

# APLICABILIDAD DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO EN EL INVENTARIADO DE ELEMENTOS MEDIANTE LA INTEGRACION DE DISPOSITIVOS MOVILES Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

I Quintanilla García<sup>(1)</sup>, J. Irimia Cervera<sup>(1)</sup>, A. Gallego Salguero<sup>(1)</sup>  
<sup>(1)</sup> Dpto. de Ingeniería Cartográfica. Universidad Politécnica de Valencia.  
[iquinta@cgf.upv.es](mailto:iquinta@cgf.upv.es), [jaircer@upvnet.upv.es](mailto:jaircer@upvnet.upv.es), [augalsal@cgf.upv.es](mailto:augalsal@cgf.upv.es)

**Palabras Claves:** GPS, GNSS, SIG, PDA, Inventarios

## Resumen

En este artículo se lleva a cabo el análisis de los diferentes sistemas de posicionamiento por satélite y su integración en sistemas de información geográfica y dispositivos móviles, con el objeto de analizar las precisiones de los mismos y dotarles de aplicabilidad en inventariado de elementos puntuales y superficiales en tiempo real. De esta forma, a la hora de realizar diversos tipos de inventarios y en función del objetivo y precisiones del mismo, se requerirán diferentes grados de precisión en los datos que incorporemos a nuestro sistema de información geográfica, por ello se realiza un estudio de precisiones con diferentes tipos de receptores y empleando diferentes sistemas de posicionamiento. En las conclusiones obtenidas se pueden observar las precisiones alcanzadas en cada una de las observaciones realizadas y de esta manera realizar una correcta integración de datos en el inventario.

## 1 Introducción

En la actualidad es muy común encontrarnos con diversos dispositivos móviles que incorporan la tecnología GPS. Cada uno de estos dispositivos dispone de un tipo de receptor diferente que no siempre es apto para su aplicación en la vida profesional. En primer lugar debemos conocer las características que nos facilita el fabricante sobre el receptor con el que vamos a trabajar, y a partir de ahí intentar sacarle el mayor rendimiento posible a nuestro dispositivo.

En este artículo hemos realizado diversas mediciones con diferentes receptores tanto de elementos puntuales como superficiales, para analizar las precisiones que podemos obtener con ellos, y ver hasta que punto es factible su utilización o no en diversos trabajos.

La finalidad de trabajar con dispositivos móviles es la integración directa de los datos obtenidos en campo a nuestro dispositivo, bien sea para trabajar con ellos en un sistema de información geográfica o bien para realizar simples mediciones. Por ello en todo momento deberemos conocer la precisión de nuestro dispositivo GPS, para no desvirtuar la rigurosidad de nuestro trabajo, ni falsear la información recogida en campo.

## 2 Objetivos

Se han llevado a cabo dos tipos de mediciones en campo, con el objetivo de evaluar las precisiones obtenidas en cada una de ellas.

Por una parte se han realizado mediciones puntuales, de diversos vértices conocidos para observar la precisión en la obtención de las coordenadas, y por otra, se han realizado levantamientos de diferentes tipos de superficies, para ver la precisión de este tipo de dispositivos.

Las mediciones se han realizado a través del sistema GPS, sin emplear ningún Sistema de Aumentación Diferencial GPS, que gracias a sus correcciones diferenciales podrían ofrecernos mejores prestaciones.

## 3 Especificaciones Operativas

La observación de los elementos puntuales y superficiales se ha realizado en la Universidad Politécnica de Valencia, en una serie de vértices situados en los jardines de la misma, que nos han servido para realizar las mediciones puntuales, y en las parcelas delimitadas de los jardines que hemos empleado para realizar las mediciones superficiales.

Para la toma de datos se ha empleado el software ArcPad 7.0.1, de la casa ESRI, este software es el más extendido y empleado en la actualidad para la integración de sistemas de información geográfica en dispositivos móviles, y a su vez las características del mismo nos facilitan la modificación de parámetros para la toma de datos en campo, como veremos posteriormente.

En cuanto a los vértices de control empleados para la comprobación, se ha utilizado la red de Control creada por la Unidad Docente de Geodesia y Tecnologías GPS, del Dpto. de Ingeniería Cartográfica de la

Universidad Politécnica de Valencia. Podemos observar en el siguiente listado (Tabla 1) las coordenadas en el sistema ED50 expresadas en metros.

Vértice	Coordenada X	Coordenada Y
101	729.099,979	4.373.577,464
103	729.074,009	4.373.588,099
106	729.046,978	4.373.599,109
201	729.113,207	4.373.600,351
206	729.109,153	4.373.588,353
213	729.103,650	4.373.571,927

Tabla 1.- Coordenadas de los vértices de control

Se han utilizado dos polígonos de diferentes características y tamaño para el control métrico de superficie. Ambas áreas han sido medidas con estación total arrojando una superficie de 662,193 m<sup>2</sup> y un perímetro de 118.245 metros la primera de ellas y que denominaremos Superficie A y de 7.839,803 m<sup>2</sup> de superficie y 456,348 de perímetro la segunda y que denominaremos Superficie B. Lo que se ha pretendido ha sido medir dos superficies que difirieran en tamaño y perímetro para comprobar las posibles variaciones en la precisión al determinar estos valores.

Por último comentar los receptores GPS empleados para la toma de datos. Se han utilizado tres receptores GPS diferentes. El primero de ellos una antena externa Airis GPS, que se ha conectado a un dispositivo móvil, en concreto una PDA, marca y modelo HP 6915. El segundo de los dispositivos empleados ha sido una PDA de la marca Trimble, modelo Juno ST, y por último también de la casa Trimble, un Geo XH. La recepción de datos de cada uno de estos dispositivos es cada segundo.

#### 4 Metodología de la Observación

Como hemos comentado anteriormente las observaciones se han realizado a través del software ArcPad 7.0.1, para ello previamente, se genera un proyecto en esta aplicación, donde cargaremos una cartografía de referencia, que no es necesaria para el proyecto, pero que nos ayudará a situarnos y comprobar que los parámetros de transformación empleados y el sistema de referencia es el correcto.

##### 4.1 Observaciones Puntuales

Para el caso concreto de las observaciones puntuales, dentro del mismo proyecto generado anteriormente con ArcPad, generaremos una nueva capa, en este caso puntual, que será donde insertaremos la toma de puntos que realicemos.

El siguiente paso a realizar es configurar los parámetros del GPS para la toma de datos. El programa ArcPad, nos ofrece la posibilidad a la hora de tomar puntos, de interpolar las posiciones que reciba el GPS durante un período de tiempo determinado. Como ya hemos comentado nuestros receptores nos dan posición cada segundo, por lo tanto el valor que asignemos en esta casilla serán los segundos que el receptor estará observando, recibiendo e interpolando las coordenadas. Como hemos comentado lo que se pretende es comprobar la validez para la toma de coordenadas en tiempo real, y teniendo en cuenta esta premisa realizaremos las tomas con diferentes intervalos que hemos establecido en 5-20-60-100, considerando que empleando un tiempo mayor de 100 segundos en una toma podría llegar a no ser operativo.

Por último en cuanto a las especificaciones de partida, comentar que en todo momento hemos exigido que el factor PDOP de la observación no fuera mayor de 3.

La manera de proceder ha sido la siguiente. En primer lugar se encendía el receptor GPS y se esperaba unos minutos con el receptor encendido comprobando el correcto funcionamiento del mismo y observando que el factor PDOP que exigimos se cumplía. Una vez comprobado esto, seleccionábamos el valor para interpolar valores y procedíamos a la observación de cada uno de los puntos, colocando el receptor sobre el clavo que indica el vértice de referencia.

De esta manera pasamos por los seis vértices de control, empleando los cuatro valores de interpolación antes comentados y con cada uno de los tres instrumentos que hemos utilizado en la observación.

En la siguiente imagen podemos observar los tres instrumentos utilizados para la toma de puntos, así como su posición sobre uno de los vértices de control.



Figura 1.- Geo XH, Juno ST, Airis GPS

#### 4.2 Observaciones Superficiales

Para el caso de las observaciones superficiales, en primer lugar generamos una capa de elementos superficiales en el proyecto de ArcPad, para poder tomar los datos correctamente.

Lo siguiente que debemos elegir es la forma de la toma de datos en campo, bien seleccionar nosotros mismos los vértices a levantar de las parcelas, o bien indicar al GPS que vaya tomando datos en función del tiempo o de la distancia recorrida. La opción escogida es la de ir marcando nosotros mismo los vértices de las parcelas, dejando el otro método para estudios posteriores. El definir nosotros mismos los vértices de las parcelas nos da ventajas en cuanto al movimiento para la toma de datos, no debiéndonos ceñir estrictamente al perímetro de la parcela a la hora de la toma de los mismos.

Una vez tenemos claro la forma de realizar la toma, debemos tener en cuenta los parámetros de nuestro receptor GPS, que modificaremos en el programa ArcPad. Para este caso, se ha decidido que serán 5 las posiciones a interpolar en cada uno de los vértices que tomemos de la superficie.

En cuanto al factor PDOP, seguiremos exigiendo un valor menor a 3, para asegurarnos una buena configuración geométrica de los satélites que estamos empleando en las observaciones.

El proceso de toma de datos una vez configurados estos parámetros es muy sencillo, cada vez que nos situamos sobre un vértice que queremos levantar pulsamos al botón de levantar vértice y automáticamente este interpola con las cinco primeras posiciones que calcula, para obtener la coordenada de ese vértice, una vez levantados todos los vértices que deseamos, pulsamos el botón para cerrar la geometría y automáticamente el programa ArcPad nos genera la superficie que estamos levantando.

En la siguiente imagen podemos observar una imagen aérea con cada una de las dos superficies levantadas en la toma de datos, donde la Superficie A mide 662,193 m<sup>2</sup> y tiene un perímetro de 118.245 metros y la Superficie B mide 7.839,803 m<sup>2</sup> y dispone de 456,348 metros de perímetro.



Figura 2.- Superficie A y Superficie B

## 5 Análisis de Resultados

Cabe destacar, que los resultados de error obtenidos son con una fiabilidad del 39% y por lo tanto si deseáramos obtener una fiabilidad mayor, por ejemplo un 95%, deberíamos multiplicar los errores obtenidos por un factor de 2,5 para obtener dicha fiabilidad.

A continuación mostramos los errores medio cuadráticos obtenidos en las observaciones, con cada uno de los instrumentos que hemos empleado en las mismas y señalando el número de posiciones con las que se ha iterado para obtener la coordenada final del vértice en cada observación.

<b>AIRIS GPS</b>				
Vértice	rms 5	rms 20	rms 60	rms 100
101	1,905	1,901	1,624	1,394
103	2,003	2,162	1,969	1,648
106	1,319	1,075	1,024	0,960
201	2,745	2,707	2,697	2,588
206	3,328	2,924	2,757	2,554
213	2,734	2,363	2,341	2,254

Tabla 2.- Error medio cuadrático obtenido con el receptor Airis GPS en metros

<b>JUNO ST</b>				
Vértice	rms 5	rms 20	rms 60	rms 100
101	2,846	2,660	1,736	1,604
103	2,765	2,573	2,262	1,901
106	2,542	2,362	1,332	1,575
201	2,019	1,883	1,699	1,417
206	3,328	2,930	1,639	1,562
213	2,194	1,760	1,674	1,528

Tabla 3.- Error medio cuadrático obtenido con el receptor Juno ST en metros

<b>GEO XH</b>				
Vértice	rms 5	rms 20	rms 60	rms 100
101	1,963	1,849	1,745	1,376
103	2,582	2,298	1,398	1,220
106	1,702	1,395	1,623	1,245
201	2,049	1,941	1,515	1,514
206	2,175	1,883	1,555	0,746
213	1,734	1,323	0,975	0,654

Tabla 4.- Error medio cuadrático obtenido con el receptor Geo XH en metros

Por lo tanto, calculando la media de error obtenida en todos y cada uno de los vértices observados, podemos observar el error cometido con las diferentes fiabilidades.

Vértice	rms 5	rms 20	rms 60	rms 100
<b>rms medio 39% de fiabilidad</b>				
Airis GPS	2,339	2,189	2,069	1,900
Juno ST	2,616	2,361	1,724	1,598
Geo XH	2,034	1,782	1,513	1,126
<b>rms medio 95% de fiabilidad</b>				
Airis GPS	5,848	5,472	5,172	4,749
Juno ST	6,539	5,903	4,309	3,995
Geo XH	5,085	4,454	3,782	2,815

Tabla 5.- Media en el error con cada uno de los receptores con un 39% y un 95% de fiabilidad

Ya por último, observaremos los resultados obtenidos con cada uno de los receptores en la medida de superficies y veremos el error cometido en porcentaje sobre el total de la superficie de cada una de las parcelas levantadas, así como el error en metros cuadrados en la superficie y en metros en el perímetro. Estos resultados nos podrán dar una orientación a la hora de realizar otros levantamientos. Recordar por último que en las superficies que hemos levantado, para obtener los vértices de las mismas hemos empleado cinco posiciones para determinar las coordenadas del mismo, según el procedimiento descrito anteriormente. Como podemos apreciar en los resultados, para la parcela pequeña, el error cometido es mayor obviamente, pero aun así, este error varía de usar un tipo de receptor a otro, por ello a la hora de afrontar una medición de una superficie no muy elevada, deberemos tener en cuenta el tipo de receptor a emplear o recurrir a sistemas de aumentación que mejoraría notablemente la precisión obtenida en nuestras mediciones, aunque este tipo de análisis no es el objeto del presente artículo, cabe señalar el comentario.

	AIRIS GPS		JUNO ST		GEO XH	
	Área	Perímetro	Área	Perímetro	Área	Perímetro
Superficie A	630,414 m <sup>2</sup>	116,065 m	644,473 m <sup>2</sup>	116,722 m	653,799 m <sup>2</sup>	117,691 m
Error	31,779 m <sup>2</sup>	2,180 m	17,720 m <sup>2</sup>	1,523 m	8,394 m <sup>2</sup>	0,554 m
% sobre total	4,80 %	1,84 %	2,68 %	1,29 %	1,27 %	0,47 %
Superficie B	7929,418 m <sup>2</sup>	451,211 m	7852,443 m <sup>2</sup>	451,524 m	7854,398 m <sup>2</sup>	453,233 m
Error	89,615 m <sup>2</sup>	5,137 m	12,640 m <sup>2</sup>	4,824 m	14,595 m <sup>2</sup>	3,115 m
% sobre total	1,14 %	1,13 %	0,16 %	1,06 %	0,19 %	0,68 %

Tabla 6.- Superficies y errores obtenidas en cada una de las parcelas con cada uno de los receptores

Finalmente podemos comentar que este tipo de receptores pueden ser válidos para ciertos trabajos en los que la precisión requerida no sea elevada. Estos valores deben ser obtenidos en función de la escala de nuestro levantamiento y la precisión que la misma nos exija, para no perder la rigurosidad en nuestro trabajo.

## 6 Referencias

Berné, J.L., Quintanilla, I., Gallego, A., (2003) "GPS navegadores y PDAs y su uso para aplicaciones agronómicas y medio ambientales" Editorial UPV. Valencia.

Quintanilla, I., (2004) "Análisis de la integración de sistemas (SIG, GPS y PDA) para aplicaciones medioambientales "in situ"". XI Congreso Métodos Cuantitativos, Sistema de Información Geográfica y Teledetección. Libro de Actas.

Hofmann-Wellenhof, B. (2004) "Navigation: principles of positioning and guidance". Wien, New York, Springer.

Bao-Yen Tsui, J., (2000) "Fundamentals of Global Positioning System Receivers: A software approach". John Wiley & Sons, Inc.

Hofmann-Wenllenhof, B., Lichtenegger, H., Collins, J., (1994) "GPS theory and practice". Third, revised edition. Springer Verlag.

ESRI, (2005) "ArcPad User Guide", ESRI Inc.

ESRI, (2005): "ArcPad Reference Guide", ESRI Inc.

<http://www.trimble.com/mgis.shtml>