

## El GPS en Espeleología Aplicación práctica

Carlos Puch  
G.E. Edelweiss

**L**as cuevas fueron la razón por la cual me acerqué al Sistema Global de Posición (GPS), hace ahora 15 años. Un folleto militar que se hallaba enterrado en el cajón de mi escritorio mostraba a un soldado norteamericano averiguando su posición en mitad del desierto de Kuwait. Al contemplarlo, recordé aquellas bocas diminutas de simas perdidas en el monte, y me entusiasmé...

La utilización del GPS es hoy algo normal en espeleología. La razón es bien simple: no hay un medio más preciso y fiable para

determinar la posición de una cavidad o para llevar un registro detallado y cabal del camino recorrido hasta su boca, desde el último lugar "civilizado". Los equipos portátiles son pequeños, robustos y, en los últimos tiempos, extraordinariamente sensibles; pueden funcionar en casi cualquier sitio (figura 1).

### Geometría: la base del sistema

El GPS recibe señales de radio transmitidas desde el espacio por una treintena de satélites. Gracias a ellas puede calcular la posición, la velocidad y la hora exacta. No importan el lugar, el momento ni la meteorología;

el GPS fue concebido como un sistema "global", robusto y fiable. Lo que sí importa, en cambio, es la visibilidad del cielo: en un sitio cerrado, bajo una techumbre o en condiciones difíciles, el GPS no funciona bien, ya que las ondas de radio pueden llegar degradadas o quedar completamente bloqueadas. Es lo que ocurre, por ejemplo, en los barrancos profundos, en los bosques con una tupida cubierta arbórea y, por supuesto, en el interior de los edificios.

El GPS funciona mejor cuanto más despejado sea el terreno. En caso contrario, la señal de radio tropieza una o varias veces antes de alcanzar el receptor, lo cual, en la práctica, se traduce en la aparición de errores, cuya magnitud puede llegar a ser bastante importante. Para expresarlo gráficamente se utiliza el término "geometría", el cual hace referencia al número de satélites a la vista y su dispersión por el espacio: cuanto mayor sea ese número y cuanto más diseminados se encuentren los satélites por encima del receptor, mayor será la precisión. Lo ideal, por lo tanto, es que el aparato se encuentre en terreno abierto, lejos de paredes rocosas, edificios o arbo-



figura 1. Un receptor GPS de última generación. La antena apunta hacia el cielo (Foto C. Puch).

lado muy denso (figura 2; pantalla del GPS con un gráfico polar mostrando la situación de los satélites y la calidad de las señales).

Curiosamente, ha sido en las ciudades, donde la profusión de edificios elevados y la estrechez de algunas calles da lugar a lo que se ha dado en llamar "cañones urbanos", donde se han puesto a prueba las virtudes del GPS. Ante la generalización de los navegadores para automóvil, que funcionan con tecnología GPS, los fabricantes han desarrollado chips receptores ultrasensibles, filtros con bajo nivel de ruido y rutinas de software que facilitan la recepción y el proceso de las señales de radio en condiciones dificultosas. Estos aparatos, emplazados en el salpicadero del vehículo, donde una buena parte del cielo queda apantallada por la carrocería, son capaces de recibir las señales de los satélites, incluso cuando se circula por angostas callejuelas.

### ¿Y en terreno montañoso...?

Muchos de los adelantos derivados del navegador han sido llevados al receptor de montaña, lo cual ha supuesto un importante beneficio para los amantes del aire libre. Por ejemplo, el corazón del aparato, el chip GPS, es ahora extraordinariamente sensible. Pero un navegador se sirve, además, de otros recursos tecnológicos que no están presentes en el aparato de montaña. Por ejemplo, puede utilizar sensores -de movimiento, de orientación- que reemplazan al receptor GPS cuando éste no funciona (dentro de un túnel, en un garaje...). Además emplea la cartografía digital incorporada para despejar las ambigüedades provocadas por los problemas derivados de la recepción: en caso de error, el cursor de posición es automáticamente atraído como por un imán hacia la línea que representa la calle más próxima (figura 3).

En montaña las cosas no son

tan sencillas. El mapa digital no contiene calles y, en condiciones difíciles, la posición puede variar hasta algunos centenares de metros y el cursor que la señala en la pantalla del receptor puede mostrar un comportamiento errático y, a veces, absurdo (figura 4). ¿Qué puede hacer el espeleólogo para sacar el mayor partido a su GPS y convivir del mejor modo posible con esas imperfecciones?

- En primer lugar, tratar de buscar siempre lugares despejados: si la sima se encuentra en el fondo de un hoyo, vale la pena subir hasta el borde y tomar ahí la situación. Una poligonal hasta la boca hará el resto.

- En segundo lugar emplear una antena exterior montada en lo alto de una varilla o un vástago, o sobre una gorra, de manera que pueda sortear las dificultades de recepción en caso necesario.

### Utilización del GPS

El receptor GPS constituye una ayuda inestimable a la hora de realizar un registro detallado del itinerario hasta una cueva o sima. Para llevar a cabo ese registro, es imprescindible que el receptor se encuentre situado en un lugar desde el cual pueda "divisar" el cielo. Un buen emplazamiento es la cabecera de la mochila o una hombrera, a condición de que la antena apunte siempre en la dirección correcta (es decir, hacia arriba; figura 5).

- Antes de iniciar el recorrido hay que esperar a que el receptor adquiera y consolide una posición, lo cual, en condiciones normales, no suele llevarle más de cinco minutos, tiempo durante el cual podemos completar nuestra equipación (calzar las botas...) y verificar los últimos detalles (¿he cerrado el coche?).

- Es aconsejable tomar una posición inicial en el lugar donde hayamos aparcado el vehículo o allí donde termine "la civilización", con el fin de que pueda servirnos como referencia en caso de que las condiciones se



figura 2. Pantalla del GPS mostrando la geometría, la calidad de las señales, las coordenadas y la precisión estimada



figura 3. Pantalla de un navegador GPS

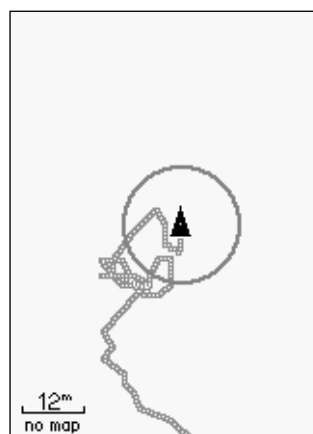


figura 4. Movimiento errático del cursor de posición en la pantalla del GPS, originado por una mala geometría

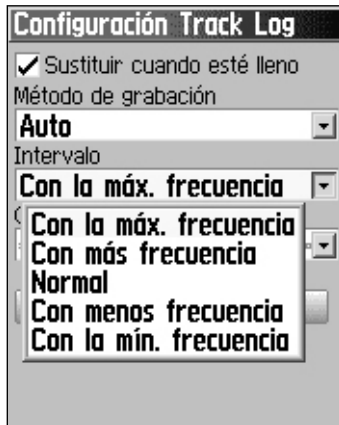


figura 6A  
Ajustes previos del registro del track



figura 5  
El receptor sujeto a la hombrera de la mochila (Foto C. Puch).

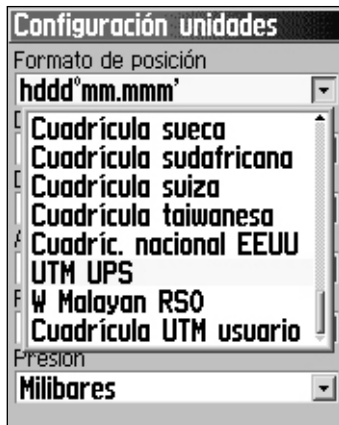


figura 6B  
Selección del formato de las coordenadas



figura 6C  
Selección del datum correspondiente al mapa utilizado

tornen adversas o sobrevenga la oscuridad inesperadamente. Esta precaución nos ahorrará, a buen seguro, más de un aprieto.

- A continuación, programaremos los ajustes del registro del itinerario - *track*, en el argot- y pondremos a cero los contadores de marcha, de manera que al terminar la excursión podamos conocer su longitud, duración, desnivel acumulado, etcétera (figura 6A).

- Hecho todo esto, guardaremos el GPS en la posición de marcha e iniciaremos el recorrido.

- Periódicamente comprobaremos el funcionamiento correcto del aparato, verificaremos que el registro del *track* se está realizando y, si fuera conveniente, marcaremos algún punto característico que pueda ayudarnos a identificar un paraje concreto.

- Si nos detenemos un buen rato - para comer, por ejemplo-, es aconsejable apagar el GPS, con el fin de ahorrar pilas. Antes de reanudar la marcha, lo encenderemos y daremos tiempo a que tome nuevamente la posición.

Hay algo más: debemos ajustar correctamente el formato de posición y el datum en el aparato, de manera que se correspondan con los

del mapa topográfico de la zona. Un ajuste incorrecto puede dar lugar a diferencias entre la posición indicada por el GPS y la posición real sobre el mapa. Por defecto, los ajustes de fábrica suelen corresponder a coordenadas Latitud / Longitud y datum WGS84; pero los mapas topográficos españoles utilizan coordenadas UTM y están confeccionados sobre el datum Europeo 1950 (en las Canarias el datum es Pico de las Nieves) (figura 6B y 6C).

### ¿Qué hacer con los datos del GPS?

De vuelta a casa contaremos con una especie de cuaderno electrónico de campo, en el que se han guardado el itinerario y los puntos de paso característicos de la jornada (en aparatos de última generación, podremos incluso disponer de fotografías de calidad aceptable, asociadas a las posiciones geográficas registradas). Estos datos, de momento, están almacenados en el GPS. ¿Cómo podemos trasladarlos a un archivo externo, en el que se guarden todas nuestras excursiones? La forma lógica es pasar los datos a un ordenador personal, a través de algún programa especializado.

Lo mejor es contar con un pro-

grama cartográfico para GPS. Garmin ofrece gratuitamente dos aplicaciones bastante completas para los sistemas operativos comunes: *MapSource* (Windows) y *RoadTrip* (Mac OS). Hay otras, muy asequibles, como el popular *OziExplorer* (Windows) y *MacGPS Pro* (Mac OS), que pueden comunicarse con receptores GPS de otras marcas. Estos programas permiten realizar multitud de tareas, desde lo más elemental hasta sofisticadas operaciones con los datos del GPS. Entre las más habituales, podemos pensar en:

- Volcar los datos desde el GPS al ordenador.
- Mostrar los datos sobre un mapa digital (topográfico, de carreteras...).
- Guardar y organizar los datos en archivos -por zonas, por fechas, por temas...- y convertirlos a un formato de intercambio normalizado, como el GPX.
- Corregir, con ayuda del mapa, los posibles errores derivados de las interrupciones o los fallos en la recepción de las señales de los satélites.
- Trazar, con ayuda del ratón, puntos de interés y caminos, calcados del mapa digital, y enviarlos al GPS en forma de datos útiles para una excursión posterior.
- Obtener una proyección tridimensional de los datos sobre una imagen real del terreno. Para ello, algunos programas para GPS combinan el mapa digital o una imagen de satélite



figura 10. La topografía de la cueva sobre el mapa, en OziExplorer

con lo que se conoce como un "modelo digital de elevación" (figura 7).

Pero, sin duda, la aplicación estrella para el espeleólogo consiste en la posibilidad de llevar en la pantalla de su receptor la topografía de la cueva, de manera que pueda servirle de guía sobre el terreno a la hora de buscar nuevos accesos u otras cavidades que puedan estar relacionadas con ella (figura 8). Para conseguirlo, sólo tiene que seguir un proceso que se resume en los pasos siguientes:

- Realizar los cálculos de gabinete de la topografía de la cueva con ayuda del programa VisualTopo, el cual puede obtenerse gratuitamente en la dirección <http://vtopo.free.fr>.
- Exportar las poligonales, desde VisualTopo, como *tracks* GPS en formato Garmin "PCX5" (figura 9).
- Convertir el formato PCX5 en uno que pueda ser utilizado por la aplicación GPS, por ejemplo OziExplorer "PLT", MapSource "GDB" o el estándar "GPX". Para ello se necesita una utilidad gratuita (G7ToWin), que se encuentra en [www.gpsinformation.org/ronh](http://www.gpsinformation.org/ronh).
- Cargar el *track* en el programa GPS (figura 10), y enviarlo al receptor.

Para más detalles, remito al lector a la nueva edición (2008) del manual *GPS: aplicaciones prácticas*, publicado por Ediciones Desnivel.

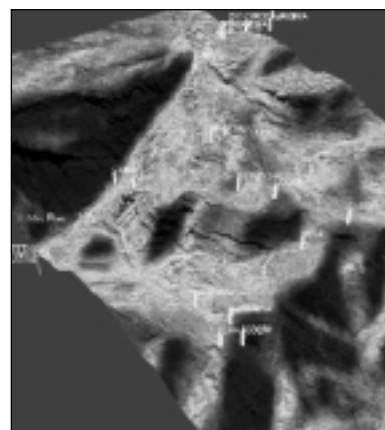


figura 7. Proyección tridimensional generada por OziExplorer 3D



figura 8. Pantalla del GPS mostrando la topografía de la cueva sobre el mapa y el cursor triangular de posición



figura 9. En VisualTopo exportamos la poligonal en formato PCX5