ESTUDIO Y ANÁLISIS DE RECEPTORES GPS MONOFRECUENCIA DIFERENCIAL DE BAJO COSTE PARA LA OBTENCIÓN DE PRECISIONES SUBMETRICAS

I. Quintanilla García[(1)], A. Gallego Salguero[(1)], J. Irimia Cervera[(1)], J. A. Pérez Ferre[(1)]
(1) Dpto. de Ingeniería Cartográfica. Universidad Politécnica de Valencia.
iquinta@cgf.upv.es, augalsal@cgf.upv.es, jaircer@upvnet.upv.es

Palabras Claves: navegadores, GPS, monofrecuencia.

Resumen:
El artículo presentado se centra en el estudio, desarrollo, análisis y establecimiento de nuevas metodologías operativas con "Navegadores GPS", a fin de obtener una precisión submétrica mediante un posicionamiento diferencial versus el posicionamiento métrico que actualmente este tipo de receptores alcanza. De esta forma, se realiza un análisis sobre los receptores GPS Navegadores y su utilización como receptor monofrecuencia en postproceso con diferentes pruebas comparativas que validan la metodología e instrumental empleados y que aplicaciones se pueden llevar a cabo con esta metodología, así como las ventajas económicas que proporciona.

1 INTRODUCCION

Las diferentes aplicaciones basadas en tecnologías GPS se discriminan en función de la precisión y criterios de integridad que estas requieran en el momento de ejecución o postproceso.

Actualmente y hasta que los sistemas GNSS futuros estén presentes, en las aplicaciones que se requiere de una precisión submétrica y criterios de integridad se utilizan receptores GPS de doble frecuencia debido a las altas precisiones que son capaces de alcanzar. Los receptores GPS navegadores de mano (a partir de ahora, los denominaremos "Navegadores GPS") trabajan con código, y solo permiten el posicionamiento en tiempo real con una precisión muy por encima del metro en función de las diversas variables que condicionan esta. Por este motivo, los navegadores GPS constituyen la gama más baja de este tipo de receptores, y su uso queda reducido a aplicaciones en las que las precisiones exigidas no son excesivas, ni se requieren criterios de integridad, continuidad y disponibilidad.

Es el objetivo de esta ponencia el validar estos receptores como receptores monofrecuencia en postproceso para el alcance de precisiones submétricas, con lo que se ampliará de forma considerable las aplicaciones que estos navegadores pueden realizar. De esta forma, esta nueva metodología amplia las opciones de utilización de los receptores GPS navegadores, y minimiza los costos de adquisición de los equipos GPS submétricos.

2 CONTENIDO. DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA

Se describe las posibilidades y límites del posicionamiento estático diferencial usando las observaciones de código y fase de los receptores GPS navegadores. El objetivo buscado, ha sido solamente mostrar el funcionamiento e integración de los receptores en los que se centra nuestro trabajo, su comportamiento en nuevas metodologías de trabajo GPS y mostrar, mediante un análisis comparativo de coordenadas, una muestra de los resultados que cabe esperar en su uso bajo esta metodología como receptores GPS monofrecuencia, de precisión submétrica.

El principio en el que está basado este método de posicionamiento con navegadores GPS se resume en lo siguiente: un navegador debe obtener su posición de la misma manera que cualquier otro receptor GPS, midiendo tiempos, códigos y fase, ya que constan de los mismos componentes básicos y principales que los receptores monofrecuencia. De esta forma, la principal diferencia entre un navegador y un receptor monofrecuencia de precisión, estriba en el calidad, potencia y robustez del software de observación y procesamiento que llevan incorporados ambos equipos. Una vez establecido este principio, lo único que se debe conocer para utilizar los navegadores GPS como un receptor monofrecuencia de precisión es, cómo obtener y registrar la información que recibe nuestro navegador en el proceso de observación (usando la fase para suavizar las observaciones de código obtenidas por el navegador), para posteriormente poderla postprocesarla.

De esta forma, este método de observación, por corrección diferencial en postproceso utilizando navegadores GPS, se basa en la observación estático relativa de puntos. En este proceso, la información de fase y código que recibe el receptor navegador GPS, se transfiere en tiempo real durante la observación, a un dispositivo de registro (PC o PDA) en el que se almacena y transforma el archivo binario resultado de la observación. Posteriormente, mediante un software especifico, se convierte el fichero binario de la observación, al formato independiente de intercambio RINEX. Combinando el archivo de RINEX creado, con un archivo de datos de observación y navegación de otro receptor de referencia (base) o alguna de las estaciones de referencia permanentes cercanas, la línea/s base observada/s se calcula en postproceso mediante software de calculo GPS.

3 EQUIPOS Y SOFTWARE EMPLEADOS

Los componentes utilizados han sido los siguientes:

- Receptor GPS navegador: Garmin III+
- Receptor monofrecuencia Tr 4600LS
- Receptor bifrecuencia Tr 5700
- Cable de conexión Garmin a PC, mediante el puerto RS232 o USB PC portátil con sistema MS DOS para la ejecución de los programas de obtención de datos brutos de observación y transformación al formato Rinex. En nuestro caso se utilizó un PC portátil Acer Aspire 1642 WLMI, con procesador Pentium M a 1.73 GHz, tarjeta de red inalámbrica Wi-Fi integrada y sistema operativo Windows XP.
- Software de captura de la información en bruto de los navegadores GPS y de transformación al formato RINEX.
- Software de procesamiento de datos GPS para el cálculo en postproceso de las líneas base observadas. En nuestro, el procesamiento de los datos se ha realizado con el programa Trimble Total Control versión 2.73.

4 POSPROCESAMIENTO DE DATOS GPS

El primer paso a efectuar en el cálculo de la red ha sido la adquisición de todos los datos necesarios para el mismo, algunos de los cuales pertenecen a instituciones públicas, como es el caso de las observaciones de estaciones permanentes y los ficheros de efemérides. En este caso se ha descargado los ficheros RINEX de observables y navegación correspondientes a la estación VALE, de 24h, mediante el servidor FTP del BKG. En cuanto a las efemérides se han utilizado las publicadas en Internet por el IGS, seleccionando las efemérides precisas rápidas porque ya aportan la precisión requerida (precisión de las órbitas inferior a 5cm y precisión de los relojes inferior a 0.1ns) aunque se publican 17h después de la época a la cual están referidas, con la ventaja de que las precisiones son entre 20 y 40 veces mejores que las efemérides radiodifundidas en tiempo real.

Por otro lado, han sido necesarias las coordenadas de los puntos de control para poder realizar los ajustes al sistema de referencia ED50. Para realizar el cálculo, estudio y análisis de las pruebas, la red de control utilizada ha sido la red situada en el jardín del campus de Vera de la Universidad Politécnica de Valencia y perteneciente a la Unidad Docente de Geodesia y Tecnologías GPS del Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría.

La metodología operativa es la siguiente. Una vez se han cargado los ficheros de observación mencionados y las efemérides precisas, se han procesado las líneas base, habiendo comprobado antes los datos de trabajo como alturas y tipos de antena, tiempos de observación y ocupaciones, coordenadas de los puntos fijos… Para el procesamiento de las líneas base, se han definido los parámetros de procesamiento básicos como el límite de elevación de satélites o el tipo de órbita, máscara de elevación de 15º, el intervalo de proceso se ha establecido en 1 segundo, efemérides precisas, tipo de fase de portadora empleada en el procesamiento de línea-base combinada (Lc), libre combinación ionosférica de datos L1 y L2 si la línea es mayor de los kilómetros indicados (se probó que estas opciones daban los mejores resultados). El modo de procesamiento y la forma de proceder con las sesiones de observación del proyecto durante el procesamiento ha sido el modo Estático. En el proceso de filtrado, se ha seleccionado que guarde la mejor solución.

Para validar las pruebas realizadas se describe de igual forma la configuración de los parámetros relacionados y el análisis estadístico de calidad que se ha establecido para el procesamiento y ajuste:

- Criterio de admisión de observables. TTC realiza un test Test χ^2 en la varianza a posteriori de los residuos con una probabilidad mínima del 95%. El Test que estudia si el conjunto de nuestra red tiene un comportamiento estadístico aceptable a través del cociente entre los estimadores del error medio cuadrático de peso unidad a priori y a posteriori. El nivel de confianza es del 95%, que supone un factor multiplicador de 3.5.

- Trimble Total Control lleva a cabo varios test para investigar la capacidad de fijar las ambigüedades.
    - F-Test con las razones de las varianzas de la segunda a la mejor solución. En este caso, se requiere por defecto una fiabilidad del 99,99%.
    - Test de χ^2 en la varianza a posteriori de los residuos con una probabilidad mínima de 95%.

- Razón mínima. Este parámetro fija el valor mínimo para que un determinado grupo de ambigüedades pueda considerarse estadísticamente válido, para dar paso a la denominada solución de dobles diferencias fija. Se suelen adoptar valores de 1.5 a 3. No conviene bajar de 1.5 porque forzar la fijación de ambigüedades sin tener garantías estadísticas para ello puede conducir a resultados geométricamente

erróneos. El mejor grupo de ambigüedades encontrado se compara con el segundo mejor. Un criterio de calidad para el mejor grupo de ambigüedad es la relación entre los valores residuales ponderados para esta solución y la segunda mejor solución. Esta relación debería ser superior al valor establecido para que Trimble Total Control defina las ambigüedades como fijas y las líneas-base como aceptadas, si la relación es menor a este valor no se aceptarán los resultados.

- Ratio, es el resultado de dividir el estimador de la varianza a posteriori de la segunda mejor solución entre el de la mejor solución. Se ha fijado un valor mínimo de 1.5 en el procesamiento, cuanto mayor sea el ratio mayor certeza estadística se tiene de haber fijado correctamente las ambigüedades.

- RDOP: Muestra la calidad de las ambigüedades calculadas, cuanto más próximo a cero mayor calidad.

En el procesamiento se han obtenido los vectores tridimensionales que forman la red, las componentes de estos vectores consisten en incrementos de coordenadas cartesianas geocéntricas en el sistema WGS-84. La red se ajustará en el sistema oficial ED-50, al fijar las coordenadas de control de puntos conocidos, se trata por tanto de obtener un conjunto de coordenadas de nuestra red en el sistema ED-50. En un ajuste libre no se introduce ningún tipo de restricción o constreñimiento. Lo interesante de un ajuste libre es la determinación del encaje geométrico de los vectores calculados. La detección de errores groseros se realiza mediante el test de Tau, el observable que no pasa el test es aquel cuyo residual normalizado es mayor que un valor Tau establecido, una vez detectados los observables que no pasan el test se eliminan del ajuste. Esto se puede deber tanto a una solución de línea base ruidosa como a una incorrecta medida de la altura de la antena. Después de haber procesado los datos correspondientes, y tras el ajuste libre, se ha procedido a realizar el ajuste tridimensional de la red, fijando las coordenadas de los puntos de control conocidos. Así pues, se ha conseguido ligar la red observada y evaluar la fiabilidad de los resultados obtenidos.

5 DESCRIPCIÓN DE LAS PRUEBAS REALIZADAS

Con la intención de validar la metodología anteriormente expuesta y a fin de conseguir los objetivos mencionados al principio de este articulo, se han realizado una serie de pruebas reales sometiendo a estudio el comportamiento de estos receptores y una muestra del aumento de las precisiones que estos receptores pueden llegar a alcanzar. Intentando validar el carácter submétrico de estos receptores navegadores GPS, se han sometido a diferentes estudios prácticos en los que se han analizado diferentes variables, con diversas configuraciones e integraciones de equipos, y con variación de tiempos de observación y su comportamiento a diferentes distancias..

El receptor GPS utilizado para las pruebas que se describen ha sido el modelo Garmin III+, ya que este receptor reunía todas las características necesarias para llevar las a cabo, tanto de configuración como de integración con diversos equipos que se detallan en los siguientes apartados (diferentes antenas, comunicación con PC,…). Aunque no permita la configuración de parámetros de observación (mascara de elevación, intervalo de registro,…) ni altura de antena, esto no ha supuesto problema alguno, ya que el programa TTC permite incorporar todos los datos de configuración antes de realizar el procesamiento.

La primera prueba que se ha realizado, se concibió como punto de partida para decidir y planificar las configuraciones de equipos, tiempos y líneas base a observar de las siguientes, además de cómo comprobación del funcionamiento de la metodología y confirmación de las precisiones buscadas.

Antes de efectuar cada una de las pruebas, se ha realizado una planificación sobre las condiciones y parámetros de la ventana de observación. Planificando la configuración geométrica (PDOP, HDOP, VDOP,…) y la disponibilidad de satélites, para tener controlado este aspecto tanto en la ejecución como en el estudio posterior de resultados. Esta planificación se ha realizado mediante la utilidad de software Planning de Trimble, habiendo actualizado antes el almanaque para la semana en la que se realizaron cada una de las pruebas.

5.1 Comparativa entre un receptor GPS navegador y receptor monofrecuencia Tr 4600LS

Como prueba inicial de esta metodología, se decidió comparar un navegador GPS con un receptor monofrecuencia. Con el fin de probar si se cumplía el comportamiento y precisión esperada, se ha utilizado un receptor monofrecuencia Trimble 4600LS, por ser de características similares a las cuales queremos equiparar los receptores GPS.

Los puntos observados han sido:

- La estación de referencia VALE, utilizada como punto de control para el postprocesamiento y ajuste en ED-50.

- El punto 727 perteneciente a la red GPS de la UPV, observado con un navegador Garmin III+ con su antena.
- El punto 104 perteneciente a la red GPS de la UPV, observado con un receptor monofrecuencia Trimble 4600LS.

La prueba fue realizada durante un tiempo de observación de 45´. En ninguno de los equipos utilizados era posible definir la máscara de elevación, por lo que se realizó en postproceso mediante el programa TTC. Los equipos se estacionaron de su forma más natural, es decir, el receptor TR4600LS con basada nivelante sobre trípode y el navegador GIII+ (su antena), se situó directamente en el suelo, situando su antena sobre la vertical del punto a medir.

Figura 2: Estacionamiento de un receptor monofrecuencia y un navegador GPS

Se han procesado las líneas-base en función de los parámetros anteriormente explicados y los resultados son los siguientes. Se presentan en forma de tabla indicando los vértices extremos de la línea-base, tipo de solución fijada, ratio, RMS de la línea-base, RDOP y nº de satélites en común. Los parámetros estadísticos con los que se analizará el resultado serán la varianza, el ratio y el RDOP. Los valores de las tablas se han obtenidos de los informes que el programa TTC ofrece después del procesado y ajuste de cada prueba.

Pto origen	Punto final	Ratio	rms	RDOP	Nº Satélites
VALE	**104 TR**	183.9	3.8	0.2	9
104 TR	**727 GMN**	2.9	8.9	0.2	8
VALE	**727 GMN**	2.7	6.5	0.3	8

Tabla 1: Resultados prueba 1

Tras el procesamiento de las líneas base se observa que los valores de la varianza están comprendidos entre los valores teóricamente admisibles; el ratio ofrece buenos valores y la garantía de que las ambigüedades se han fijado correctamente, además de con buena precisión, tal y como indica el RDOP. Por lo tanto se admiten todas las líneas base procesada.

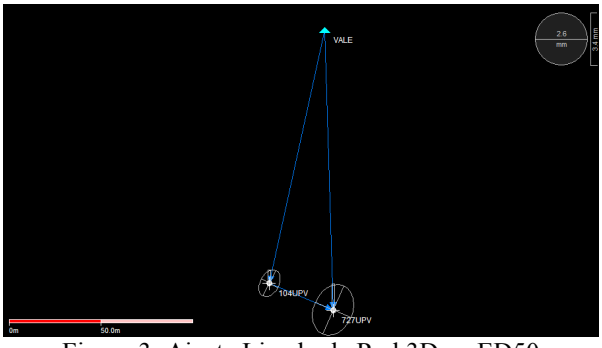

Figura 3: Ajuste Ligado de Red 3D en ED50

Después del ajuste ligado, en la ventana de salida de datos del programa, se indica que todas las mediciones pasan el test de Tau.

104 Trimble	X UTM	**0.017**
	Y UTM	**0.003**
	H	**-0.044**
727 Garmin	X UTM	**0.391**
	Y UTM	**0.350**
	H	**0.179**

Tabla 2: Diferencias entre los puntos de control y los obtenidos en posproceso

En vista de los resultados obtenidos, podemos concluir que la metodología e integración de los equipos estudiada ha funcionado perfectamente y que cumple además con las precisiones que se habían establecido a priori. Cabe señalar que los errores en coordenadas obtenidos pueden ser debidos a los errores propios del receptor como la antena, el reloj interno, cables de conexión,…tal y como se había planteado al comienzo del articulo.

5.2 Comparativa entre un navegador GPS con antena externa Garmin 26C y receptor bifrecuencia Trimble 5700.

Una vez comprobada la precisión submétrica del receptor Garmin, se ha intentado reducir los errores en la toma de datos, provocados por la falta de adaptabilidad de estos equipos a los trabajos topográficos. Para resolver este problema, se ha construido un plano de tierra, con soporte de acoplamiento de rosca 5/8", para la antena externa Garmin26C, a fin de que permitiera trabajar exactamente igual que con una antena externa de un receptor gps mono/bifrecuencia, es decir:

- Posibilidad de acoplamiento a los diferentes sistemas de estacionamiento (Basada nivelante, centrado forzoso,…)
- Repetibilidad del estacionamiento con un error estimado de ± 1mm.
- Posibilidad de orientación de la antena
- Control de la altura de estacionamiento

Figura 4: Estacionamiento de un navegador GPS con antena Geodesica y un receptor bifrecuencia

Los puntos observados han sido:

- La estación de referencia VALE, utilizada como punto de control para el postprocesamiento.
- El punto 727 perteneciente a la red GPS de la UPV, observado con un receptor bifrecuencia Trimble 5700.
- El punto 102 perteneciente a la red GPS de la UPV, observado con un navegador Garmin III+ con la antena Garmin26C y soporte adaptado.

La observación fue realizada durante un tiempo de observación de 45´. Para realizar esta prueba utilizamos un receptor Garmin III+ estacionado con trípode, base nivelante y antena externa Garmin 26C, con el soporte adaptado en el punto 102, y un equipo Trimble 5700 (base) en el punto 727 con su antena Zephyr Geodetic. Para el cálculo se ha querido utilizar como punto fijo el receptor bifrecuencia, simulando de este modo una situación en la que no nos fueran accesibles los datos de la estación de referencia. Tras el procesamiento de las líneas base se observo que los valores de la varianza están comprendidos entre los valores teóricamente admisibles; el ratio ofrece buenos valores y la garantía de que las ambigüedades se han fijado correctamente, además de con buena precisión, tal y como indicaba el RDOP.

Punto fijo 727 Trimble		
102 Garmin	X UTM	**0.175**
	Y UTM	**0.196**
	H	**-0.51**

Tabla 3: Diferencias entre el punto de control y el obtenido en posproceso

Tal y como se observa en las tablas anteriores, los resultados obtenidos han mejorados notablemente las precisiones obtenidas inicialmente con el receptor GPS navegador. Podemos concluir que la metodología e integración de los equipos estudiada ha funcionado perfectamente y que las precisiones que se habían establecido a priori, se mejoran al trabajar con antenas de mayor calidad a la que tiene incorpora.

5.3 *Comparativa entre el procesamiento de un navegador y un equipo 5700 Trimble, observando con una misma antena geodésica.*

Una vez comprobada la repetibilidad de la metodología y las precisiones que se pueden llegar a alcanzar, se ha decidido estudiar el comportamiento aislado del navegador GPS en el cálculo del posicionamiento en postproceso. Para realizarlo, se han conectado a una antena geodésica Zephir Geodetic, vía splitter (difusor de señal de antena), un receptor bifrecuencia y un navegador GPS con la finalidad de realizar una observación sobre el mismo punto, y de esta forma conocer el error inducido por el navegador GPS en el cálculo del posicionamiento.

Figura 5: Navegador GPS con receptor bifrecuencia compartiendo antena geodesica a traves de spliter

Los puntos observados han sido:

- La estación de referencia VALE, utilizada como punto de control para el postprocesamiento.
- El punto 727 perteneciente a la red GPS de la UPV, observado simultáneamente con un receptor bifrecuencia Trimble 5700 y un navegador GPS Garmin III+. La observación fue realizada durante un tiempo de observación de 1 hora. Para realizar esta prueba se utilizó un equipo Trimble 5700 (base) y un receptor Garmin III+, unidos mediante un splitter a la antena Zephyr Geodetic, estacionada en el punto 727. Para el cálculo y ajuste se ha utilizado como punto fijo la estación de referencia permanente VALE.

Punto origen	**Punto final**	**Ratio**	**rms**	**RDOP**	**Nº Sat.**
727 Garmin	**727 Trimble**	2.1	2.9	0.2	8
727 Trimble	**VALE**	60.6	4.5	0.1	10
727 Garmin	**VALE**	2.0	2.7	0.2	9

Tabla 4: resultados del procesamiento de líneas base observadas

Tras el procesamiento de las líneas base se observa que los valores de la varianza están por debajo de los valores teóricamente admisibles, el ratio ofrece buenos valores y las ambigüedades se han fijado correctamente tal y como indica el RDOP.

Punto fijo VALE		
727 Trimble	X UTM	**0.037**
	Y UTM	**0.024**
	H	**-0.008**
727 Garmin	X UTM	**0.120**
	Y UTM	**-0.110**
	H	**-0.440**

Tabla 5: Diferencias entre los puntos de control y los obtenidos en postproceso

Como se observa en las tablas anteriores, los resultados obtenidos mejoran respecto a las condiciones expuestas en las pruebas anteriores como consecuencia de la metodología operativa empleada. Podemos concluir que la metodología e integración de los equipos estudiada ha funcionado perfectamente y que las precisiones que se habían establecido a priori, se han alcanzado.

5.4 Observación de línea base de media distancia con navegadores

Una vez confirmada la fiabilidad de la metodología, probada para distancias cercanas a la estación permanente, se ha comprobado la validez de la misma para medias distancias. Para realizar esta prueba se ha observado un punto de la red de vértices geodésicos del IGN, situado a una distancia de 30Km aprox. de la estación permanente VALE (Vértice Prenchiza). Además se ha querido comprobar el funcionamiento de este sistema con una antena Zephir Geodetic de frecuencia L1, la cual puede ofrecer mejoras al equipamiento hasta el momento analizado.

Figura 6: Vértice Prenchiza

Los puntos observados han sido: la estación de referencia VALE y el vértice geodésico nº72185 Perenchiza, perteneciente a la red del IGN, observado con un navegador Garmin III+ con una antena Trimble Zephir L1.

La observación fue realizada durante un tiempo de observación de 1h. Para realizar esta prueba se utilizó un receptor GIII+ conectado a una antena Zephyr Geodetic de L1, estacionada con basada nivelante en el pilar geodésico. Para el cálculo y ajuste se ha utilizado como punto fijo la estación de referencia permanente VALE. Tras el procesamiento de la línea base se observa que el valor de la varianza está por debajo de los valores teóricamente admisibles, el ratio ofrece buenos valores y las ambigüedades se han fijado correctamente.

Punto fijo VALE		
Vértice geodésico 72185 Perenchiza	X UTM	**0.075**
	Y UTM	**-0.540**
	H	**0.132**

Tabla 6: Diferencias entre los puntos de control y los obtenidos en posproceso

Tal y como se observa en la tabla anterior, las precisiones obtenidas con el receptor GPS navegador no aportan datos discriminantes sobre la variable distancia, probablemente porque la distancia empleada no sea lo suficientemente grande como para que refleje la disminución de la precisión en función del aumento de esta, aunque como podemos apreciar en la tabla, se sigue ratificando la calidad submétrica de la precisión.

6 CONCLUSIONES

Tal y como se planteaba al inicio de este articulo, el principal objetivo era realizar un análisis sobre el uso de los navegadores GPS como receptores monofrecuencia en postproceso. Para ello se han establecido una serie de pruebas y mediciones sobre una red de control, y se han modificado diversos parámetros para testear que el sistema de medición empleado era operativo bajo diferentes condiciones.

A la vista de los resultados obtenidos se puede concluir que el manejo y utilización de estos navegadores GPS como receptores monofrecuencia en postproceso proporciona una mejora en la precisión de los mismos, alcanzando valores submétricos con las ventajas que esto conlleva. De esta forma, el binomio navegador–PC/PDA nos puede proporcionar un receptor monofrecuencia con un coste entorno a 600 €, frente al 6.000 € que vale un receptor convencional. Asimismo, la mejora en precisión pueden satisfacer las necesidades del posicionamiento de precisión, en multitud de disciplinas en las que se pueden aplicar. Por lo tanto, si se integraran en dispositivos más portátiles y manejables (PDAs), se podría hablar de optimización en el desarrollo de técnicas DGPS.

Otra de las conclusiones en las que se debe incidir hace referencia a la necesidad actual de integración de dispositivos y accesorios, debido al continuo manejo y acoplamiento de cables y accesorios, pudiéndose observar, por otra parte, un desarrollo constante en este aspecto, sobretodo en la fabricación de nuevos dispositivos que cumplan estos requisitos. Por lo tanto, parece lógico pensar en una lenta pero continua adaptación de los dispositivos a las metodologías en cuestión, la que puede aportar una mejora en las técnicas estudiadas, incluso a la creación de nuevos métodos de trabajo.

Convendría concluir expresando la idea de que la combinación de dispositivos y programas informáticos, la creación de aplicaciones, el estudio de nuevos sistemas de comunicación y muchas más ideas relacionadas, no tienen mucho sentido si no se estudian desde el punto de vista de la complementariedad. Una idea capaz de hacer avanzar a pasos agigantados, al combinar y complementar los conocimientos individuales, hacia un mismo objetivo.

6 REFERENCIAS

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

Berne, J.L.; Gomez, D.; Grau J.; Quintanilla, I. (2005) “Estudio y aplicaciones de servicios de posicionamiento/navegación RTK basado en IP”. 6a Setmana Geomàtica de Barcelona. Dept. d’Enginyeria Cartogràfica, Geodèsia i Fotogrametria, Universitat Politècnica de València, València.

Celada, J.; Dalda, A.; Gonzalez-Matesanz, F.J. (2004) “El Proyecto EUREF-IP.Resultados con GPRS”. 4 Asamblea Luso-Hispanica.

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

Strang, G., Borre, K., (1997): Linear Algebra, Geodesy, and GPS. Wellesley-Cambrigde Press.