

DETERMINACIÓN DE PRECISIONES CON RECEPTORES TOPOGRÁFICOS Y ESTACIONES PERMANENTES GPS

**Raúl Alberto Márquez, Hernán Alvis Rojas, Guillermo Bustos,
Rufino Orrego, Darío Terluk, Jorge Villegas**

**Gabinete Topogeodésico, Departamento de Ingeniería en Agrimensura,
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan.-
ingramarquez@hotmail.com**

Palabras Claves

GPS, Estaciones, Receptores monofrecuencia.

Resúmen

El presente trabajo “*Determinación de precisiones con receptores topográficos y Estaciones Permanentes GPS*”, tiene por objetivo analizar el aprovechamiento de las observaciones de una o más EP GPS en mediciones realizadas con receptores monofrecuencias. Los resultados obtenidos, en sesiones de tres horas, dos horas, una hora, media hora y quince minutos, al utilizar observaciones de dos EP GPS con aquellas de los monofrecuencia, dan la pauta que se pueden alcanzar precisiones más que aceptables para actividades catastrales, de actualización cartográficas que están en el orden de los 10 cm para puntos ubicados respecto a EP GPS a una distancia del orden de los 30 km, y de 20 cm para distancias mayores , en el plano.-

Abstract

This paper "Determination of topographical details with receivers and permanent GPS stations," aims to analyze the use of the observations of one or more EP on measurements done with GPS receivers monofrequency. The results, in sessions of three hours, two hours, one hour, half an hour and fifteen minutes, using GPS observations of two EP with those of monofrequency, given the pattern that reach accuracies can be more than acceptable for land, Update map that are on the order of 10 cm for points regarding EP GPS located at a distance of the order of 30 km and 20 cm for larger distances, at the level .-

Introducción

Teniendo en cuenta que la tendencia en materia de georeferenciación es el reemplazo de las redes geodésicas clásicas por redes de Estaciones Permanentes GPS (EP GPS), que cada vez hay un número mayor de ellas en todo el país y que la mayoría de los profesionales de la Agrimensura cuentan con equipos de una sola frecuencia, se necesita estudiar metodologías eficientes y de bajo costo que permitan ampliar el radio de acción y espectro de aplicación de este tipo de receptores, sin perder las precisiones deseadas.-

Sabiendo que pueden lograrse mejores precisiones vinculando un punto a dos o más puntos fijos, que si se lo hiciera sólo a un punto, y aprovechando el hecho de que las EP GPS proveen en forma continua datos de observación, es necesario analizar las precisiones obtenidas con un receptor monofrecuencia en función de las variables distancia y tiempo de observación. A partir de este análisis se podrían establecer mediciones de este tipo, que en el futuro se hagan con más frecuencia en el futuro.-

Este trabajo, se encuentra en el marco de un proyecto de investigación aprobado por el Sistema de Incentivos del Ministerio de Educación de la Nación, y que está llevando a cabo el

Gabinete Topogeodésico del Departamento Ingeniería en Agrimensura de la Universidad Nacional de San Juan.-

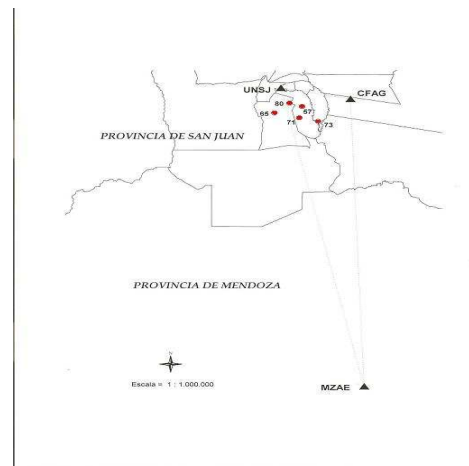
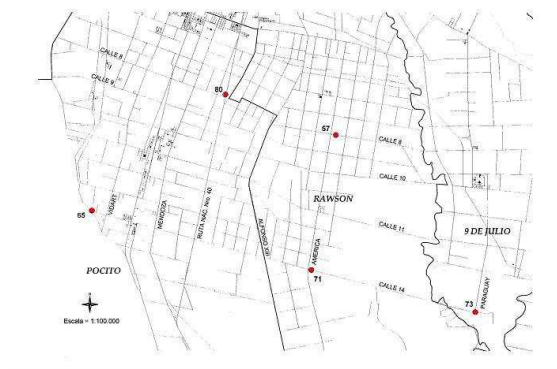
El objetivo es analizar el mejor aprovechamiento de las EP GPS (en cuanto distancia, tiempo y precisión) suponiendo que el usuario contase solo con un receptor del tipo topográfico. Y fundamentalmente estudiar el hecho de que si bajando observaciones de dos o mas estaciones permanentes, y procesándolas junto a la observación del receptor topográfico mejora los resultados en este punto.-

DESCRIPCIÓN DE TAREAS **CAMPAÑA**

La campaña GPS consistió en una observación simultánea con cinco receptores GPS del tipo monofrecuencia GTR-A.-BT. A tal efecto se eligieron 5 marcas pertenecientes a la red rural GPS construida y medida en el año 1997 durante la implementación del Proyecto SICaT por parte del Catastro de la provincia; la se caracteriza por su alta confiabilidad, precisión y buen cielo en cada uno de sus vértices. La misma fue medida con receptores del tipo geodésicos, marca Ashtech Z12 y vinculada a los tres puntos POSGAR 94 que existen en la provincia. Los puntos utilizados son los enumerados como PO57, PO65, PO71, PO73 y PO80.-

El diseño de la subred de cinco puntos medida, fue pensado de modo tal se obtuvieran vectores menores a 10 km, entre 10 km y 15 km y en el orden de los 20 km.; y a su vez guardando que las distancias de estos puntos a las estaciones permanentes fueran del orden de los 30 km a 60 km (UNSJ, CFAG) y mas de 100 km (MZAC). La duración de la sesión fue de tres horas, lo que a posterior permitiría recortar los tiempos de observación y suponer sesiones mas cortas durante el cálculo, lo que finalmente nos mostraría cuales serían los tiempos óptimos de observación de acuerdo a la longitud de cada vector.-

A continuación se puede observar a los puntos relevados y su posición respecto a las EP GPS con las que se trabajo.



CÁLCULOS

El programa utilizado a tal efecto fue el propio de los equipos utilizados, denominado EZSURV. Como una característica del proceso valdría destacar que se calcularon sesiones de 3 horas, dos horas, una hora, media hora y hasta 15 minutos, tanto para los cuatro puntos en forma de red (fijando uno de ellos e independizándose de las EP), como para cada uno de ellos combinados con una o dos estaciones permanentes.-

Calculo independiente de las estaciones permanentes

De acuerdo a las especificaciones del fabricante de los receptores monofrecuencia, el rango máximo “aconsejado” para mediciones con los mismos de tal forma de mantener la precisión indicada para ellos, no debería superar los 20 km. Por tal razón se eligió al punto PO73 como punto fijo y desde él mismo se calculó para los tres puntos restantes como si fuera radiación. Sólo el punto PO65 está más allá de los 20 km, el resto está en el radio de acción aconsejado por el fabricante. De esta manera establecemos a las coordenadas de cada punto obtenidas de esta forma como coordenadas de referencia. Este procedimiento se realizó para cada una de las cinco sesiones de tiempo antes mencionado. Sin duda a la coordenada de mayor peso será aquella sesión para tiempo completo. También se realiza un análisis en cuanto a la variación de las coordenadas de los puntos para cada sesión. Este procedimiento nos permite visualizar el comportamiento del receptor y tener en cuenta qué tanta influencia tiene el tiempo de medición en la determinación de las coordenadas. –

Desde una EP y dos EP

Aquí comenzamos a poner a prueba nuestra hipótesis. Se eligió una EP como punto de referencia y se procedió a calcular los vectores de esta EP a cada punto como radiación, obteniéndose un juego de coordenadas. Luego se procedió a realizar la diferencia entre estas coordenadas con aquellas obtenidas desde el punto PO73 para cada sesión, que son tomadas como coordenadas de referencia.-

Análisis de la calidad de los resultados para un mismo vector

Se realiza un análisis por tipo de solución como por valores de distancia y sus respectivos RMS para cada vector en particular.-

Soluciones fijas y soluciones flotantes

A continuación se plasma una planilla donde se podrá observar el tipo de solución con que se obtuvieron cada uno de los vectores, ordenados de menor a mayor (de arriba hacia abajo) y con los distintos tiempo de sesión considerados para el respectivo cálculo.-

VECTORES	Completo	2 Horas	1 Hora	1/2 Hora	15 Minutos
PO71-PO57	Fija	Fija	Fija	Fija	Fija
PO71-PO73	Fija	Fija	Fija	Fija	Fija
PO71-PO65	Fija	Fija	Fija	Fija	Flot.
PO57-PO73	Flot.	Fija	Fija	Fija	Flot.
PO57-PO65	Fija	Fija	Fija	Fija	Fija
PO73-PO65	Fija	Fija	Fija	Fija	Flot.
CFAG-PO71	Fija	Flot.	Fija	Flot.	Flot.
CFAG-PO57	Fija	Flot.	Fija	Fija	Flot.
CFAG-PO73	Flot.	Flot.	Flot.	Flot.	Fija

VECTORES	Completo	2 Horas	1 Hora	1/2 Hora	15 Minutos
CFAG-PO65	Fija	Flot.	Fija	Fija	Flot.
UNSJ-PO71	Flot.	Flot.	Flot.	Fija	Flot.
UNSJ-PO57	Flot.	Fija	Fija	Fija	Flot.

UNSJ-PO73	Flot.	Flot.	Flot.	Fija	Flot.
UNSJ-PO65	Flot.	Flot.	Flot.	Fija	Flot.
MZAE-PO71	Flot.	Flot.	Flot.	Flot.	Flot.
MZAE-PO57	Flot.	Flot.	Flot.	Flot.	Flot.
MZAE-PO73	Flot.	Flot.	Flot.	Flot.	Flot.
MZAE-PO65	Flot.	Flot.	Flot.	Flot.	Flot.

Claramente se advierte que para el caso de vectores que no superan los 10 km, el tipo de solución es siempre “fija”, ya sea calculado con una sesión de 3 horas, como con una sesión de 15 minutos. También se advierte que para aquellos vectores que superan los 100 km, el tipo de solución resulta ser siempre flotante, aún con sesiones de 3 horas.-

Para el caso de distancias intermedias entre las ya mencionadas, se observan ambos tipos de soluciones; y lo notable de ello es que, el caso para cada una de estas soluciones es totalmente aleatorio. Es decir, se da el caso de vectores que con tres horas de sesión arrojan un tipo de solución flotante, y los mismos vectores calculados con sesiones de 30 minutos arrojan resultados fijos.-

Finalmente, y en función de los resultados obtenidos, se observa que el hecho de que una solución sea del tipo flotante no significa que haya que descartarla, pues en general resultan casi tan buenas como las soluciones fijas.-

Resultados por vector

A continuación se plasma una planilla las longitudes y RMS de cada uno de los vectores medidos, calculados para distintas duraciones de sesión.-

VECTORES	Completo		2 Horas		1/2 Hora		15 Minutos		Promedio	RMS
	Distancia	RMS	Distancia	RMS	Distancia	RMS	Distancia	RMS		
PO71-PO57	7380,944	0,025	7380,947	0,026	7380,965	0,015	7380,972	0,015	7380,957	0,012
PO71-PO73	9090,592	0,022	9090,589	0,024	9090,603	0,01	9090,602	0,012	9090,597	0,006
PO71-PO65	12165,282	0,031	12165,283	0,033	12165,295	0,012	12165,371	0,006	12165,306	0,037
PO57-PO73	12130,38	0,037	12130,381	0,042	12130,414	0,015	12130,434	0,009	12130,402	0,023
PO57-PO65	13675,297	0,019	13675,296	0,02	13675,313	0,01	13675,319	0,009	13675,307	0,010
PO73-PO65	21255,52	0,048	21255,519	0,051	21255,544	0,019	21255,622	0,009	21255,549	0,042
CFAG-PO71	26898,468	0,027	26898,525	0,027	26898,48	0,018	26898,495	0,018	26898,489	0,023
CFAG-PO57	23221,206	0,029	23221,237	0,03	23221,228	0,02	23221,309	0,019	23221,240	0,040
CFAG-PO73	20940,442	0,031	20940,437	0,032	20940,386	0,018	20940,557	0,018	20940,451	0,063
CFAG-PO65	36859,086	0,043	36859,111	0,045	36859,123	0,02	36859,092	0,018	36859,107	0,017
UNSJ-PO71	20949,078	0,065	20949,181	0,053	20949,078	0,057	20949,267	0,047	20949,160	0,082
UNSJ-PO57	15447,656	0,046	15447,679	0,042	15447,683	0,033	15447,849	0,029	15447,710	0,079
UNSJ-PO73	27574,211	0,081	27574,229	0,083	27574,217	0,028	27574,412	0,024	27574,203	0,166
UNSJ-PO65	16209,293	0,04	16209,274	0,036	16209,266	0,013	16209,356	0,014	16209,296	0,035
MZAE-PO71	173874,413	0,448	173874,722	0,442	173874,608	0,24	173874,99	0,242	173874,589	0,296
MZAE-PO57	180818,851	0,473	180819,094	0,46	180818,6	0,143	180818,751	0,112	180818,840	0,183
MZAE-PO73	170307,753	0,439	170307,998	0,431	170307,329	0,127	170306,875	0,083	170307,481	0,428
MZAE-PO65	179381,092	0,416	179381,333	0,436	179380,653	0,13	179379,907	0,087	179380,756	0,543

Se nota que el procesamiento para cada vector en las distintas sesiones son muy estables, es decir que las variaciones entre las distintas soluciones no superan en general las precisiones que indican los fabricantes. Se observa en ella, resultados extraordinarios, a sabiendas de que se ha trabajado con receptores de una sola frecuencia. En general el RMS, para cualquier duración de sesión, es del orden de los 4 cm, eventualmente en algún caso se llega a 8 o 9 cm. Y cuando la distancia supera los 100 km hablamos de 40 cm aproximadamente. Pero hablamos de 40 cm en 170 km.-

En cuanto al hecho de que el RMS baje con el tiempo de cálculo, lo cual parece una contradicción y nos llevaría a pensar que con menos tiempo los resultados son mejores, “no debe confundirnos”, pues se está calculando con menos observaciones.-

Posiciones a partir de una EP

En los siguientes tres cuadros se pueden observar las diferencias en latitud, longitud y altura para cada punto de la muestra, con aquellas de referencia obtenidas bajo la metodología tradicional. Las diferencias están expresadas en milímetros.-

CFAG	Comp.	2 H	1 H	1/2 H	15 M	UNSJ	Comp.	2 H	1 H	1/2 H	15 M
B	12	26	26	33	199	B	64	68	64	40	147
L	65	53	76	89	265	L	18	37	162	73	251
H	143	155	58	58	185	H	224	152	265	73	845

MZAE	Comp.	2 H	1 H	1/2 H	15 M
B	312	481	169	374	420
L	152	560	413	382	755
H	257	177	1145	3012	3169

De la observación de estos cuadros se puede concluir lo siguiente:

- Las diferencias con las coordenadas de referencia se mantienen dentro de un mismo orden, incluso en la sesión de media hora para CFAG y UNSJ,
- para MZAE las diferencias son mucho mayores, lo cual era lógico de esperar tanto por la calidad del procesamiento (flotante) como por la distancia entre la EP y cada uno de los puntos (170 km promedio),
- las diferencias mayores se encuentran para la altura en las tres EP.-

En cuanto al cálculo de la posición de un punto a partir de una sola estación permanente se puede establecer sin dudas que los resultados son mejores con estaciones cercanas. El orden de las diferencias encontradas en general, desde UNSJ y desde CFAG es de unos pocos cm., no mas de 10 en horizontal y no mas de 20 en vertical, incluso para sesión de 15 minutos. Estas precisiones son un tanto peor que la precisión de los receptores topográficos, pero debemos tener en cuenta que los estamos exigiendo al máximo, ya que nos hemos salido de su límite de medición, pues estamos hablando de vectores de mas de 20 km. Para algunos tipos de trabajos se admiten estas precisiones.-

Para el caso de la EP MZAE (a 170 km) las diferencias entre coordenadas de los puntos y coordenadas calculadas son del orden de los 30 cm para la sesión de 3 horas y los resultados van empeorando notablemente a medida que achicamos los tiempos de medición, llegando a mas de 4 m en altura para una sesión de 15 minutos.-

Posiciones a partir de dos EP

En los siguientes dos cuadros se vuelcan las diferencias entre las coordenadas obtenidas por los “tipos de redes” planteados respecto a las coordenadas de referencia.

CFAG - UNSJ					CFAG - MZAE				
		Comp.	1/2 H	15 M			Comp.	1/2 H	15 M
PO57	B	11	37	91	PO57	B	3	23	34
	L	65	53	59		L	65	47	52
	H	187	144	184		H	181	175	79
PO65	B	3	28	159	PO65	B	13	10	215
	L	82	62	124		L	89	55	172
	H	118	110	237		H	116	154	774
PO71	B	7	20	73	PO71	B	11	20	53
	L	73	101	123		L	74	75	75
	H	147	112	286		H	142	118	128
PO73	B	22	24	24	PO73	B	12	33	412
	L	17	78	290		L	17	134	292
	H	204	64	872		H	194	133	877

Del análisis de ambos casos se puede notar:

- 1- sin duda la mejor solución es la que corresponde aquella de mayor tiempo,
- 2- la peor solución es la de 15 minutos,
- 3- nuevamente, la mayor diferencia en las coordenadas se nota en altura para ambos casos. Es decir no existe una diferencia apreciable entre una solución de base corta de EP frente a una solución de base larga de EP.
- 4- Para la sesión de 30 minutos las diferencias calculadas son del mismo orden de aquellas de sesión completa.

En definitiva, es esta la modalidad de trabajo que pretendíamos probar y quizás, llegar a proponer como mejor modo de opción. Los resultados que a continuación se plasman muestran como a partir de dos estaciones permanentes, la asignación de coordenadas a un punto mejora sustancialmente a que si fuera con una sola. El hecho está dado en que al tener observaciones desde 2 EP y desde un punto desconocido, establecemos un triángulo que tiene dos de sus vértices fijos y es una figura apta para someter a compensación. Para el caso de considerar dos estaciones permanentes relativamente cercanas al punto las diferencias en latitud, longitud y cota se mantiene dentro de los 10 cm, solo en 15 minutos de sesión.

Pero si la situación fuese que no contamos con una estación cercana, podríamos recurrir a una cercana y una alejada. En este caso los resultados fueron óptimos, ya que las diferencias no superan los 20 cm, incluso, con solo 15 minutos.

Conclusiones

De los resultados obtenidos, la precisión del posicionamiento de los puntos vinculados al menos a dos estaciones permanentes, cuando el tiempo de observación de los vectores GPS sea de treinta minutos, es del orden de los 10 cm, y considerando el caso de una EP a 170 km se llega a los 20 cm. Estas precisiones resulta satisfactoria en la mayoría de los trabajos corrientes de Agrimensura y satisface también los requerimientos de precisiones catastrales. Por otra parte en actividades de actualización cartográfica estas precisiones resultan muy

satisfactorias, teniendo en cuenta también la escala de trabajo adoptada.-

Vale la pena destacar las ventajas operativas que presentan las estaciones permanentes respecto de las redes clásicas, para un profesional que dispone de sólo un receptor monofrecuencia. Esto sin duda marca la necesidad de contar con un mayor número de EP GPS, cuya ubicación y distribución, en la medida de lo posible, respondan a redes óptimas y satisfactorias desde el punto de vista del diseño de las mismas, como también pensadas su ubicación de los servicios que las mismas puedan brindar a los usuarios de servicios GPS. También se hace notar la importancia de contar en forma diaria con archivos de observación cuya duración no sea sólo de 24 horas sino de menores intervalos a fin de agilizar los tiempos de procesamiento.-

AGRADECIMIENTOS

En las tareas de campaña, han colaborado los siguientes alumnos: Carlos Rodríguez, Carla Bearzi, Mauricio Delgado, Germán Martín, Yesica Nieves, María Flavio Leiva. En las tareas de bajada de datos y cálculo María Flavia Leiva. Esto responde al objetivo de formación en cantidad, calidad y actualización de los alumnos de la Carrera de Ingeniería en Agrimensura.-