

# 3

## . *GPS Diferencial*

### 3.1 Introducción.

El GPS diferencial consiste en la utilización de un receptor móvil y una estación (o estaciones) de referencia situadas en coordenadas conocidas con gran exactitud. La estación de referencia comprueba todas las medidas a los satélites en una referencia local sólida, y obtiene en tiempo real las coordenadas de ese punto, cuyos valores ya se conocían con exactitud a priori. Compara resultados y a partir de ello calcula los errores del sistema en tiempo real y transmite por algún sistema (satélite, radio, TCP/IP, GSM ó UMTS) dichas correcciones al receptor móvil, que deberá de disponer de un módulo con la capacidad de captar estas correcciones y recalcular su posición.

Existen dos formas básicas de aplicar las correcciones diferenciales: en post-procesado y en tiempo real:

- **Post-procesado:** El GPS debe ir conectado a un ordenador que contenga un software capaz de capturar la información del receptor. Esta información

es almacenada y posteriormente debe ser procesada y comparada con los datos de la estación de referencia.

- **Tiempo real:** Consiste en el uso de un enlace entre la estación base y el GPS. La corrección es aplicada a los datos que recibe el GPS en tiempo real. Los formatos actuales que se utilizan para enviar correcciones en tiempo real son: **RTCM** (Radio Technical Commission for Maritime Service) en sus formatos 2.3 ó 3.0, **CMR** (Compact Measurement Record), ó **CMR+**, de la empresa Trimble y **Leica** de la empresa del mismo nombre. También existe el protocolo **NTRIP** (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol), que se encarga de enviar las correcciones RTCM vía internet y ha sido desarrollado por el BKG junto con la universidad de Dortmund.

El empleo de este sistema en tiempo real es lo más empleado en la actualidad, no solo para posicionamientos, sino sobretodo en navegación.

Las correcciones son más precisas conforme más cerca este el receptor móvil a la estación de referencia, es lógico, porque ambas medidas estarán afectadas por los mismos errores atmosféricos y tendrán en vista los mismos satélites.

### **3.2 Sistemas Diferenciales GPS de Área Extensa (WAAS y EGNOS)**

El WAD (Wide Area Diferencial) consiste en una red de estaciones de referencia GPS, que generan correcciones diferenciales en tiempo real sobre un área de influencia extensa, permiten de esta manera aumentar la precisión en la determinación de las posiciones de los satélites, los retrasos atmosféricos y las diferencias de tiempo. Estas mandan las correcciones a una estación maestra (MCS, Master Control Station) que las modelase para cada zona de cobertura, donde se monitoriza, actualizando las efemérides, los retardos atmosféricos, y estimando la correlación al estado de los relojes de los satélites. A continuación transmite las correcciones a toda el área de aplicación por medio de un sistema de comunicaciones, que en el caso de WADGPS (Wide Área DGPS) suele ser vía satélite geoestacionario.

Unas de las ventajas del WADGPS, es que al utilizarse varias estaciones de referencia se puede obtener correcciones con mayor precisión. El mayor

inconveniente de este sistema, se encuentra en todo el procesamiento complicado que debe ejecutar el receptor, para recuperar y utilizar datos recibidos del satélite GEO, aunque en la actualidad se está implantando en la mayoría de los dispositivos GPS navegadores.

La idea básica del WADGPS consiste en la eliminación de correlaciones espaciales inherentes al sistema DGPS, que ocurran con aumento de la distancia entre el usuario y estación de referencia.

Los errores más importantes son los retrasos troposféricos e ionosféricas, los errores de efemérides de satélite, los errores de relojes de los satélites y en los receptores, y el multicamino. La precisión alta del DGPS puede ser conseguida principalmente por hecho de que estos errores correlacionados espacialmente se eliminan entre sí. Esto depende de la distancia entre el receptor y la estación de referencia. Si esta distancia es bastante pequeña hablamos del DGPS convencional. Pero si queremos incrementar el área de cobertura y en el mismo tiempo minimizar el número de receptores fijos de referencia, hay que crear unas variaciones espaciales, temporales y errores residuales.

Los sistemas diferenciales de área extensa son: EGNOS (Europa), WAAS (EEUU) y MSAS (Japón).

Al Servicio Europeo Geoestacionario de Navegación, se le conoce como EGNOS. Este utiliza las señales del GPS, GLONASS y otros satélites geoestacionarios para mejorar la precisión, integridad y disponibilidad de los datos para navegación. En el caso de EGNOS los satélites adicionales geoestacionarios son INMARSAT, AOR-E, INMARSAT IOR y ARTEMIS.

### **3.3 RAP (Red Andaluza de Posicionamiento)**

La Red Andaluza de Posicionamiento (RAP) nace con el objetivo principal de solucionar el problema del posicionamiento en Andalucía suministrando datos procedentes de observaciones de satélites del sistema GPS con carácter permanente bien mediante datos para el postproceso, a través del envío de ficheros RINEX, o bien en tiempo real mediante la utilización de las correcciones diferenciales transmitidas en formato RTCM.

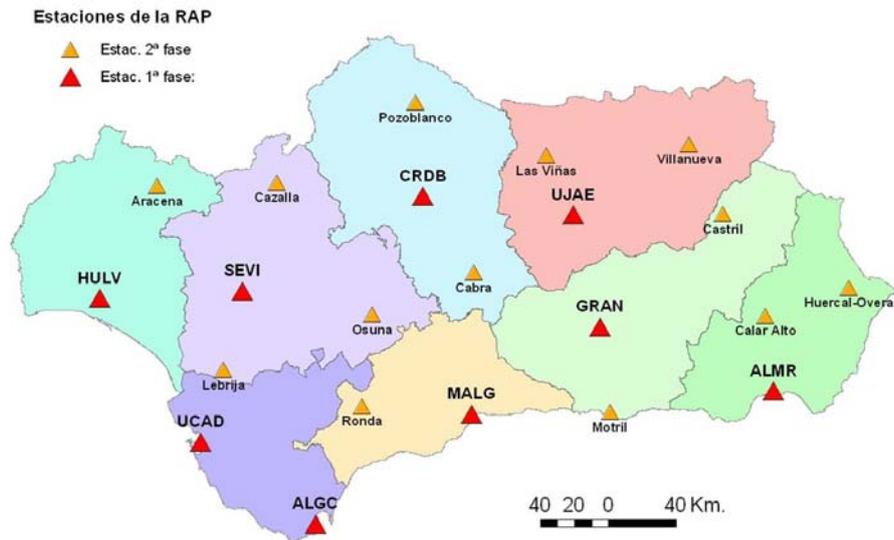


Figura 3.1. Mapa de estaciones de referencia GPS en Andalucía



Figura 3.2. Mapa de estaciones GPS fijas en España

Dentro de la red podemos diferenciar tipos de estaciones distribuidas en dos fases distintas. La principal diferencia entre ellas radica principalmente en la disposición de un mayor número de accesorios en las estaciones de la primera fase, además de una localización centrada en las capitales de provincia. En cambio las estaciones de la segunda fase cuentan con un equipamiento más reducido y una localización en núcleos de población menores. Además, existe un Centro de Control con funciones de administración remota del conjunto de la red.

### 3.3.1. Tipos de sistemas de comunicación

La red RAP dispone de varios tipos de sistemas de comunicación con los equipos GPS de los usuarios. Para el acceso a datos de corrección para post-proceso mediante la adquisición de ficheros de observación en formato RINEX, se utiliza el servicio RAP-FTP. El envío de correcciones diferenciales en tiempo real se realiza mediante otros dos servicios distintos denominados RAP-RTK y RAP-IP que facilitará al usuario el poder optar por uno u otro sistema según la precisión, el medio de recepción y el fin deseado.

	RAP	Tipo de transmisión	Tipo de información
Post-proceso	RAP-FTP	Internet	RINEX
Correcciones Tiempo real	RAP-RTK	Radio MODEM desde estaciones de primer nivel	RTCM código y Fase
	RAP-IP	Internet/GPSR	RTCM código y Fase

Tabla nº 3.1. Servicios al público del sistema RAP

#### ■ SISTEMA RAP-FTP

Posibilita la transferencia de los ficheros RINEX almacenados en el servidor central de todas las estaciones que conforman la RAP.

Los ficheros que se ofrecen al usuario son de dos tipos, dependiendo del tiempo de adquisición y de la frecuencia de muestreo. Por un lado se almacenarán ficheros de una hora con datos cada 1 segundo, para aplicaciones cinemáticas y envío de correcciones en tiempo real y, por otro lado, ficheros de 24 horas con registros cada 30 segundos para las aplicaciones estáticas y de post-proceso. El usuario únicamente necesitará una conexión a Internet para adquirir la información deseada vía FTP, seleccionando la estación, la fecha y hora y el tipo de fichero, bien de 1 o de 30 segundos.

Las precisiones obtenidas con este sistema van desde la solución de código con precisión submétrica ( $\pm 3\text{dm}$  para posición horizontal y  $\pm 5\text{dm}$  para posición vertical con precisión de 2s) a  $0,3\text{ mm} \pm 2\text{ ppm}$  de precisión horizontal con los equipos bifrecuencia.

### ■ SISTEMA RAP-RTK

Este sistema de corrección local solo se empleará en las estaciones de primer nivel. Requiere de la disposición de un radio-modem que reciba correcciones en formato RTCM con los mensajes de corrección de código y fase. En este sistema se plantea la necesidad de que los receptores de la primera fase puedan hacer frente a la emisión de correcciones mediante dos radio-modems simultáneamente (Satellite y Pacific Crest), que aseguren la recepción de la señal a la mayoría de receptores de radio empleados por los equipos GPS .

Aunque éste sea el sistema que resulta más costoso para el usuario, es con el que se consiguen mayores precisiones en tiempo real, siendo el medio de transmisión idóneo para aplicaciones topográficas. El usuario necesita disponer de un GPS con radio-modem, y por lo tanto de un equipo profesional.

El alcance máximo es de 15km para los radio-modems, limitado por las condiciones topográficas y ambientales. La precisión que se alcanzan con este sistema se sitúa en  $2\text{cm} \pm 2 \text{ ppm}$  en posicionamiento horizontal y de  $5 \text{ cm} \pm 2 \text{ ppm}$  para el vertical con una fiabilidad de 2s.

### ■ SISTEMA RAP-IP

Este sistema consiste en la transmisión vía Internet de correcciones de código y fase, ó a través de telefonía móvil mediante GPRS y UMTS (3G). Este sistema necesita de una conexión bidireccional entre el usuario y el sistema central. El sistema central difunde las correcciones de todas las estaciones de la red, con lo que el usuario sólo tiene que escoger la estación desde la que desea recibir las correcciones diferenciales.

El usuario necesita de un dispositivo para recibir las correcciones, ya sea PDA, PC o teléfono móvil con acceso a Internet. Las correcciones de código y fase son validas hasta aproximadamente 35 Km. El servicio es gratuito, aunque el usuario tiene que asumir los costes de la conexión a Internet.

### 3.3.2. Centro de Control.

El Centro de Control consta de tres ordenadores con funciones de servidor de datos, con conexión permanente a Internet, y desde los que se controlan la totalidad de la red. Este control implica la monitorización del estado de la red, la gestión remota de los equipos y controlar los sistemas de transmisión de corrección diferenciales.

El Centro de Control es el responsable del almacenamiento de la información y de las correspondientes copias de seguridad que se almacenan por periodos anuales en soporte de DVD. Además alberga la página Web<sup>1</sup> del servicio RAP. Entre los servicios que ofrece está Web se incluyen las reseñas de vértices, visualizar y descargar los ficheros de la misma, indicaciones de si hay problemas en una estación, así como ver el estado en tiempo real del conjunto de la red.

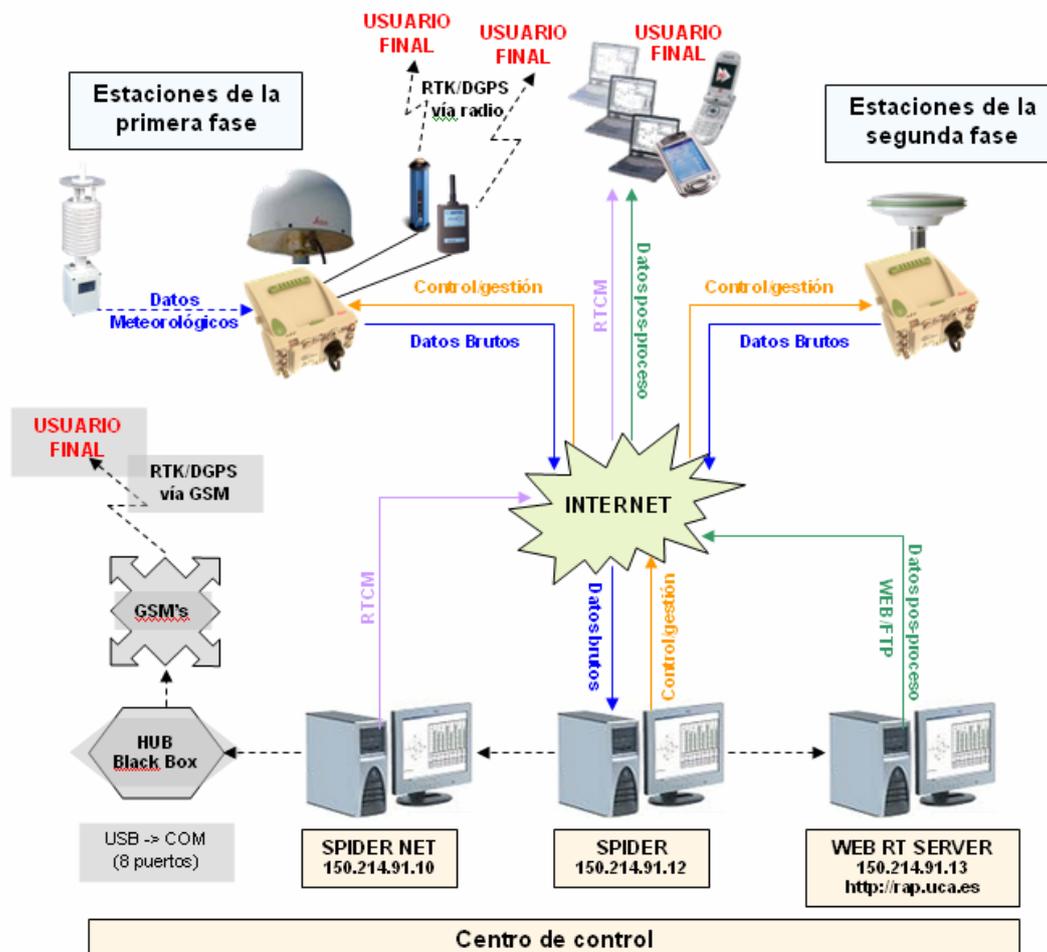


Figura 3.3. Estructura informática de la RAP.

<sup>1</sup> La página web de la RAP es: <http://rap.uca.es>.