

Análisis de calidad y preprocesamiento de datos GNSS de la estación permanente UCOR (Córdoba, Argentina)

Souto, M.S.^{1,2}

¹Dep. Ingeniería en Agrimensura, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales Universidad Nacional de Córdoba - Av. Vélez Sarsfield 1611, Córdoba, Argentina.

² Secretaría de Ciencia y Tecnología – SECYT, Universidad Nacional de Córdoba -. Av. Vélez Sarsfield 1611, Córdoba, Argentina.

Fecha de recepción del manuscrito: 28/12/2013

Fecha de aceptación del manuscrito: 14/02/2014

Fecha de publicación: 28/03/2014

Resumen—En el presente trabajo se realiza un estudio y análisis sobre la calidad de los datos GNSS de la Estación Permanente (EP) UCOR, que forma parte de la Red RAMSAC (Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo) y a nivel transnacional, es integrante de la Red SIRGAS (Sistema de Referencia para las Américas) e IGS (Servicio Internacional de GNSS). La EP UCOR constituye un componente fundamental de la infraestructura geodésica y por lo tanto, resulta sumamente importante un eficiente control de la calidad de los datos crudos y el monitoreo de la estabilidad de dicha estación GNSS de referencia.

El análisis de calidad comprende analizar aspectos como la disponibilidad, integridad y disponibilidad de los datos GNSS. Para dicho estudio se utilizarán una serie de indicadores como son el número de observaciones, multicamino en L1, multicamino en L2, ocurrencia de saltos de ciclos y estabilidad de las coordenadas posicionales, todos ellos calculados sobre una serie temporal de datos de dos años. Para llevar a cabo el control de calidad de las observaciones crudas se utilizó el programa TEQC (Translate/Edit/Quality Check) desarrollado en UNAVCO (University NAVstar Consortium) (Estey and Meerterns, 1999). TEQC permite someter los archivos a un control de calidad a través de la función "+qc" que comprende gran cantidad de aspectos que van desde la configuración de la medición hasta el registro de los datos. Como conclusión relevante se encuentra una regularidad de estos índices, lo cual da cuenta de la integridad de los datos GNSS de la EP UCOR, no se han producido cambios en el medio ambiente de la antena UCOR y, en general, el desempeño del receptor UCOR es muy bueno y el ruido del medio ambiente de la estación es muy bajo.

Palabras clave—GNSS, Estación Permanente, integridad, precisión.

Abstract— The study is based on an analysis of the quality of GNSS data from the Permanent Station UCOR, part of RAMSAC (Red Argentina Satellite Monitoring Continuous), is a member of SIRGAS (Reference System for the Americas) and IGS (International GNSS Service). The EP UCOR is a fundamental component of the geodetic infrastructure and therefore, it is important to study the quality of the raw data GNSS and the monitoring of the stability of the GNSS reference station.

Quality analysis comprises analyzing aspects such as availability, integrity and availability of GNSS data. For this study some indicators are used: number of observations, L1 multipath, L2 multipath, cycle slips, all calculated on a time series data of two years. To perform quality control we used the software TEQC developed at UNAVCO. TEQC allows to study the quality with "+qc" function. A relevant conclusion is a regularity of these indices, which realizes the integrity of GNSS data, in general, the performance of the UCOR receiver is very good.

Keywords— GNSS, Permanent Station, integrity, precisión.

INTRODUCCIÓN

Las estaciones GNSS permanentes activas tienen importantes características que han marcado un punto de inflexión en el desarrollo de la infraestructura geodésica moderna. Estas estaciones disponen de los instrumentos más avanzados de la tecnología, ofrecen sus observaciones libremente a los usuarios, permiten reducir el número de instrumentos o, en otras palabras, incrementar la productividad, registran los movimientos de la corteza

terrestre, y permiten actualizar sus coordenadas permanentemente.

Con estas particularidades se está transformando la metodología de los trabajos de georreferenciación cualquiera sea su aplicación. A su vez, su utilización permite incrementar la productividad y precisión mediante distintas metodologías como el posicionamiento relativo o diferencial, que requiere del uso simultáneo de dos o más receptores, en forma tal que uno de los receptores es emplazado fijo (base) en un sitio de coordenadas conocidas mientras los otros receptores (rover) registran en distintas estaciones de coordenadas a determinar.

En este contexto, la tendencia mundial se ha enfocado en el desarrollo de redes activas de estaciones permanentes, que consisten en un número de estaciones de

Dirección de contacto:

María Soledad Souto, calle José Agüero 411, Córdoba, Argentina, X5001 CGA. Tel: 0351- 152205837, ssouto@efn.uncor.edu.

referencia adecuadamente distribuidas en una región, de tal manera que en campañas de levantamientos geodésicos se utiliza dicha infraestructura como base del posicionamiento relativo. Así, los usuarios sólo deben disponer de receptores en modo rover, mejorando la eficiencia del levantamiento (Herrada et. al. 2010). La estación permanente UCOR fue instalada el 1 de junio de 1998 en la ciudad de Córdoba, en el edificio de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. UCOR Forma parte de la Red RAMSAC (Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo) de la República Argentina, a cargo del Instituto Geográfico Nacional (IGN), cuyo objetivo fundamental es la definición y mantenimiento del Marco de Referencia Geodésico Nacional. Las estaciones permanentes son los pilares fundamentales que contribuyen a dicha definición de forma precisa y su mantenimiento permanente dada su característica de activas.

También y en forma creciente, las estaciones RAMSAC son usadas por usuarios diversos en levantamientos GPS para referencia, control y calibración, generando ahorros de tiempo, operativos y de recursos humanos. Uno de los factores determinantes para el éxito (e.g., que cada vez más usuarios usen sus estaciones) de una red GPS de referencia es el control de calidad y el monitoreo de la integridad de los datos, que en conjunto con la estabilidad de la red determinan el nivel de precisión en el posicionamiento que es factible de alcanzar usando la misma (Brown et al., 2002; Yeh et al, 2007; Yeh et al., 2008).

En este trabajo se presentan para la estación UCOR distintos índices de calidad de los datos producidos y se analiza la relación entre dichos índices y la precisión del posicionamiento. Puesto que se evalúan observaciones correspondientes a algo más de 2 años de mediciones, es posible arrojar una aproximación al análisis de estabilidad de UCOR.

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el control de calidad de las observaciones crudas se utilizó el programa TEQC (Translate/Edit/Quality Check) desarrollado en UNAVCO (University NAVstar Consortium) (Estey and Meerterns, 1999).

Entre las principales herramientas de las que dispone TEQC, se destaca el control de calidad de los datos GNSS, a través de la función “+qc”. Esta función puede ejecutarse en dos modos “QC lite o QC full, el primero de ellos arroja un informe de calidad sin disponer del archivo de navegación, es decir, sin determinación de la órbita, mientras que el segundo contiene un informe de calidad desglosado por satélite y su elevación.

En este análisis se consideraron los siguientes índices:

“+XX”: Indica el número máximo previsto de satélites por encima de la máscara de elevación, de acuerdo al archivo de efemérides proporcionado para el procesamiento, usando la notación hexadecimal.

“+dn” y “-dn”: Si bien “+XX” indica el número esperado de satélites de acuerdo a la información

proporcionada en el archivo de navegación, este es un valor teórico, que puede o no ser coincidente con el número de satélites rastreados en realidad. Para conocer el número real, es necesario tener en cuenta los valores proporcionados por los indicadores “+dn” y “-dn”. El indicador “-dn” indica la discrepancia en todas las épocas, entre el valor teórico esperado de satélites y la realidad. El indicador “+dn” indica la discrepancia por época, entre el valor teórico esperado de satélites y la realidad.

“Possible Obs”: Indica el número de observaciones posibles, teniendo en cuenta la información proporcionada por el archivo de navegación.

“Complete Obs”: Indica el número de observaciones completas, sobre el horizonte y por encima de la máscara de elevación. La importancia de este índice se explica si se tiene presente que en principio, un mayor número de datos brindaría mejores posibilidades de corregir errores (Yeh et al., 2008). Este índice depende del número de épocas, en nuestro caso 5760. No obstante, el número de satélites recepcionados por el receptor varía en cada época, de modo que el número de observaciones cambia con el tiempo. En este sentido, las disminuciones en el número de datos se consideran pérdidas relacionadas con diferencias en el medio ambiente o en el receptor (i.e., baja relación señal/ruido, datos L1 y L2 no apareados y pérdida del código C/A) (Herrada et. al. 2010).

“Moving average MP1”: Proporciona la raíz media cuadrática de las variaciones del efecto de multipath sobre L1, promediadas sobre la longitud de la sesión.

“Moving average MP2”: Proporciona la raíz media cuadrática de las variaciones del efecto de multipath sobre L2, promediadas sobre la longitud de la sesión.

Valores usuales de moving average MP1 y MP2 pueden alcanzar unas pocas décimas de metros, en general son diferentes para distintos tipos de receptores y pueden ser diferentes para el mismo receptor dependiendo de la versión del programa interno (‘firmware’) (Ray y Senior, 2003).

Puesto que todo software de posicionamiento preciso (Hugentobler et al., 2001) presupone una trayectoria directa entre el satélite y el receptor, la presencia de errores de multicamino en los observables GPS conduce a errores en el posicionamiento. Variaciones inusuales en mp1 y mp2 (en especial, saltos bruscos o tendencias) podrían indicar problemas en la calidad de los datos de la estación (Yeh et al., 2007, citado por Herrada et. al. 2010).

MP1 es el efecto medido en metros de multicamino (‘multipath’) sobre L1, calculado como ec.(1):

$$MP_1 = P_1 - \left[1 + \frac{2}{\alpha - 1} \right] \phi_1 + \left[\frac{2}{\alpha - 1} \right] \phi_2 \quad (1)$$

Siendo P la observación de pseudo-distancia y Φ la observación de la fase portadora $\left[\frac{f_1}{f_2} \right]^2$, para f_1 y f_2 frecuencias de Φ_1 y Φ_2 , respectivamente.

MP2 es el efecto (en metros) de ‘multipath’ sobre L2, computado según ec.(2):

$$MP_2 = P_2 - \left[\frac{2}{\alpha - 1} \right] \phi_1 + \left[\frac{2}{\alpha - 1} - 1 \right] \phi_2 \quad (2)$$

MP1 y MP2 son errores estocásticos que pueden ser considerados como ruido en las observaciones (Yeh et al., 2007, citado por Herrada et. al. 2010). El efecto multipath resume la situación en donde la señal GPS arriba al receptor desde más de una trayectoria, debido a que la señal se refleja en un edificio, un auto, un árbol, etc. (Seeber, 2003). Para eliminar los efectos de reloj de estación, reloj de satélites, y retardos troposférico y ionosférico, mp1 y mp2 son calculados como combinaciones lineales de las mediciones de código P1 y P2 (seudo-distancia) y fases Φ_1 y Φ_2 hechas por el receptor GPS, e involucran tanto señales de trayectorias directas como indirectas (Estey and Meertens, 1999). Estas últimas provienen de interferencias producidas por la reflexión y dispersión de la señal GPS en los alrededores de la antena (Herrada et. al. 2010).

“slps/1000 obs”: es el número de saltos de ciclo cada 1000 observaciones. Si por alguna causa, la señal se interrumpe, el contador de ciclos se detendría. Una vez recuperada de nuevo la señal, la fase sería correctamente medida de nuevo, pero la cuenta de ciclos transcurridos desde el inicio sería incorrecta (García Asenjo, 2002). Las principales causas que producen las pérdidas de ciclo, son: obstrucciones de la señal del satélite debidas a árboles, edificios, montañas, etc., debido a una baja calidad de la señal recibida, que se traduce en bajos SNR (Signal to Noise Ratio), es decir en relaciones señal-ruido pobres. Esto es debido a malas condiciones ionosféricas, alto efecto multipath, satélites muy bajos en el horizonte, etc. O fallos en el software del receptor.

Cuando se produce una pérdida de ciclo para un determinado satélite y frecuencia, se ven afectadas todas las observaciones a dicho satélite y frecuencia a partir del momento de la pérdida. Si se vuelve a producir otra pérdida para la misma señal, el error se acumulará al anterior.

RESULTADOS

La figura 1 muestra los índices calculados para la estación UCOR entre enero de 2011 y enero de 2013, intervalo que comprende desde la semana GPS 1617 hasta la 1721.

Nuestros resultados indican la estabilidad en un período largo de los índices de calidad de los datos producidos por UCOR.

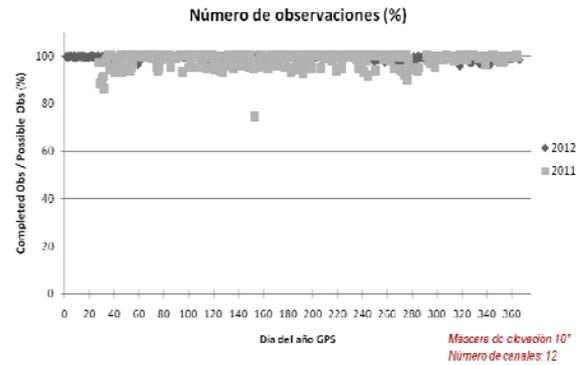


Fig. 1: Número de observaciones completas / posibles (%) para la estación UCOR entre las semanas GPS 1617 y 1721.

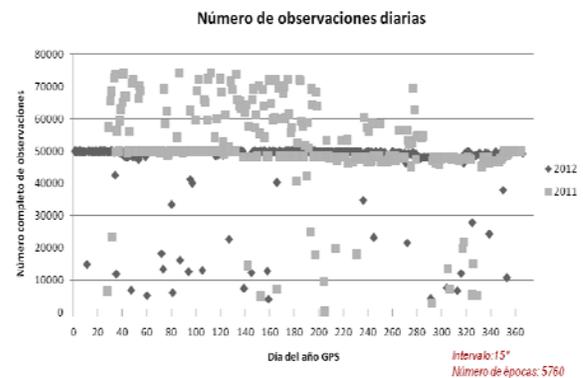


Fig. 2: Número de observaciones diarias para la estación UCOR entre las semanas GPS 1617 y 1721.

A partir del año 2012 comenzó el plan de mejoramiento de la infraestructura de la EP UCOR, que comprende incrementar los niveles de seguridad informática y la modernización y saneamiento de los servidores, que a su vez propende a mejorar la disponibilidad e integridad de los datos GNSS.

Puede apreciarse la homogeneidad de los valores arrojados por todos los indicadores, lo cual es un importante rasgo de la buena calidad de los datos. Los porcentajes de posible/completed obs están concentrados en torno al 100 % (ver Fig. 1).. En general el número de observaciones diarias es alto y en torno a las 50.000 (ver Fig. 2). El número de satélites rastreados está por encima de los 8, siendo el promedio homogéneo en torno a los 9 (ver Fig. 3). y los valores de RMS MP1 (ver Fig. 4). y MP2 (ver Fig. 5). son homogéneos para ambos indicadores, en torno a 0,4 m.

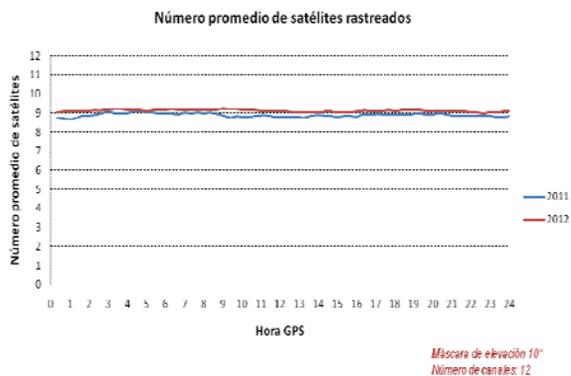


Fig. 3: Número promedio de satélites rastreados por UCOR entre las semanas GPS 1617 y 1721.

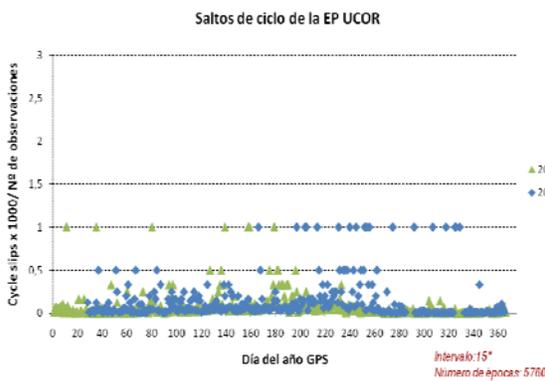


Fig. 4: Saltos de ciclo de UCOR entre las semanas GPS 1617 y 1721.

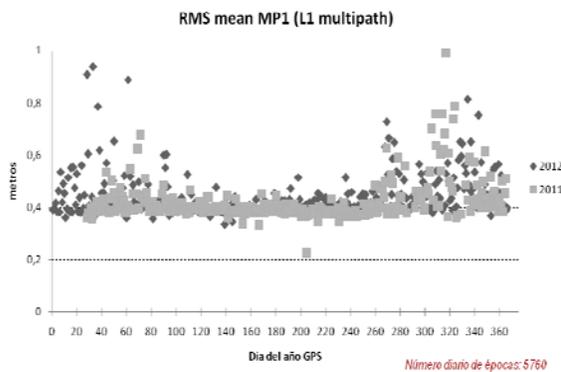


Fig. 5: Error medio cuadrático del efecto de multipath sobre L1 para UCOR entre las semanas GPS 1617 y 1721.

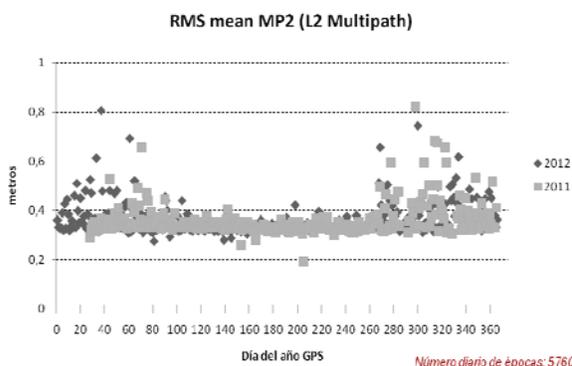


Fig. 6: Error medio cuadrático del efecto de multipath sobre L2 para UCOR entre las semanas GPS 1617 y 1721.

TABLA 1: ESTADÍSTICA DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD EVALUADOS PARA LA ESTACIÓN UCOR ENTRE LAS SEMANAS GPS 1617 Y 1721.

	Nº de obs. posibles/completas %	Nº de obs	MP1 rms (m.)	MP2 rms (m.)	Slps/100 0 obs	Nº de sat.
Máximo	100	74121	0,82	0,90	1,00	11
Mínimo	74	171	0,19	0,23	0,00	7
Media	99	48790	0,36	0,43	0,11	9

CONCLUSIONES

La EP UCOR es una de las primeras estaciones permanentes operativas de Argentina. Esta característica de ser una de las estaciones más antiguas de nuestro país reviste gran importancia, ya que proporciona datos de mayor antigüedad que las restantes estaciones integrantes de la red RAMSAC.

Por lo tanto, es muy importante tener información sobre la calidad de los datos GNSS de la EP UCOR, que revistan de seguridad y confiabilidad a los mismos por parte de los usuarios.

El análisis de calidad se basa en el estudio de tres características fundamentales que deben cumplir las estaciones permanentes para su eficiente operatividad, ellas son integridad, disponibilidad y seguridad. Todos los indicadores estudiados nos permiten aseverar que la EP UCOR cumple con estos tres pilares, ya que para el período estudiado se cumplió la disponibilidad de los datos y se verificó la integridad de los mismos. Las mejoras en la infraestructura de la EP, permiten alcanzar altos niveles de seguridad y disponibilidad de los mismos.

No existía un estudio previo sobre la calidad de los datos de la EP UCOR, por lo tanto este análisis proporciona un puntapié para continuar profundizando el estudio a partir de otros índices y a su vez, la combinación de los mismos.

Las gráficas presentadas proveen una herramienta sencilla y clara para que los usuarios y operadores del sistema puedan controlar el funcionamiento de UCOR.

A partir del análisis de los datos crudos realizado con el programa de preprocesamiento TEQC se concluye que el número de observaciones diarias exhibe una efectividad promedio del 99% de modo que la pérdida de datos es reducida; el número de saltos de ciclo/observaciones es muy reducido (en torno al 0,1 % en promedio); los valores de multipath mp1 y mp2 muestran valores medios de 36 cm y 43 cm, respectivamente.

Para el período analizado, la regularidad de estos índices indicaría la estabilidad en el funcionamiento de la EP UCOR. En síntesis, el desempeño de la estación es muy bueno.

REFERENCIAS

- [1] Brown, N., A. Kealy, J. Millner, P. Ramm and I. P. Williamson, (2002). Quality control and integrity monitoring of the Victorian GPS reference network. Proceedings of FIG XXII International Congress, 19-26 April, Washington D.C. USA, Commission 5, 1-13.
- [2] Yeh, T. K., C. S. Wang, B. F. Chao, C. S. Chen and C. W. Lee, (2007). Automatic data-quality monitoring for continuous GPS tracking stations in Taiwan. Metrologia, 44, 393-401.

- [3] Yeh, T. K., Y. A. Liou, C. S. Wang and C. S. Chen, (2008). Identifying the degraded environment and bad receivers setting by using the GPS data quality indices. *Metrologia*, 45: 562-570.
- [4] Ray, J. and K. Senior, (2003). Geodetic techniques for time and frequency comparisons using GPS phase and code measurements. *Metrologia*, 40, 215-232.
- [5] Hugentobler, U., S. Schaer and P. Fridez, (2001). *BERNESE GPS Software Version 4.2*, 650 Astronomical Institute, University of Berne, 515 pp.
- [6] Seeber, G., (2003). *Satellite Geodesy. Foundations, methods and applications*. 2nd. Edition. Walter de Gruyter. Berlin-New York, 2003. 588 pp.
- [7] Estey, L. H. and C. M., Meertens, (1999). TEQC: the multi-purpose toolkit for GPS/GLONASS data. *GPS Solutions*, V3, 1: 42-49.
- [8] Herrada, Alfredo et al. Monitoreo de la calidad de datos GPS continuo: la estacion UNSJ (San Juan, Argentina). *Geoacta* [online]. 2010, vol.35, n.1 [citado 2013-12-27], pp. 55-62 . Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-77442010000100006&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1852-7744.
- [9] García-Asenjo Villamayor Luis, Garrigues Talens Pascual, 2002, UPV, *Geodesia Clásica y GPS*, 327 p., SPUPV: 2002.809.