

Aplicación web para

# **Georreferenciación utilizando servicios de posicionamiento en línea**

y su aplicación en la Agrimensura

Santiago Pestarini  
[santiago@pestarini.com.ar](mailto:santiago@pestarini.com.ar)

Agrimensura – FCElyA – UNR

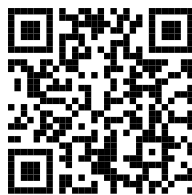
1. sep. 2016

*Última edición: 10. oct. 2016*



# Índice de contenido

Resumen.....	1
Objetivos.....	2
Introducción.....	3
Qué es una aplicación web.....	3
Qué es georreferenciación.....	3
Qué son los servicios de posicionamiento en línea.....	3
Cómo aprovechar los servicios de posicionamiento en línea.....	4
<b>Servicios de posicionamiento en línea.....</b>	<b>5</b>
Fundamentos.....	5
Servicios de post-proceso de Posicionamiento Diferencial.....	5
Servicios de post-proceso de Posicionamiento Puntual Preciso.....	7
Cuadro comparativo.....	9
<b>Correcciones.....</b>	<b>12</b>
Modelos de velocidades.....	12
Desplazamientos sísmicos.....	13
Otros.....	13
<b>La aplicación web.....</b>	<b>14</b>
Origen, la <i>PPPCalc</i> .....	14
Evolución.....	14
Actualidad, versión 1.0.....	15
Líneas de trabajo a futuro.....	15
<b>Gabinete.....</b>	<b>16</b>
Casos de prueba.....	16
Posibles metodologías de trabajo.....	16
Cómo incorporarlo al expediente de mensura.....	16
<b>Referencias.....</b>	<b>17</b>
Servicios de posicionamiento diferencial o relativo.....	17
Servicios PPP.....	17
Libros, documentos y artículos.....	17
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>18</b>



Este documento está disponible en la web: <http://goo.gl/muwSNg>.

# Resumen

# Objetivos

Uno de los objetivos del presente trabajo es realizar una introducción al universo creciente de los **servicios de posicionamiento en línea**. Describirlos brevemente, entender sus fundamentos y cómo utilizar sus resultados y, finalmente, incorporarlos como una nueva herramienta.

Pero además, el fin es acercar al usuario final, a través de una sencilla e intuitiva **aplicación web**, las *correcciones* que se deben aplicar a los resultados de los servicios de posicionamiento en línea para referirlos a POSGAR2007, el Marco de Referencia oficial de Argentina y, en particular, de la provincia de Santa Fe.

En síntesis, aportar un recurso más, que en algunos casos podrá ser de primera opción y en otros una alternativa de verificación, en la tarea de **georreferenciar** *objetos territoriales*.

# Introducción

Antes de empezar, se intentan aclarar algunos conceptos.

## Qué es una aplicación web

*Una aplicación web es un programa de software al que se accede a través de un navegador web.*

Es decir, sólo se debe acceder a una dirección web a través del navegador y así se accede a la aplicación, siempre en su versión más reciente. Con esto, no se requieren descarga, instalación o actualizaciones. Esta característica hace que la aplicación sea *multiplataforma*, que significa que es independiente tanto del sistema operativo, como del dispositivo en que se ejecute.

En resumen, cualquier dispositivo (PC o móviles) con cualquier sistema operativo (GNU/Linux, Windows, Android, iOS, etc.) y cualquier navegador web (Firefox, Chrome, Opera, Safari, Internet Explorer, etc.) es apto para utilizar una aplicación web.

## Qué es georreferenciación

*Georreferenciar es expresar las coordenadas de un objeto en un sistema de referencia relativo al planeta Tierra, es decir, en un Sistema de Referencia Global.*

Un Sistema de Referencia (SR) es una definición teórica ideal y su materialización se denomina Marco de Referencia (MR). Si un SR es global, entonces su correspondiente MR también lo será.

En Argentina, como en la provincia de Santa Fe, el Marco de Referencia adoptado como oficial es POSGAR07. Entonces, georreferenciar en Santa Fe, según su Catastro, significa expresar las coordenadas POSGAR07 de un objeto.

POSGAR07 está basado en ITRF05, época 2006.632. Esto es, está definido en base al MR global denominado ITRF05 (International Terrestrial Reference Frame 2005), que es una materialización del SR global denominado ITRS (International Terrestrial Reference System). Además, está calculado para el día 18 de agosto de 2006, que expresado en años y fracción sería 2006.632.

## Qué son los servicios de posicionamiento en línea

Los servicios en línea son servicios prestados por aplicaciones web a través de Internet. En particular, hay dos tipos de servicios de posicionamiento en línea, ambos son de post-proceso, es decir, están disponibles para su utilización luego de la recolección de observaciones GNSS.

Uno es el llamado **posicionamiento diferencial o relativo**, es decir, involucra las observaciones en simultáneo de dos o más receptores a los mismos satélites, a las que utiliza para eliminar las influencias de las fuentes de error a través de la doble (o triple) diferencia entre observaciones, y luego calcular la posición de uno de los receptores en relación al/a los restante/s.

El otro es de tipo absoluto y es el llamado **posicionamiento puntual preciso (PPP)**, es decir, involucra observaciones de un solo receptor, a las que debe aplicar modelos precisos de corrección para todos los fenómenos físicos que las afectan, que se pueden agrupar en *efectos satelitales* y *efectos de desplazamiento local*. Por último, se obtiene la posición absoluta del receptor.

Hay algunas diferencias que se detallarán más adelante, pero lo más importante es que todos los servicios procesan observaciones (en el formato de archivos RINEX) y devuelven los resultados expresados en algún Marco de Referencia determinado y para una época determinada. En general, en ITRF08 y para la época de medición de las observaciones.

Esto significa que para hacer compatibles los resultados del procesamiento de alguno de estos servicios con POSGAR07, se debe aplicar una serie de correcciones.

## **Cómo aprovechar los servicios de posicionamiento en línea**

Si bien se podrían estudiar para una gran variedad de aplicaciones, en este trabajo se intenta aprovechar todo su potencial como herramienta para georreferenciar una nube de puntos, o mejor dicho, georreferenciar la BASE de un relevamiento, es decir, referirla a POSGAR07, a partir de las observaciones GPS o GNSS de ese solo receptor, que incluso podría ser de simple frecuencia, con algunos requerimientos especiales.

Esto puede ser de utilidad para usuarios con receptores de doble frecuencia, para contar con una herramienta de verificación o como alternativa para cuando no logren soluciones fijas con su software de post-proceso o la Estación Permanente más cercana haya fallado y no se cuente con una sesión de datos lo suficientemente buena como para obtener soluciones con EP más lejanas.

Pero también, más significativamente, para los que solamente poseen receptores de simple frecuencia, teniendo en cuenta el gran avance, sobre todo de los servicios PPP, en cuanto a precisiones logradas con tiempos de observación bastante accesibles para cumplir con los requerimientos en mensuras rurales. Si bien sólo dos de los servicios estudiados (CSRS-PPP e IBGE-PPP) ofrecen la posibilidad de procesar observaciones de receptores de simple frecuencia, esta posibilidad abre un abanico de opciones que podría resultar en una mejora sustancial en la eficiencia del proceso de medición.

Quizás hasta pueda analizarse la posibilidad de georreferenciar un relevamiento realizado por métodos no satelitales con la sola medición de dos vértices del mismo mediante un receptor simple frecuencia.

# Servicios de posicionamiento en línea

## Fundamentos

Los servicios en línea, son servicios prestados a través de Internet. En el caso de los servicios de posicionamiento, el servicio prestado es el de procesamiento de datos GNSS recolectados por el usuario y, como resultado, se devuelve un conjunto de coordenadas calculadas a partir de dichos datos.

Si bien cada servicio tiene sus particularidades, todos funcionan fundamentalmente de la misma manera (Ilustración 1): reciben archivos RINEX de observaciones GNSS recolectadas en campo (más algunos otros parámetros de configuración para el procesamiento) y devuelven coordenadas ITRF08 para la misma época de dichas observaciones, cual es el Marco de Referencia de los satélites. Por supuesto que cada servicio ofrece otros MR, en especial los oficiales de cada país de origen.



*Ilustración 1: Funcionamiento básico de todos los servicios de posicionamiento en línea. Imagen descriptiva del servicio CSRS-PPP del NRCan.*

## Servicios de post-proceso de Posicionamiento Diferencial

El posicionamiento diferencial o relativo es el más conocido y de uso mayormente difundido. El procedimiento de recolección de datos para utilizar este método de posicionamiento debe hacerse de forma simultánea por dos o más receptores y, dependiendo del tipo de los receptores, tener la precaución de que los mismos no estén demasiado alejados entre sí, por ejemplo si son de simple frecuencia.

Esto es debido a que la técnica denominada de doble (o triple) diferenciación utilizada para el cálculo de las coordenadas del receptor remoto o rover, se hace en base al cálculo de un vector con origen en otro receptor, llamado *base*, o en varios receptores, que forman una *red*, todos *observando* a los mismos satélites durante la misma cantidad de *épocas* al mismo tiempo.

Es decir, las coordenadas parciales resultantes serán relativas a la *base* o a la *red*, cuyas coordenadas absolutas, por supuesto, deben ser *conocidas*. Esta forma de calcular garantiza la eliminación de la influencia de una gran variedad de fuentes de error, como los introducidos durante la propagación de la señal a través de la ionosfera y la troposfera, las imprecisiones en las efemérides de las órbitas y los relojes satelitales.

Los distintos servicios descriptos que utilizan esta metodología solicitan datos mínimos para su procesamiento, además de los archivos RINEX de las observaciones, pero sólo ofrecen soluciones para datos de doble frecuencia y de tipo estático. El servicio prestado en este caso es el de la



infraestructura de red de estaciones permanentes o CORS<sup>1</sup>, con lo cual, el usuario puede obtener las coordenadas de un punto relevado (en modo estático) con un solo receptor (doble frecuencia), en relación a la infraestructura de estaciones monitoreada por cada servicio.

En todos los casos los resultados son coordenadas **ITRF08**, para la **época de las observaciones** enviadas para su post-proceso.

## AUSPOS - Online GPS Processing Service

- Operado por Geoscience Australia, dependiente del gobierno australiano.
- Gratuito, sin necesidad de registro.
- Los datos pueden ser enviados al servicio a través del **sitio web** o por ftp.
- Permite configurar tipo y altura de antena y la carga de hasta 20 archivos.
- Sólo acepta datos **GPS** de **doble frecuencia** observados en **modo estático** para un intervalo de datos de más de **1 hora** (preferiblemente 2 horas) y menos de 7 días (168 horas).
- Utiliza un método relativo de posicionamiento mediante el ajuste de una red que consta de las 15 estaciones IGS y/o APREF más cercanas, utilizando los mejores productos IGS disponibles, tomados de archivos de datos GNSS propios.
- Utiliza Bernese GNSS Software Version 5.2.
- El informe incluye las coordenadas **ITRF2008** para la **época promedio de las observaciones** y más información sobre el procesamiento que es enviada por **correo electrónico** al usuario cuando el procesamiento termina, en pocos minutos.
- Enlace: <http://www.ga.gov.au/bin/gps.pl>

## Trimble CenterPoint RTX (Real Time eXtended)

- Operado por la compañía Trimble Inc.
- Gratuito. Requiere registro anual.
- Carga de archivos de datos a través de la **página web** del servicio.
- Permite seleccionar Marco de Referencia de los resultados y Placa Tectónica para efectuar transformaciones entre distintos MR y épocas, pero advierte de la pérdida de precisión. Por defecto utiliza **ITRF08, época de las observaciones** con la que logra la mayor precisión.
- Procesa datos posteriores a 14/05/2011 de **doble frecuencia** recolectados en **modo estático** para sesiones mayores a 10 minutos (aunque recomienda al menos **60 minutos** de observaciones para obtener resultados óptimos).
- Utiliza software propio, desarrollado por Trimble.
- Acepta observaciones **GPS, GLONASS, QZSS** y **BeiDou**, este último sólo para datos desde el 04/06/2014.
- Los cálculos de posicionamiento se realizan en **ITRF2008, época de las observaciones**. Luego del procesamiento, un informe le es enviado al usuario por **correo electrónico**.
- Enlace: <http://www.trimblertx.com/UploadForm.aspx>

## Online Positioning User Service (OPUS)

- Operado por el US National Geodetic Survey (NGS), dependiente del gobierno.
- Gratuito.
- Carga de datos a través de un formulario en su **página web**.
- Sólo procesa datos **GPS** de **doble frecuencia** recogidos en **modo estático**.
- Este servicio utiliza el **posicionamiento relativo** con respecto a tres CORS cercanas.

---

1 CORS significa Continuously Operating Reference Station, Estación de Referencia de Operación Continua. Lo que solemos llamar Estación Permanente.

- Utiliza PAGES (Program for the Adjustment of GPS EphemerideS) para procesar en estático o RSGPS para estático-rápido, dependiendo de que la duración de la sesión sea mayor a 2 horas o no, respectivamente.
- La solución es enviada a través del **correo electrónico** proporcionado por el usuario, luego de unos pocos minutos.
- Enlace: <http://www.ngs.noaa.gov/OPUS>

## Scripps Coordinate Update Tool (SCOUT)

- Operado por el Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC), Institute of Geophysics and Planetary Physics, Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego.
- Gratuito.
- Carga de datos a través de su **servidor FTP** o de algún otro.
- Luego de un pre-proceso del archivo RINEX cargado al servidor FTP, permite ingresar tipo y altura de antena y modelo de receptor.
- Sólo procesa datos **GPS** de **doble frecuencia** recogidos en **modo estático** durante al menos 1 hora, aunque se recomiendan más de 3 horas.
- Este servicio utiliza el posicionamiento relativo, realizando un ajuste de red formada por:
  - las tres Estaciones Permanentes más cercanas (modo por defecto) o
  - tres EP (de cuatro dadas por el usuario) elegidas entre las procesadas por SOPAC.
- Utiliza el software GAMIT.
- La solución es enviada a través del **correo electrónico** proporcionado por el usuario.
- Enlace: <http://sopac.ucsd.edu/scout.shtml>

## Servicio de Posicionamiento Diferencial GPS (LOPS)

- Operado por la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad Nacional de La Plata.
- Fuera de servicio al momento de consulta (septiembre, 2016).
- No indica mayor detalle acerca del procesamiento, aunque se entiende que procesa observaciones de simple frecuencia.
- Enlace: <http://www.fcaglp.unlp.edu.ar/lops>

## Servicios de post-proceso de Posicionamiento Puntual Preciso

Este tipo de procesamiento se realiza en base a *observaciones no diferenciadas*, como se suelen llamar a las observaciones de un solo receptor, para resaltar el hecho de que no se utiliza la técnica de doble diferenciación típica del posicionamiento relativo o diferencial. Por esto, se hace uso de gran cantidad de información adicional para contrarrestar el efecto de una variedad de fenómenos físicos que afectan a las observaciones introduciendo errores o desplazamientos.

Los modelos de corrección aplicados se agrupan por la causa que origina los desplazamientos. Ellos son por efecto de los satélites, de los desplazamientos locales y de compatibilidad y convenciones IGS. A saber:

- Efectos del satélite:
  - antenna offsets (desplazamiento de la antena) y
  - carrier phase wind-up (fin de fase de la portadora).
- Efectos del desplazamiento local:
  - mareas terrestres (solid Earth tides), producto de fuerzas gravitacionales;

- mareas polares (polar tides), que produce deformación de la rotación debido al movimiento polar;
- carga oceánica (ocean loading) y
- parámetros de rotación terrestre (Earth Rotation Parameters, ERP).
- Compatibilidad y convenciones IGS: se refiere a la falta del estricto cumplimiento de las convenciones IERS de algunos modelos de corrección.

La mayoría de los servicios operan a través de un formulario web, aunque en algunos casos cuentan con una aplicación un poco más sofisticada, o un servidor FTP o directamente una interfaz vía correo electrónico para tomar los datos de observaciones. Algunos procesan sólo GPS y otros son multi-constelación. El método PPP permite procesar observaciones en modo estático o cinemático y en algunos casos, además de doble frecuencia, también permite de **simple frecuencia**.

Según qué servicio es elegido, se permiten establecer más o menos parámetros de configuración para el procesamiento. En lo que todos los coinciden es en que las coordenadas resultantes son ITRF08, para la **época de observación** de los datos.

### Automatic Precise Positioning Service (APPS)

- Operado por la NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL), Instituto de Tecnología de California. Utiliza el software GIPSY 6.4.
- Gratuito. Usuarios registrados tienen más opciones de procesamiento.
- Carga de datos a través de su página web. También tiene interfaz por e-mail o FTP.
- Seleccionar modo de procesamiento **estático** o **cinemático** y algunos otros parámetros como qué código L1 usar (CA o P) y otros más avanzados. Usuarios no registrados pueden procesar sólo estático.
- Procesa datos de **doble frecuencia** de GPS únicamente.
- Uso de productos de órbita y reloj GPS, *Final*, *Rapid* y *Ultra R/T* producidas por JPL.
- Los resultados con las coordenadas ITRF08 para la **época de observación** están disponibles luego del procesamiento en la misma página.
- Enlace: [http://apps.gdgps.net/apps\\_file\\_upload.php](http://apps.gdgps.net/apps_file_upload.php)

### Canadian Spatial Reference System-Precise Point Positioning (CSRS-PPP)

- Operado por la Canadian Geodetic Survey Division, Natural Resources Canada (NRCan) desde 2003.
- Gratuito, pero requiere registrarse en el sistema.
- Carga de datos a través de su página web.
- Seleccionar modo de procesamiento **estático** o **cinemático**, marco de referencia NAD83 o ITRF y, si es necesario, el modelo de geoide e incluso permite importar un modelo de carga de marea oceánica (Ocean Tidal Loading, OTL). En caso de seleccionar ITRF, se adopta ITRF08 y la misma **época de observación de los datos**.
- Procesa datos de **simple o doble frecuencia** de GPS y/o GLONASS.
- Utiliza las mejores efemérides disponibles para el procesamiento (finales, rápidas o ultrarrápidas, IGS o NRCan, dependiendo de la antigüedad de los datos enviados). Se pueden procesar datos aproximadamente 90 minutos después de su levantamiento.
- Los resultados que tienen no sólo las coordenadas resultantes, sino también un informe y diagramas de series de tiempo, se envían al usuario por **correo electrónico**.
- Enlace: <https://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php>

## GNSS Analysis and Positioning Software (GAPS)

- Operado por el Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick (UNB), desde 2007.
- Gratuito, sin registro.
- Carga de datos a través de su página web. Modo básico y modo avanzado.
- Seleccionar modo de procesamiento **estático** o **cinemático**, constelaciones a procesar, coordenadas *a priori* y ángulo de elevación de corte. El modo avanzado permite muchísimas opciones más.
- Procesa datos de **doble frecuencia** de GPS, Galileo y BeiDou.
- Uso de amplia variedad de productos de órbita y reloj, según disponibilidad.
- Los resultados con las coordenadas ITRF08 para la **época de observación** e informes con gráficas se reciben por correo electrónico.
- Enlace: <http://gaps.gge.unb.ca/submitbasic.php>

## Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE-PPP)

- Operado por el Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), hace uso de la aplicación CSRS-PPP de la NRCan ya descripta.
- Gratuito, sin necesidad de registro.
- Carga de datos a través de su página web.
- Seleccionar modo de procesamiento **estático** o **cinemático**, modelo y altura de antena (también permite tomarlos del archivo RINEX).
- Procesa datos de **simple o doble frecuencia** de GPS y/o GLONASS, posteriores al 25 de febrero de 2005, cuando Brasil adoptó SIRGAS2000 como marco oficial.
- Los resultados con las coordenadas SIRGAS2000 e ITRF08 para la **época de observación** de los datos se pueden descargar a través de un enlace en la misma página, casi inmediatamente después del procesamiento.
- Enlace: <http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.htm>

## magicGNSS

- Operado por la compañía española *gmv*.
- Gratuito, sin necesidad de registro.
- Interfaz vía correo electrónico (envío de datos y configuración). Existe la opción de registrarse y utilizar una interfaz más sofisticada.
- Seleccionar modo de procesamiento **estático** o **cinemático** en el asunto del correo, y algunos otros parámetros como qué información de órbitas y relojes utilizar (IGS o generadas internamente por *gmv*), cinemático terrestre o aeronáutico y qué constelación procesar.
- Procesa datos de **doble frecuencia** de GPS (desde 2009) y GLONASS/Galileo (desde 2014). También procesa BeiDou y QZSS.
- Los resultados con las coordenadas ETRS89 e ITRF08 para la **época de observación** junto con un informe y diagramas son enviados al mismo correo electrónico que el usuario utilizó para enviar los datos.
- Enlace: <http://magicgnss.gmv.com/ppp/>, interfaz de correo: [magicppp@gmv.com](mailto:magicppp@gmv.com)

## Cuadro comparativo

Lo más relevante para el objetivo de este trabajo es rescatar los servicios que procesen observaciones de simple o doble frecuencia, de cualquier sistema satelital y tomadas en modo estático.

Seguramente los usuarios que cuenten con receptores doble frecuencia, contarán con más posibilidades y sólo sumarán un nuevo recurso alternativo de verificación. Pero en el caso de los usuarios cuyos recursos se limitan receptores de simple frecuencia, típicamente combinado con otro de las mismas características para posicionamiento relativo, esta nueva opción quizás aumente considerablemente sus posibilidades de georreferenciación con menor esfuerzo y calidad comparable al método diferencial.

Según varios trabajos de comparación de servicios de posicionamiento en línea, todos los trabajos producen soluciones de calidades muy similares, cuyos desvíos estándar o precisiones son de calidad centimétrica. No es necesario aclarar que a sesiones más extensas y a mejor calidad de observaciones, mejores serán los resultados.

En particular, en un estudio realizado (Öcalan & al., 2013) con archivos de 24 horas de observaciones GPS de doble frecuencia de ocho estaciones diferentes, se procesaron con varios servicios en línea y con el software científico Bernese, las últimas fueron tomadas como verdaderas, y las diferencias con las calculadas por los servicios arrojaron menos de 10 mm para los de posicionamiento relativo y menos de 20 mm para los de PPP. En ese estudio, AUSPOS devolvió los mejores resultados ( $< 1$  mm), lo que no es casualidad, teniendo en cuenta que también utiliza Bernese.

Otros estudios (El-Mowafy, 2011; Alkan & al., 2016) certifican que las estimaciones son siempre mejores que 10 cm en cualquier servicio (AUSPOS, CenterPoint RTX, OPUS, APPS, CSRS-PPP y magicGNSS), con certeza del 95%, para archivos de al menos 2 horas de observaciones doble frecuencia en modo estático.

La misión será entonces encontrar un servicio acorde según el instrumental con que se cuente. El caso más favorecido será aquel en el que el usuario cuente con uno o dos receptores de simple frecuencia. Para este caso, el uso de los servicios CSRS-PPP e IBGE-PPP en conjunto con la aplicación desarrollada para el presente trabajo, podrían ser una opción viable para georreferenciar un relevamiento cumpliendo los requerimientos de tolerancia actuales en la provincia de Santa Fe.

Servicio	PD	PPP	L1	Modo		Entrada			Salida	Sesión (recom.)	Constelación
				Est.	Cin.	e-mail	FTP	form			
AUSPOS	x			x			x	x	e-mail	1h (2h)–168h	G
CenterPoint RTX	x			x				x	e-mail	10m(1h)–24h	G,R,B,Q
OPUS	x			x				x	e-mail	15m–48h	G
SCOUT	x			x			x		e-mail	>1h (>3h)	G
LOPS	x		x	x				x	ambos		G
APPS		x		x	x	x	x	x	enlace		G
CSRS-PPP		x	x	x	x			x	e-mail		G,R
GAPS		x		x	x			x	e-mail		G,E,B
IBGE-PPP		x	x	x	x			x	enlace		G,R
magicGNSS		x		x	x	x		x	e-mail		G,R,E,B,Q

## Referencias

- **PD:** Servicio de Posicionamiento Diferencial
- **PPP:** Servicio de Posicionamiento Puntual Preciso
- **L1:** El servicio admite el post-proceso solo de observaciones de simple frecuencia
- **Modo**
  - **Est.:** Modo Estático
  - **Cin.:** Modo Cinemático

- **Entrada**
  - **e-mail**: El servicio admite una interfaz de entrada de datos a través del correo electrónico
  - **FTP**: Se admite la carga de archivos de observaciones a través del protocolo FTP
  - **form**: La interfaz de carga de datos es a través de un formulario en una página web
- **Salida**: La entrega de resultados del procesamiento
- **Sesión (recom.)**: Duración permitida de la sesión de observaciones. Entre paréntesis se indica la duración recomendada para mejor calidad de los resultados.
- **Constelación**: Los sistemas de navegación satelital cuyas observaciones son utilizadas durante el procesamiento. Detalle:
  - **G**: GPS (Sistema Global)
  - **R**: GLONASS (Sistema Global)
  - **E**: Galileo (Sistema Global)
  - **B**: BeiDou (Sistema Global)
  - **Q**: QZSS (Sistema Regional)

# Correcciones

Todos los servicios de posicionamiento en línea listados cuentan devuelven como resultado coordenadas ITRF08 para la misma época de las observaciones. Esta característica común hace que sea posible abstraerse de qué servicio utilice, independizándose de la elección del usuario, y entonces tomar esa hipótesis como punto de partida para el desarrollo de una aplicación.

Coordenadas ITRF08 → aplicación → POSGAR07  
época X época 2006.632

Dada la época de cálculo de POSGAR07, hace unos 10 años, y dado el movimiento de las placas tectónicas, se deberán aplicar los modelos de velocidades desde la época de observación hasta la época de referencia de POSGAR, en sentido contrario.

Pero además, desde la época 2006.632 se registraron distintos desplazamientos sísmicos de importancia que afectaron de manera casi instantánea el movimiento modelado y ocasionando un *salto* en las series de tiempo. Este tipo de desplazamientos también se puede calcular y ocurre con distintas intensidades en diferentes sectores del continente, modificando el comportamiento modelado y dejándolo sin efecto o sin validez en ciertos sectores. Debe ser aplicado entonces para cada zona. En la “zona de validez” de la aplicación desarrollada, el único movimiento de consideración es el de febrero de 2010.

Por último, como POSGAR07 está basado en ITRF05, distinto de ITRF08 en el que se obtienen las coordenadas de entrada de la aplicación, se debe aplicar una transformación entre ambos marcos de referencias. Esta operación afecta casi imperceptiblemente al resultado final.

## Modelos de velocidades

Las coordenadas de un punto, sea su expresión cartesiana tridimensional o sea su expresión sobre una superficie de referencia o *datum*, como puede ser un elipsoide de revolución, siempre es referida a un SR determinado de antemano. En la actualidad, además de la definición de un SR global, que atiende a las tres dimensiones del espacio, es necesario agregar la dimensión tiempo y definir una escala para la misma.

El comienzo de la era satelital para las mediciones otorgó la posibilidad de medir constantemente las coordenadas de un mismo punto a través del tiempo, con lo que conocemos como Estación Permanente (EP), que no es más que un receptor GNSS de muy buena calidad. A partir del cálculo periódico (semanal) de las redes de EP, se observó con mayor minuciosidad algo que se intuía desde hacía mucho tiempo: los *puntos fijos* no son tales cuando se considera la dimensión tiempo. Esto es explicado por la creciente precisión del sistema de posicionamiento satelital.

La consecuencia inmediata es la noción de velocidad de cada punto del terreno. La cantidad de años acumulando observaciones a los satélites desde distintos puntos del planeta, ha permitido el modelado de las velocidades para cada sector, interpolando el comportamiento observado puntualmente de varias Estaciones Permanentes, para grillas de 1º.

## Series de tiempo

Las llamadas series de tiempo son gráficas que muestran el desplazamiento de un sitio a través del tiempo. ...

## VEMOS (SIRGAS)

Existen dos versiones del modelo de velocidades de SIRGAS. Ambos son utilizados en este trabajo, ...

En definitiva, está aquí para descargarlo: <https://doi.pangaea.de/10> abajo dice "Download dataset" y descargas un .zip que tiene 3 grillas, como explica el texto, la que sirve para lo que queremos hacer es la que se llama VMS2015.GRD (por las dudas te la envío en adjunto también)

Si querés profundizar en el tema de como fue obtenido el modelo podés darle una mirada al trabajo <https://doi.pangaea.de/10> y también, mas en general, en la página <http://www.sirgas.org/index>.

## VELAR (IGN Argentina)

El Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina está trabajando desde hace tiempo en VELAR, un modelo de velocidades para el territorio Argentino, calculado en base a su Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo (RAMSAC). ...

En ese sentido, el Instituto Geográfico Nacional conjuntamente con las Universidades de Memphis (EEUU) y Ohio State (EEUU) han generado un modelo de velocidades denominado VEL-Ar que contempla las variaciones no lineales producidas por efectos post-sísmicos para el marco de referencia POSGAR 2007.

## Desplazamientos sísmicos

Chile. 27 de febrero de 2010.

## Otros

Cambios de marco. Qué otros?



# La aplicación web

## Origen, la *PPPCalc*

### Evolución

En una primera instancia, en el trabajo de Gustavo Pagani, se definieron empíricamente las correcciones que se debían aplicar a las coordenadas calculadas con PPP. Lo que se detectó en ese momento es que se debía diferenciar entre las componentes Este y Norte. La primera afectada por el sismo del sábado 27 de febrero de 2010 en las cercanías de Concepción, Chile; la segunda afectada por el movimiento constante de las placas tectónicas. En este caso no se podía utilizar para corregir directamente los valores del Modelo de Velocidades VEMOS 2009, cuya validez se había vencido en febrero de 2010 con el mencionado sismo.

Entonces a partir de la experimentación realizada con observaciones de Estaciones Permanentes para los años 2012 a 2015, distribuidas en el territorio de la provincia de Buenos Aires y comparando con sus coordenadas oficiales POSGAR 2007, se definió lo siguiente:

- la coordenada Latitud se ve afectada de manera casi idéntica que como anticipaba VEMOS 2009, o sea, se desplaza a velocidad constante hacia el Norte;
- la coordenada Longitud se ve afectada en mayor magnitud a medida que la misma disminuye, es decir, hacia el Oeste.

Por lo tanto, se definen una corrección dependiente del tiempo en la coordenada Latitud (1,1 cm por año, con validez 2012-2015) y tres fajas de extensión Norte-Sur con distintas magnitudes de corrección en la coordenada Longitud, mayor hacia el Oeste, menor hacia el Este.

#### 2 ---

La evolución inmediata se plantea en llevar esta solución a una aplicación web, que llamamos *Calculadora PPP*. Pero además, para que tuviera mayor sentido, se extiende tanto la zona como el período de validez de los valores de corrección, fundamentada por experimentación realizada por Laura Cornaglia con datos de las Estaciones Permanentes de la zona y período añadidos. La zona de validez incorpora entonces a toda la extensión de las provincias de Santa Fe y Entre Ríos y el Este de la provincia de Córdoba. Luego se añaden los años 2016 y 2017.

Más específicamente, la corrección es aplicable en el período que abarca desde 2012 a 2017, en la zona comprendida por:

- Latitudes entre 28° S y 41° S
- Longitudes:
  - Faja 1: 59° 15' 0 y 56° 40' 0
  - Faja 2: 61° 30' 0 y 59° 15' 0
  - Faja 3: 63° 30' 0 y 61° 30' 0

#### IMAGEN

#### 3 ---

Contando con el modelo de velocidades VEMOS 2015, cuya validez cubre un período de cinco años entre 2010-03-14 y 2015-04-11 (aunque para nuestra zona esa validez se mantendrá un tiempo más, hasta que se detecten desplazamientos sísmicos que afecten el comportamiento mo-

delado) tenemos la fundamentación científica para la siguiente versión de la aplicación, siguiendo su línea evolutiva de la manera que nos indica dicho modelo de velocidades.

Se trata entonces de modificar el comportamiento de la aplicación web, de tal manera que ofrezca las correcciones necesarias basadas en la información brindada por el modelo de velocidades VEMOS 2015.

Se debe tener en cuenta que los desplazamientos relativos de cada punto son independientes del marco de referencia. ¿¿ES ASI??

Hola Santiago

A mi también me había resultado dificultoso encontrarlo, está confusa la cita en la página de SIRGAS...

En definitiva, está aquí para descargarlo: <https://doi.pangaea.de/10> abajo dice "Download dataset" y descargas un .zip que tiene 3 grillas, como explica el texto, la que sirve para lo que queremos hacer es la que se llama VMS2015.GRD (por las dudas te la envío en adjunto también)

Si querés profundizar en el tema de como fue obtenido el modelo podés darle una mirada al trabajo <https://doi.pangaea.de/10> y también, mas en general, en la página <http://www.sirgas.org/index>.

Si vas a hacer alguna pruebas, tené en cuenta que en VMS2015 será desde marzo 2010 en adelante, hasta la actualidad. Habrá otra grilla, válida desde 2006.6 hasta marzo de 2010, obtenida de aplicar VMS2009 + saltito por terremoto (que todavía tengo que calcularla) y tendrá valores fijos en sus campos. El valor final de la corrección a aplicar deberá ser la suma de esta parte constante mas la parte variable que aporte VMS2015. O bien pensar en 12 grillas anuales "precalculadas", con valores constantes que incluyan todo... quizás es mas simple de implementar... Lo pensamos y la seguimos,

un abrazo,

Gustavo.

## **Actualidad, versión 1.0**

En la actualidad, la aplicación tomó la forma de un programa para transformar coordenadas ITRF08, época X a POSGAR07 (ITRF05, época 2006.632), para una determinada zona de validez.

## **La incorporación de VMS2015**

### **Estimación de precisiones**

## **Líneas de trabajo a futuro**

### **Resultados compatibles con otros Marcos de Referencia**

Arrojar resultados compatibles con otros MR para países de SIRGAS.

### **Procesamiento de archivos**

### **Incorporar modelos de correcciones locales**

# **Gabinete**

## **Casos de prueba**

### **Posibles metodologías de trabajo**

Proponer metodologías de trabajo, por ejemplo, con receptores simple o doble frecuencia, cantidad de tiempo y posibles precisiones, etc.

### **Cómo incorporarlo al expediente de mensura**

Ideas y propuestas para oficializar herramienta. Proponer un reporte de la aplicación con los resultados para presentar en Catastro junto al expediente de mensura.

# Referencias

## Servicios de posicionamiento diferencial o relativo

AUSPOS, . <http://www.ga.gov.au/scientific-topics/positioning-navigation/geodesy/auspos>

CenterPoint RTX, . <http://www.trimblertx.com/>

OPUS, . <http://www.ngs.noaa.gov/OPUS/>

SCOUT, . <http://sopac.ucsd.edu/scout.shtml>

LOPS, **FUNCIONA? Comunicarse con Romina Galvan** Servicio de Posicionamiento Diferencial GPS (LOPS), Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas. <http://www.fcaglp.unlp.edu.ar/lops>

## Servicios PPP

APPS, The Automatic Precise Positioning Service of the Global Differential GPS System. NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL). <http://apps.gdgps.net/>

CSRS-PPP, Canadian Spatial Reference System - Precise Point Positioning. Natural Resources Canada (NRCan). <https://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php>

GAPS, GPS Analysis and Positioning Software. University of New Brunswick (UNB). <http://gaps.-gge.unb.ca/>

IBGE-PPP. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Posicionamento por Ponto Preciso. <http://www.ppp.ibge.gov.br/ppp.htm>

magicGNSS. <http://magicgnss.gmv.com/>

## Libros, documentos y artículos

GPS, POSICIONAMIENTO SATELITAL. (julio, 2005). Huerta, Eduardo; Mangiaterra, Aldo y Noguera, Gustavo. 1ª Ed. – Rosario, UNR Editora – Universidad Nacional de Rosario. ISBN 950-673-488-7

PPP STANDARDS. gmv (2011). *esa navipedia*. [http://www.navipedia.net/index.php/PPP\\_Standards](http://www.navipedia.net/index.php/PPP_Standards)

EL POSICIONAMIENTO PUNTUAL PRECISO (PPP) EN LA PRÁCTICA. Ivars, Leonardo (18 de julio, 2013). *Café Geodésico*. <http://cafegeodesico.blogspot.com.ar/2013/07/el-posicionamiento-puntual-preciso-ppp.html>

A COMPARISON OF FREE GPS ONLINE POST-PROCESSING SERVICES. Silver, Mark (7 de octubre, 2013). *GPS World*. <http://gpsworld.com/a-comparison-of-free-gps-online-post-processing-services/>

# Agradecimientos