

APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA GPS EN INVENTARIO DE RECURSOS

FORESTALES: EXPERIENCIAS EN LA COMARCA DE EL BIERZO (LEÓN)

J.R. RODRÍGUEZ ¹ y A. FERNÁNDEZ ²

¹ Departamento de Ingeniería Minera E.S.T. de Ingeniería Agraria. Campus del Bierzo Universidad de León. Avda. Astorga s/n 24400 Ponferrada. León.

Tel: 987 425 533 (Ext. 222). Fax: 987 429 615. E mail: dimjrp@unileon.es.

² Área Departamento de Ingeniería Agraria. E.S.T. de Ingeniería Agraria. Campus del Bierzo Universidad de León. Avda. Astorga s/n 24400 Ponferrada. León.

Tel: 987 425 533 (Ext. 236). Fax: 987 429 615. E mail: diaafh@unileon.es.

RESUMEN

En esta comunicación se estudia la utilidad de los equipos GPS-GLONASS en la inventariación de recursos forestales en tiempo real, el objetivo es obtener una información más útil y fiable para una gestión sostenible. La experiencia se realizó en tres cantones de *Pinus pinaster* Ait. en la comarca de El Bierzo (León). Las aplicaciones desarrolladas han sido el replanteo y localización de puntos de muestreo bajo distintas densidades de arbolado. En la elección de cantones se ha buscado que las distintas clases naturales de edad estuvieran representadas (monte bravo, alto latizal y fustal bajo). En el estudio se propone una metodología de trabajo con equipos GPS- GLONASS y se presentan los primeros resultados.

PALABRAS CLAVE: GPS- GLONASS, Inventario Forestal, Gestión forestal

SUMMARY

In this communication the utility of the GPS-GLONASS teams in the forest inventory in real time is studied in order to get a more useful information and reliable for an administration sustainable. The experience was carried out in *Pinus pinaster* Ait. three stands of in the district of El Bierzo (León). The developed applications have been the stake and localization of points of sampling under different densities of hoisting. In the election of stands there is been searching for that the different natural classes of age are represented (young growth, pole wood, old growth). He in the study proposes a methodology of work with GPS- GLONASS teams and they are presented the first outputs.

KEYWORDS: GPS- GLONASS, Forest Inventory, Forest managemant

INTRODUCCIÓN

Hace dos décadas que el Sistema GPS (Sistema de Posicionamiento Global) fue creado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos para constituir un sistema de navegación preciso con fines militares.

La investigación y el tratamiento de estos sistemas de posicionamiento por satélite, ha llevado en la actualidad a que sean utilizados para diversos fines científicos. Pero quizás, las aplicaciones en las cuales estos sistemas han calado más hondo son la Geodesia y la Topografía. Es por ello que constituyen, unos de los sistemas de medida más usados y con mayores expectativas de futuro.

En el mundo forestal se han desarrollado diversas aplicaciones con éxito (el Servicio Forestal Americano USFS ha propuesto hasta 130 aplicaciones forestales posibles),

consiguiendo una buena precisión tanto en la delimitación de áreas y superficies a escalas detalladas (1:5000-1:10000) como en el replanteo de puntos sobre el terreno. Estas aplicaciones se han centrado en el campo de los incendios forestales, cartografía de recursos naturales, diseño de infraestructuras forestales, etc. En nuestro país destacan los trabajos de RODRÍGUEZ-SOLANO & GARCÍA (1996) o GRACIA & MÉRIDA (1992) en la evaluación de superficies afectadas por incendios o en la delimitación de espacios protegidos (RODRÍGUEZ-SOLANO, 1996). Cada vez son más en los trabajos profesionales que están utilizando esta tecnología en deslindes, trazados de pistas forestales, seguimiento de incendios forestales, etc.

Las principales tareas en las que el GPS puede ser utilizada en un Inventario Forestal son la cartografía de cantones, el replanteo de parcelas de muestreo y la localización geográfica de puntos de interés. Tareas que pueden realizarse con precisión y viabilidad económica utilizando distintos procedimientos específicos (Tabla 1).

Tarea	Técnica GPS en tiempo real (RTK)
Delimitación de cantones	Continuo
Localización	Dinámico con paradas
Replanteo	Dinámico con paradas

Tabla 1. Tareas de Inventario Forestal y técnicas GPS en tiempo real

La utilización de receptores GPS de procesado en tiempo real supone una gran ventaja, ya que todo el tiempo que se invierte en insertar, tratar, chequear y procesar los datos se suprime al obtener los resultados al instante, que es ineludible en tareas como el replanteo de puntos de inventario. La puesta a punto de este procedimiento sirve también para realizar localizaciones y delimitación de perímetros de cantones, a pesar de que estas tareas se pueden realizar con sistemas GPS de posicionamiento absoluto con postproceso.

La delimitación de unidades básicas de inventario se ha realizado tradicionalmente a partir de la cartografía básica del monte. La ausencia de una cartografía de detalle, tan frecuente en muchas zonas de nuestro país, puede ser cubierta con el levantamiento de los puntos sobre el terreno del límite de los cantones utilizando técnicas GPS. Esta información digital puede integrarse en una base de datos cartográfica y servirá para el diseño del inventario por muestreo y para su ordenación posterior.

El replanteo de parcelas de inventario se ha realizado tradicionalmente con brújula y cinta métrica. La aplicación técnicas de la topografía expedita está sometida a desviaciones debidas al error de calibrado de la brújula y la declinación, así como los cambios en la distancia horizontal provocados por la pendiente o los relacionados con los obstáculos del terreno que impiden una trayectoria continua (PRIETO & HERNANDO, 1995). Esta actividad que puede ocupar el 20 % del tiempo empleado en el inventario puede ser mejorada en tiempo y precisión utilizando técnica GPS.

Mayor dificultad ha tenido la localización de puntos sobre el terreno, sobre todo en aquellas zonas en las que la cartografía de detalle no exista. El conocimiento con precisión de las coordenadas tiene un gran interés para localizar parcelas en inventarios continuos, árboles singulares, puntos de agua, especies botánicas protegidas, etc.

Sin embargo, las características propias del medio forestal debidas a la influencia de la cubierta vegetal y la presencia de obstáculos naturales que obstruyen la correcta recepción pueden limitar los potenciales de aplicación del GPS. En este trabajo se estudia su utilidad en la delimitación de cantones y en el replanteo y localización de parcelas de muestreo bajo distintas densidades de arbolado en la Comarca leonesa de El Bierzo (Figura 1) determinando

las limitaciones debidas a las características específicas de cada masa forestal y aportando una metodología de trabajo.

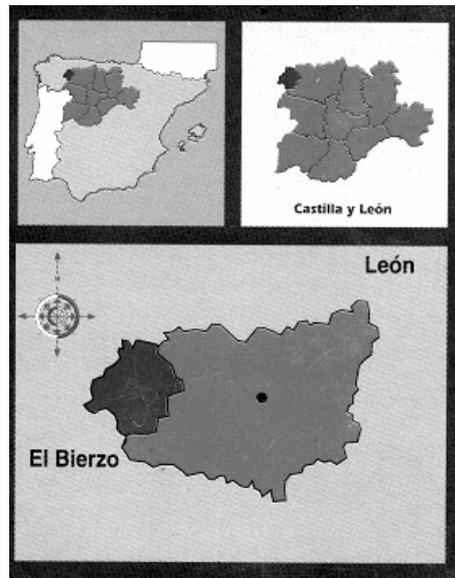


Figura 1. Localización de la zona de estudio

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización del trabajo se ha empleado un equipo receptor modelo GG-Surveyor de Ashtech®. Éste es un receptor de doble constelación que incluye 12 canales de GPS en L1 y 12 canales de GLONASS en L1.

Como software informático, para el manejo y tratamiento de la información recogida con el receptor GPS, se utilizó el programa SURVEY PRO de TDS (©Tripod Data Systems, Inc.), para controlador Husky FS/2.

Otras características a destacar del equipo son una actualización de la posición en tiempo real (RTK: Real Time Kinematic), de cinco veces por segundo, latencia inferior a 100 milisegundos y una inicialización RTK con una fiabilidad superior a 99 %. Estas propiedades confieren al sistema precisión centimétrica, una vez resueltas las ambigüedades.

Los trabajos de posicionamiento por satélite en tiempo real, no son propiamente una metodología de trabajo, sino una forma de obtener los resultados una vez procesadas las observaciones de satélite. El equipo de trabajo con módulo RTK incorpora un software completo en la unidad de control y un sistema de transmisión de información (radiomodem) que permite la obtención de resultados en tiempo real (HOLANDA & BERMEJO, 1998).

Las peculiaridades de este sistema condicionan la metodología a seguir en la que se pueden diferenciar cuatro fases principales: trabajos previos, inicialización del sistema, realización del trabajo propiamente dicho y análisis y discusión de los resultados.

<p>Trabajos topográficos previos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Establecimiento de puntos de control 		PRIMERA ETAPA
<p>Iniciación del sistema</p> <ul style="list-style-type: none"> - Configuración de base y rover - Cálculo de parámetros de transformación 		SEGUNDA ETAPA
<p>Realización de mediciones</p> <ul style="list-style-type: none"> - Delimitación de cantones - Localización de puntos de inventario - Replanteo de puntos de inventario 		TERCERA ETAPA
<p>Análisis y discusión de resultados</p> <ul style="list-style-type: none"> - Equipos y metodología - Consecución de objetivos 		CUARTA ETAPA

Figura 2. Esquema metodológico del trabajo

Los trabajos previos se realizan con el fin de generar una red local de apoyo, que servirá como sistema de referencia de todo el trabajo. En definitiva, en esta fase se determinaron las coordenadas UTM de seis puntos del área de estudio que servirán para realizar la transformación del sistema empleado por los satélites (WGS-84) a coordenadas planas absolutas (UTM). Estas coordenadas se determinaron con estación total a partir de dos puntos de coordenadas conocidas.

La iniciación del sistema requiere la configuración de la base y del receptor móvil (rover) y la localización (NUÑEZ *et al.*, 1992). Este último aspecto es fundamental en los resultados finales y consiste en la determinación de los siete parámetros de transformación para cambiar las coordenadas GPS longitud y latitud, al sistema plano al que se va a referir el trabajo.

Una vez puesto el sistema en funcionamiento, se procedió a la determinación de las coordenadas en las parcelas de inventario. Éstas fueron designadas en función de sus características de masa y distancia a la base, con objeto de comprobar el funcionamiento del sistema en el replanteo y localización bajo diferentes coberturas y separación entre rover y base de referencia.

En concreto esta experiencia se realizó en tres cantones de *Pinus pinaster* Ait. en la comarca de El Bierzo (León). En la elección de cantones se ha buscado que las distintas clases naturales de edad estuvieran representadas (monte bravo, alto latizal y fustal bajo).

En los trabajos de campo se realizó la determinación de cantones de las zonas seleccionadas. Posteriormente se pasó a la localización de las parcelas de inventario, a través de las coordenadas de tres puntos dentro cada cantón. Por último se replantearon cada uno de los puntos localizados, tal como se planteó en los objetivos del estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En función de los objetivos planteados los resultados se presentan agrupados en los cuatro siguientes apartados:

Red local de transformación y errores residuales

Los errores residuales de la transformación de coordenadas WGS-94 a UTM, van a condicionar la precisión y resultados de todo el proceso. Los resultados se muestran en la Tabla 2. Estos valores residuales deberían estar próximos al valor 0 salvo la escala que

debería ser 1, en la situación ideal. Estas diferencias están motivadas por las dificultades de recepción óptima bajo cubierta y serían inaceptables para cualquier trabajo topográfico de precisión, sin embargo para todas las aplicaciones que se pretenden valorar en este trabajo los niveles de precisión son más que aceptables si se comparan con las otras posibles metodologías.

Parámetro rms de la transformación	Valor
Norte	0.6151
Este	1.1129
Elevación	0.3661
Escala	0.9984
Rotación	-1.3426

Tabla 2. Errores residuales (rms residuales)

Levantamiento de puntos

Se pudo comprobar la gran eficacia del sistema para la delimitación de los cantones de inventario. En todos los puntos determinados, la precisión del posicionamiento fue inferior a 60 cm, lo que supone un error inapreciable a las escalas de trabajo empleadas en cartografía forestal.

Localización

En la Tabla 3 se presentan los parámetros medidos con el receptor móvil analizados en cada tipo de masa. En cuanto al número de satélites observado en cada masa, cabe destacar que como mínimo se recibe señal de 8 satélites, incluso en las más cerradas, en las que recepción está muy condicionada por las condiciones de cada punto localizado. Esto se manifiesta en las distintas precisiones obtenidas, siendo las mejores las del monte bravo y las más deficientes en las masas cerradas de fustal bajo. En cualquier caso las precisiones, tanto en valores horizontales como en cotas, las precisiones son inferiores a los 50 cm.

La distancia del rover a la base es uno de los factores limitantes para trabajar con mediciones en un tiempo de posicionamiento inferior a 10 segundos. Esta limitación viene determinada por las dificultades de recepción del radiomodem y no tanto por las observaciones de los satélites. Teóricamente con un equipo que funcione con 0,5 w se está limitado a un radio de acción de 7-8 km (HOLANDA & BERMEJO, 1998). En este trabajo se empleó una radio de 2 w, pero ya se presentaron problemas con distancias a la base inferiores a un kilómetro, lo que limita el rendimiento del trabajo. Si se aumenta el tiempo de observación también lo hace la precisión, mejorando la recepción de las señales de radio.

	Monte bravo		Alto latizal		Fustal bajo	
Nº. de satélites (máximo - mínimo)	11	10	9	8	11	8
Recepción (%) y latencia (s) de radio	70	2	95	1	100	1.5
Distancia a la base (m)	447,86		365,81		76,91	
Precisión horizontal: media y desviación típica (m)	0,077	0,075	0,215	0,087	0,258	0,061
Precisión vertical: media y desviación típica (m)	0,091	0,079	0,269	0,110	0,378	0,131

Tabla 3. Parámetros de posicionamiento en las localizaciones de parcelas

Replanteo

En la Tabla 4 se presentan los parámetros medidos con el receptor móvil analizados en cada tipo de masa, para el replanteo de parcelas. Como en el caso anterior, el número de satélites observado en cada masa, cabe destacar que como mínimo se recibe señal de 8 satélites y las precisiones aumentan cuando disminuye la cobertura. Comparando los resultados con los de localización, se aprecia una mejora en la precisión. Esta mejora es ocasionada por haber dedicado un mayor tiempo de exposición, dado que el replanteo de los puntos se realizaba después de su localización.

Las mayores diferencias en cuanto al replanteo de puntos se presentan en los valores de altitudes, medidos mediante el valor absoluto de la diferencia en altura (m). De todos modos estas diferencias son siempre inferiores a 4 m y de escasa repercusión en el posicionamiento real del punto replanteado.

	Monte bravo		Alto latizal		Fustal bajo	
Nº. de satélites (máximo - mínimo)	11	8	9	8	11	8
Distancia a la base (m)	447,86		365,81		76,91	
Precisión horizontal: media y desviación típica (m)	0,078	0,075	0,104	0,064	0,172	0,009
Precisión vertical: media y desviación típica (m)	0,188	0,107	0,177	0,033	0,369	0,011
Valor absoluto de la diferencia en altura: máxima y mínima (m)	2,37	0	0,6	0,12	3,76	1,06

Tabla 4. Parámetros de posicionamiento en los replanteos de parcelas

CONCLUSIONES

En cuanto a la metodología y equipos empleados, se puede señalar que en el replanteo de parcelas es imprescindible la utilización del sistema en tiempo real si se pretenden obtener precisiones inferiores a un metro. El principal inconveniente de estos sistemas surge de la necesidad de contar con puntos de control determinados por un levantamiento topográfico previo. Sin embargo, una vez puesto a punto el sistema para replanteo, tanto la localización de puntos de interés como la delimitación de rodales se realiza con un gran rendimiento sin necesidad de recurrir a operaciones de postproceso y permite la integración directa en un Sistema de Información Geográfica.

En relación a la influencia del grado de cobertura en la recepción de las señales de satélite, en las experiencias realizadas se ha detectado que éstas son menores con el aumento

de la cobertura pero han permitido conseguir en la experiencia una precisión submétrica. Sin embargo estos resultados, que aun no son definitivos, están siendo contrastados en otros tipos de masas forestales (frondosas, pinares más densos, etc.) y utilizando más puntos de muestreo.

BIBLIOGRAFÍA

- GRACÍA, I. & MÉRIDA, J.C. (1992). *Aplicaciones de técnicas GPS al problema de incendios forestales*. Boletín del Colegio de Ingenieros Técnicos Forestales. Madrid.
- HOLANDA, M.P. & BERMEJO J.C. (1998). *GPS & GLONASS: descripción y aplicaciones* [Publicación electrónica] Accesible a través del World Wide Web: <<http://www.mercator.org/htmls/jcarlos.html>>. 65 pp.
- NUÑEZ, A.; VALBUENA, J.L.& VELASCO, J. (1992). *GPS: la nueva era de la topografía*. Ciencias Sociales S.A. Madrid. 236 pp.
- PRIETO, A & HERNANDO, A. (1995). *Tarifas de cubicación e inventario por ordenador*. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid.
- RODRÍGUEZ-SOLANO, H. (1996). *GPS en el sector forestal*. Boletín del Colegio de Ingenieros Técnicos Forestales. Madrid.
- RODRÍGUEZ-SOLANO, R & GARCÍA, R. (1996). *Aplicación del sistema GPS en la evaluación de incendios forestales*. Montes 44. Madrid: 26-33.