

# Comparación entre las velocidades reportadas por SIRGAS y las obtenidas de un procesamiento PPP en línea

Jorge Moya Zamora, Sara Bastos Gutiérrez y María José Rivas Guzmán

Centro Nacional de Procesamiento de Datos GNSS. Escuela de Topografía, Catastro y Geodesia. Universidad Nacional. Costa Rica

## Resumen

Actualmente existen varios servicios que brindan las coordenadas XYZ de un punto con base en un procesamiento en línea, ofreciendo a los usuarios prácticamente un acceso casi que ilimitado (Ghoddousi-Fard y Dare, 2005). En esta presentación se dan los resultados de un estudio que trabajó entre 2009 y 2011 con archivos de observación GNSS de 14 estaciones SIRGAS distribuidas mayormente sobre la placa Caribe.

Partiendo de las velocidades SIRGAS que son determinadas de una manera rigurosa, se efectuó una comparación con las velocidades estimadas de las estaciones con base en la metodología denominada como Precise Point Positioning (Zumberge, et al. 1997) y (Ebner y Featherstone, 2008), ofrecida en línea por el Canadian Spatial Reference System (CSRS). Se procesaron más de 7000 archivos, cuyas coordenadas y sus errores fueron los insumos principales para el cálculo, por medio de un ajuste por mínimos cuadrados, de las componentes tridimensionales de la velocidad de cada estación. Este proceso se realizó con la rutina VelMiC programada en proyecto. Luego de la depuración de los resultados se pudo obtener una diferencia promedio en los valores de las velocidad en las componentes XYZ de las estaciones procesadas de -0,8 mm/a, +2,2 mm/a y +1,9 mm/a con respecto a datos SIRGAS.

## Estaciones utilizadas



Figura 1. Localización de la red de estaciones GNSS usada, la cual se escogió con base en la ubicación, disponibilidad de las observaciones y su condición dentro de la red SIRGAS-CON.

## Procesamiento de los datos

1. Envío de los más de 7037 archivos de observación a la herramienta de procesamiento del CSRS-PPP.
2. Luego de recibida la información con los datos de coordenadas diarias y sus exactitudes, los mismos se trasladaban a una hoja de cálculo.
3. Se depuraron los resultados que presentaban inconsistencias con respecto al comportamiento general de las coordenadas. En total se excluyeron 54 valores de coordenadas.
4. Para el formato escogido se extrajeron los siguientes datos: año, vector de coordenadas  $[X \ Y \ Z]^T$  en metros, vector de exactitudes  $[s_x \ s_y \ s_z]^T$  en metros, el número de la semana y el día.

## Estimación de velocidades

1. La estimación de las velocidades y la graficación de las series temporales se hizo con base en una rutina programada en ambiente MatLab.
2. La velocidad de la estación se estima por medio de un ajuste por mínimos cuadrados para cada una de las coordenadas de la estación con base en las coordenadas diarias, las cuales se asumen independientes y sin correlación. Se asume además un modelo lineal de comportamiento. La fundamentación teórica y el desarrollo matemático se puede seguir en Gemael (1994), Silva (2002).
3. La rutina se denominó VelMiC, acrónimo de Velocidades por Mínimos Cuadrados. Las velocidades resultantes se dan en las componentes XYZ de cada una de las estaciones. Seguidamente se resume una de las salidas de la rutina, la cual muestra los resultados de la velocidad para la estación ETCG en el período considerado.

ESCUELA DE TOPOGRAFÍA, CATASTRO Y GEODESIA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES	
.....	VELMIC: Velocidades por MInimos Cuadrados
.....	Cálculo de la velocidad de estaciones GNSS
4. RESULTADOS DEL AJUSTE PARA LA VELOCIDAD EN XYZ	
Coordenada Xo :	645208.3043 m ± 0.002 m
Velocidad Vx :	0.0067 m/a ± 0.003 m/a
Coordenada Yo :	-6249842.2538 m ± 0.003 m
Velocidad Vy :	0.0058 m/a ± 0.004 m/a
Coordenada Zo :	1100399.5627 m ± 0.004 m
Velocidad Vz :	0.0111 m/a ± 0.005 m/a

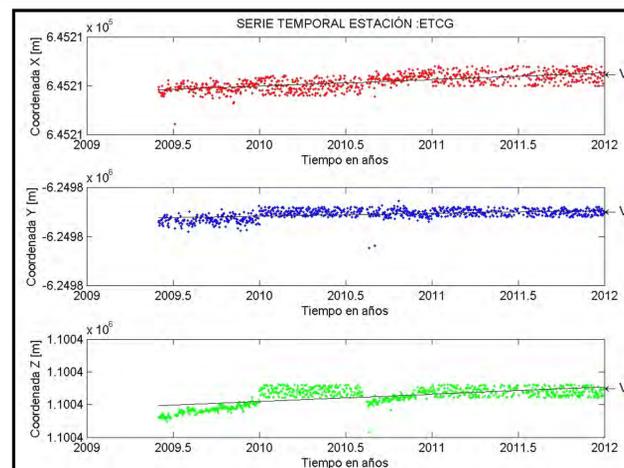


Figura 2. Salida gráfica de la rutina VelMiC la cual muestra el comportamiento de las coordenadas XYZ de la estación ETCG. La línea continua representa la velocidad de la componente.

## Desplazamientos y velocidades

Estación	Velocidades [mm/a]			Desplazamientos [mm]			Desplazamientos local aproximado [mm]			d [cm]	t [°]
	X	Y	Z	X	Y	Z	n	e	u		
BDOS	7,4	9,0	17,5	1,3	0,1	11,2	27,8	3,1	-7,9	2,8	6,3
BOGT	-9,1	36,5	12,1	-4,9	17,2	10,4	30,9	0,0	43,9	3,1	0,0
BRMU	-11,3	8,8	11,1	-5,7	4,8	4,2	18,6	-7,8	9,0	2,0	337,3
CBSB	-6,1	4,0	5,8	-13,6	11,3	6,1	18,5	-20,3	19,1	2,8	312,3
CRO1	10,4	10,6	15,7	8,8	1,5	14,2	31,0	20,6	-16,0	3,7	33,6
ETCG	6,7	5,8	11,1	5,9	6,8	18,3	49,5	16,9	7,5	5,2	18,9
GCGT	-9,0	8,7	3,3	-30,1	-16,0	7,4	6,1	-61,3	-25,0	6,2	275,7
GLPS	49,2	0,5	10,8	52,9	-1,8	12,6	-9,3	46,5	8,1	4,7	101,3
GUAT	3,7	9,3	1,7	0,0	3,5	2,8	9,3	0,0	7,0	0,9	0,1
INEG	-4,2	24,3	-9,7	-3,2	11,5	-2,9	3,0	-14,3	28,0	1,5	282,0
KOUR	-4,6	-1,6	13,6	-5,4	1,1	6,8	18,5	-9,2	9,0	2,1	333,5
MANA	7,1	18,7	8,6	14,5	21,3	12,1	40,2	39,3	43,0	5,6	44,3
SCUB	-6,7	9,9	6,0	-6,7	2,3	10,6	27,8	-14,5	0,0	3,1	332,5
SSIA	3,4	8,0	23,8	-9,2	11,3	-12,3	9,3	9,0	-14,0	1,3	44,1

Cuadro 1. Velocidades y desplazamientos obtenidos luego del procesamiento PPP.

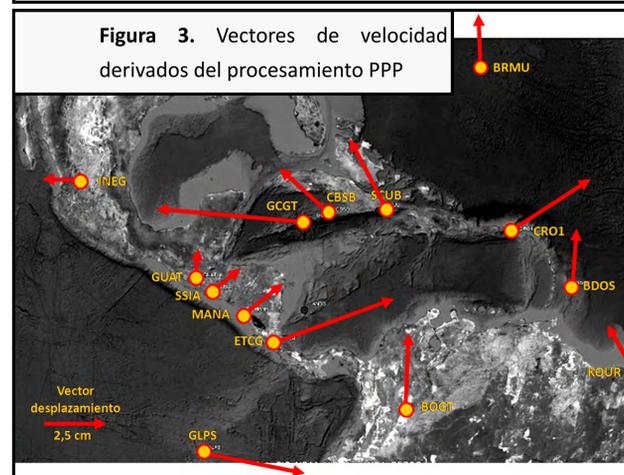


Figura 3. Vectores de velocidad derivados del procesamiento PPP

## Comparación SIRGAS

Estación	Velocidades [mm/a]						Diferencias [mm/a]		
	Resultados PPP			SIRGAS			X	Y	Z
BDOS	7,4	9,0	17,5	7,7	9,2	13,3	-0,3	-0,2	4,2
BOGT	-9,1	36,5	12,1	-11,4	43,0	11,8	2,3	-6,5	0,3
BRMU	-11,3	8,8	11,1	-12,4	10,4	3,3	1,1	-1,6	7,8
CBSB	-6,1	4,0	5,8	-7,0	1,8	2,6	0,9	2,2	3,2
CRO1	10,4	10,6	15,7	8,6	9,0	12,8	1,8	1,6	2,9
ETCG	6,7	5,8	11,1	11,9	4,9	17,6	-5,2	0,9	-6,5
GCGT	-9,0	8,7	3,3	-7,7	1,2	1,3	-1,3	7,5	2,0
GLPS1	49,2	0,5	10,8	50,8	-2,1	10,3	-1,6	2,6	0,5
GLPS2	48,1	1,6	12,6	50,8	2,1	10,3	-2,7	-0,5	2,3
GUAT	3,7	9,3	1,7	5,4	1,2	2,9	-1,7	8,1	-1,2
INEG	-4,2	24,3	-9,7	-2,4	30,8	-16,3	-1,8	-6,5	6,6
KOUR	-4,6	-1,6	13,6	-3,1	-2,3	13,2	-1,5	0,7	0,4
MANA	7,1	18,7	8,6	7,2	5,8	6,8	-0,1	12,9	1,8
SCUB	-6,7	9,9	6,0	-5,5	0,2	4,2	-1,2	9,7	1,8
SSIA	3,4	8,0	23,8	7,3	0,4	8,1	-3,9	7,6	15,7
Diferencias promedio							-0,8	2,2	1,9

Cuadro 2. Comparación de los vectores velocidad derivados del procesamiento PPP y los datos por SIRGAS.

## Conclusiones

1. Las soluciones obtenidas del procesamiento PPP en línea fueron muy consistentes entre sí. Perez et al. en (2003) hablan de exactitudes en coordenadas usando PPP con el software GIPSY OASIS II de hasta 2 mm para estaciones distribuidas sobre toda la Placa Suramericana. Esta investigación no contempló software científico para la elaboración de los datos, sin embargo las exactitudes producto del PPP en línea son variables obteniendo en muy pocos casos valores extremos de hasta 95 mm. El procesamiento PPP en línea de más de dos años de datos diarios fueron usados para hacer establecer sus series temporales, las cuales permitieron hacer una descripción cinemática del comportamiento de la zona de trabajo, bajo el supuesto de que la variabilidad de las series muestran los cambios de productos de eventos físicos.
2. Las velocidades determinadas a partir de la dispersión de las coordenadas diarias ajustadas responde a un modelo lineal. Esta ecuación tomará todos los potenciales datos y ajustará, pero no tendrá en cuenta precisamente si una serie tiene una alta variabilidad o no. Para el algoritmo esta característica le es indiferentes. Es por lo tanto que la determinación de las velocidades de las estaciones pueden representar o no fielmente la realidad de la estación. Los saltos en las series que pueden ser productos de correlaciones con procesos físicos como la precipitación o cargas de nieve entre otros no son detectados por el algoritmo y su influencia es notoria en la estimación de la velocidad.
3. El cuadro 2 permite validar los resultados obtenidos reflejando la buena concordancia obtenida entre los resultados PPP en línea y los de alta calidad ofrecidos por SIRGAS. La similitud en los valores de velocidad tridimensional entre ambos abre la posibilidad de seguir investigando sobre la aplicación PPP en proyectos donde se requiera una exactitud de algunos milímetros. Las diferencias varían entre los -5,2 mm/a y 2,3 mm/a para la componente X, entre -6,5 mm/a y 12,9 mm/a en la componente Y y entre -6,5 mm/a y 7,8 mm/a para la componente Z. En cuanto a las direcciones son totalmente concordantes por lo menos en lo que respecta al cuadrante, con los datos reportados por SIRGAS.