos de registros y tipo de órbitas utilizadas.

Típicamente, para obtener precisiones inferiores a los 30 cm (con una confiabilidad del 95%), en condiciones ideales de visibilidad al cielo se debe sostener la medición estática no menos de 60 minutos. La duración óptima de la observación quedará a criterio profesional y dependerá de las condiciones del entorno y la aplicación que quiera darle el usuario a los resultados que obtenga.

## 7 Referencias

Dach, R., S. Schaer, D. Arnold, M. Kalarus, L. Prange, P. Stebler, A. Villiger, A. Jaeggi (2020). CODE rapid product series for the IGS. Published by Astronomical Institute, University of Bern. URL: <http://www.aiub.unibe.ch/download/CODE>; DOI: 10.7892/boris.75854.4.

Gómez, D. D., Piñón, D. A., Smalley, R., Jr., Bevis, M., Cimbaro, S. R., Lenzano, L. E., & Barón, J. (2015). Reference frame access under the effects of great earthquakes: a least squares collocation approach for non-secular post-seismic evolution. In *Journal of Geodesy* (Vol. 90, Issue 3, pp. 263–273). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s00190-015-0871-8>

Kouba, J., & Héroux, P. (2001). Precise Point Positioning Using IGS Orbit and Clock Products. In *GPS Solutions* (Vol. 5, Issue 2, pp. 12–28). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/pl00012883>

Noll, C. E. (2010). The crustal dynamics data information system: A resource to support scientific analysis using space geodesy. In *Advances in Space Research* (Vol. 45, Issue 12, pp. 1421–1440). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2010.01.018>

Zumberge, J. F., Heflin, M. B., Jefferson, D. C., Watkins, M. M., & Webb, F. H. (1997). Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks. In *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* (Vol. 102, Issue B3, pp. 5005–5017). American Geophysical Union (AGU). <https://doi.org/10.1029/96jb03860>

<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/Posgar07>

<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/VEL-Ar>

<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/Geoide-Ar16>

<https://geodesy.noaa.gov/ANTCAL/>

<https://www.iers.org/IERS/EN/DataProducts/ITRF/itrf.html>

<https://sirgas.ipgh.org/red-gnss/coordenadas/coordenadas-semanales/>

<http://holt.oso.chalmers.se/loading/>