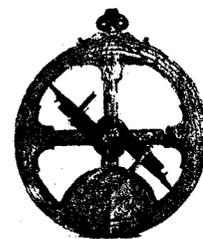


Diseño de la Red Andaluza de Posicionamiento



Francisco Sánchez Díaz (Instituto de Cartografía de Andalucía)

Cristina Torrecillas Lozano (Laboratorio de Astronomía y Geodesia. Universidad de Cádiz)

«En los mares de Júpiter y de Saturno la navegación debe ser muy ventajosa por el auxilio de tantas lunas y los habitantes de esos dos planetas pueden muy cómodamente conocer la medida de las longitudes, que nosotros todavía no hemos podido encontrar.»

Christian Huygens. 1698.

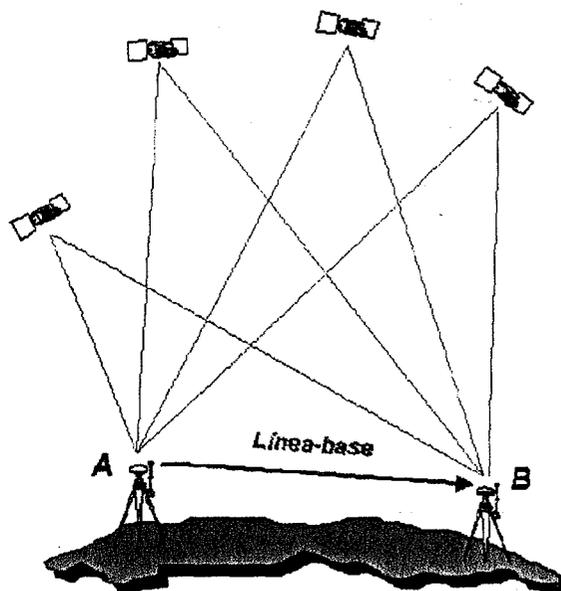
MIDIENDO POSICIONES

Las técnicas geodésicas tienen como finalidad el determinar matemáticamente la forma y dimensiones del globo terrestre, lo que constituye un requisito imprescindible para dotar a las representaciones cartográficas de la debida precisión geométrica. Estas técnicas han conocido un extraordinario avance en las dos últimas décadas con el nacimiento de la geodesia espacial, basada en el uso de satélites artificiales. En tan solo una generación se ha pasado de usar procedimientos astronómicos y geodésicos para determinar con precisión la localización de un punto sobre la superficie terrestre a utilizar una constelación de satélites artificiales que sirven como puntos de referencia fija en el espacio, al modo en que se usaban las estrellas desde la época fenicia.

La geodesia espacial ha conocido este rápido desarrollo por tres ventajas fundamentales. En primer lugar se obvia la necesidad de intervisibilidad entre dos puntos, en la que se basan todas las mediciones topográficas clásicas, pudiendo realizarse mediciones precisas en zonas ocultas, con independencia de las condiciones atmosféricas e incluso de noche. En segundo lugar permite un posicionamiento en tiempo real, sin esperar a posteriores cálculos. Y en tercer lugar favorece un uso público masivo, sin necesidad de conocimientos técnicos en topografía o geodesia. Son estas ventajas operativas las que han abierto un nuevo rango de usos, ligados especialmente a la navegación y que exceden a las estrictas necesidades de la producción cartográfica.

Desde que en 1970 los departamentos de Defensa de la Unión Soviética y los Estados Unidos de América diseñaron sus respectivos sistemas globales de navegación por satélite —denominados respectivamente Glonass y NavStar— su extensión ha sido imparable. El inicio del uso civil en los años 80, la introducción de la medida de la fase de la onda portadora y la eliminación de la ‘disponibilidad selectiva’ —degradación intencionada de la señal por razones militares— en mayo de 2000 han sido hitos decisivos en este proceso. Los próximos pasos consistirán en la implantación en 2004 del proyecto EGNOS para la transmisión de correcciones diferenciales mediante satélites y a partir de 2008 la puesta en servicio de la constelación europea Galileo.

Con los niveles actuales de precisión para el uso civil de la señal GPS puede obtenerse un posicionamiento absoluto con un margen de error medio en torno a 22 metros en horizontal y 33 en vertical, frente a la incertidumbre de 100 a 156 metros que conllevaba la denominada ‘disponibilidad selectiva’. El sistema de corrección EGNOS permitirá elevar esta precisión hasta los 4 m en horizontal y 6 m en vertical. Las precisiones previstas para Galileo serán de 4 y 8 metros respectivamente, en ausencia de corrección diferencial.



Procedimiento de corrección a partir de una estación base.

La corrección diferencial es un procedimiento de mejora de la precisión posicional mediante la comparación entre las posiciones obtenidas y la posición de un punto de coordenadas conocidas. Para ello se instala en tal punto conocido una estación receptora que realiza a intervalos regulares de tiempo esa comparación y la transmite a los receptores GPS móviles. De este modo el orden de magnitud del error puede pasar de metros a milímetros.

Este incremento en la exactitud del posicionamiento resulta esencial para determinados usos. Así, la navegación aérea y marítima requiere de este servicio y de hecho organismos como AENA o Puertos del Estado lo han implantado en sus instalaciones. Los trabajos topográficos o geodésicos demandan también este nivel de precisión y para ello las empresas cartográficas cuentan con estaciones base no permanentes. Los organismos públicos que gestionan flotas de transporte —autobuses, ambulancias,

de los canales más idóneos para difundir estos datos. Y una vez implantado, será preciso dotarse de una unidad encargada de su mantenimiento, si bien su coste será escaso dado que el funcionamiento de la red puede ser en gran medida automático.

OFRECIENDO POSICIONES

La futura Red Andaluza de Posicionamiento (RAP) nace con el objetivo principal de ofrecer servicios de corrección de posicionamientos facilitados por el sistema GPS, bien mediante el envío de correcciones diferenciales en tiempo real o por la descarga en línea de ficheros para el cálculo de coordenadas en post-proceso.

Dentro de la red podemos diferenciar dos niveles distintos de estaciones. La principal diferencia entre estos dos niveles radica principalmente en la disposición de un mayor número de accesorios en las estaciones de primer nivel, además de una localización centrada en las capitales de provincia. En cambio las de segundo nivel contarán con un equipamiento más reducido y una localización en núcleos de población menores. Además se implantará un Centro de Control con funciones de administración remota del conjunto de la red.

El acceso a datos de corrección para post-proceso mediante la adquisición de ficheros de observación en formato RINEX define el subsistema denominado RAP-FTP. El envío de correcciones diferenciales en tiempo real se realizará mediante otros cuatro subsistemas distintos denominados RAP-RDS, RAP-GSM, RAP-RTK y RAP-ID, lo que facilitará al usuario el poder optar por uno u otro sistema según la precisión, el medio de recepción y el fin deseados.

El usuario únicamente necesitará una conexión a Internet para adquirir la información deseada, seleccionando la estación, la fecha y hora y el tipo de fichero, bien de 1 o de 15 segundos.

Las precisiones obtenidas con este sistema van desde la solución de código con precisión submétrica (± 3 dm para posición horizontal y ± 5 dm para posición vertical con precisión de 2 σ) a 0,3 mm ± 2 ppm de precisión horizontal con los equipos bifrecuencia.

SISTEMA RAP-RDS

Este sistema contempla la corrección del observable de código de la frecuencia L1 según el formato RTCM SC104 v 2.3 (mensajes nº 1,3,16) y su posterior compresión en formato RASANT para ser modulado en la banda subportadora no audible de FM RDS.

Necesita para su funcionamiento del "software" pertinente en la estación central que prepare el mensaje RASANT, así como de la conexión vía al servidor de Canal Sur Radio con el mencionado mensaje a modular en la subportadora RDS.

Su adquisición por parte del usuario requiere de un receptor FM/RDS/RASANT conectado al receptor GPS, aunque existen receptores con este sistema ya integrado.

Con este sistema se prevé que el error en posicionamiento sea inferior a 5 m, con una fiabilidad del 95 % de las observaciones.

SISTEMA RAP-RTK

Este sistema de corrección local solo se empleará en las estaciones de primer nivel. Requiere de la disposición de

	RAP	Forma de transmisión	Tipo de información
Post-proceso	RAP-FTP	Internet	RINEX
Correcciones Tiempo real	RAP-RDS	Radio Canal Sur, subportadora RDS	RTCM código
	RAP-GSM	Teléfono	RTCM Código y Fase
	RAP-RTK	Radio modem desde estaciones de primer nivel	RTCM Código y Fase
	RAP-ID	Internet/GPRS	RTCM Código y Fase
Servicios al público del sistema RAP			

Servicios al público del sistema RAP

SISTEMA RAP-FTP

Contempla la posibilidad de ofrecer vía Internet los ficheros RINEX almacenados en el servidor central de todas las estaciones que conforman la RAP. Requiere de un ordenador, conexión a Internet y del "software" de control y comunicación con las estaciones periféricas.

Los ficheros que se ofrecerán al usuario serán de dos tipos, dependiendo del tiempo de adquisición. Por un lado se almacenarán ficheros con datos cada 1 segundo, para aplicaciones cinemáticas y envío de correcciones en tiempo real y, por otro lado, ficheros cada 15 segundos para las aplicaciones estáticas y de post-proceso. Los ficheros de observación se almacenarán directamente en el servicio central, aunque las estaciones RAP deberán disponer de servicio de "Backup" en la propia estación de al menos la última semana para los ficheros de 1 segundo y de un mes para los de 15 segundos.

radio-modems RTK que envíen 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 primer nivel puedan hacer frente a la emisión de correcciones mediante dos radio-modems simultáneamente, que aseguren la recepción de la señal con 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.

Se define un alcance máximo de 15 km para los radio-modems, limitado por las condiciones topográficas y ambientales. La precisión que se podrá alcanzar con este sistema se sitúa en 2 cm ± 2 ppm en posicionamiento horizon-

tal y de $5 \text{ cm} \pm 2 \text{ ppm}$ para el vertical con una fiabilidad de 2σ .

SISTEMA RAP-GSM

Este sistema denominado RAP-GSM emplea el envío de la corrección de código y fase vía GSM, mediante las líneas telefónicas analógicas. Este sistema necesita, como mínimo, una línea digital PRA de acceso primario para 64 números. La corrección usa también el formato RTCM.

Requiere por parte del usuario de un sistema de recepción de señal GSM, como puede ser un simple teléfono móvil, y el número de teléfono de la estación central al que llamar para recibir los datos de correcciones.

SISTEMA RAP-ID

Este sistema consiste en la transmisión vía Internet de correcciones de código y fase, además de un modelo ionosférico, troposférico y de efemérides más precisas. Este sistema necesita de una conexión bidireccional entre el usuario y el sistema central. El esquema de transmisión consiste en el envío por parte de las estaciones RAP de los mensajes RTCM en formato nativo a un "caster", en este caso el Sistema Central, que se encarga de la transmisión vía GPRS/Internet de las correcciones calculadas para la localización del usuario.

El usuario necesita de una aplicación cliente y de un acceso a Internet por cualquiera de los sistemas existentes: WIFI, línea telefónica, CDPD modem, Intranet, etc. y de herramientas como un PDA o portátil con sistema GPRS, UMTS que conecte con el equipo GPS. Con este acceso el usuario se conecta al "caster" y escoge la estación desde la que desea recibir datos brutos o correcciones diferenciales.

SISTEMA CENTRAL

El sistema central consta de un ordenador con funciones de servidor de datos, con conexión ADSL e Intranet, y desde el cual se puede controlar la totalidad de la red. Este control implica la instalación del 'software' necesario para la monitorización del estado de la red, la gestión remota de los equipos y controlar los sistemas de transmisión de corrección diferenciales.

El sistema central 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 del servicio RAP. Entre los servicios que ofrece esta Web se incluyen las reseñas de vértices, la posibilidad de conectar a la Webcam ubicada en cada estación, 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.

CAPTURANDO POSICIONES

El número de estaciones GPS a implantar cuando la red se halle plenamente operativa alcanzará un máximo de 24 estaciones, distribuidos entre 9 estaciones de primer nivel, 13 estaciones de segundo nivel y 2 equipos móviles. Las características técnicas de las estaciones de primer y segundo nivel se muestran en el cuadro siguiente.

Estación de primer orden	Estación de segundo orden
GPS bifrecuencia	GPS bifrecuencia
Sistema de Radio-Modem de correcciones	El receptor estará preparado para ofrecer este servicio en un futuro
RTK	
Antena tipo Choke-Ring	
Conexión ADSL	Conexión ADSL/telefonía
Estación meteorológica	
Ubicación en capitales provinciales	Ubicación en otros núcleos menores

Principales diferencias de las estaciones de primer y de segundo nivel

Principales diferencias de las estaciones de primer y de segundo nivel

ESTACIONES GPS PERMANENTES DE PRIMER NIVEL

Cada estación de primer nivel contará con una antena GPS geodésica bifrecuencia, una 'webcam', un ordenador, un router con 5 entradas, cableado, mobiliario, instrumental y el "software" necesario para ofrecer los servicios de correcciones diferenciales correspondientes a RAP-FTP, RAP-RDS, RAP-RTK, RAP-GSM y RAP-ID.

La arquitectura del sistema pasa por la conexión directa al router tanto del sensor como de la 'webcam' y del ordenador, de forma que ni el sensor ni la 'webcam' necesitan del PC, definiéndose este elemento como independiente de la antena y empleado para la visualización de información procedente de la estación central. La instrumentación correspondiente a la emisión de correcciones diferenciales locales mediante radio-Modem se conectará directamente al sensor.

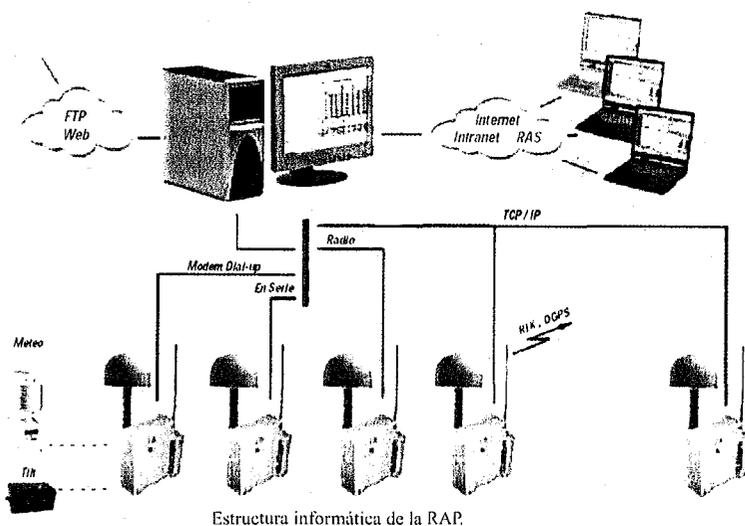
Se pretende que cada una de estas estaciones cumpla con las especificaciones del IGS ante la posibilidad de incluir dichas estaciones en esta red internacional o en su sección europea EUREF.

Los elementos técnicos de estas estaciones se han previsto con las siguientes características:

- Emplazamiento: siempre que sea posible se construirá un vértice estable que cumpla con los requisitos técnicos de un vértice geodésico. El horizonte debe estar despejado a partir de 10° de elevación.

- Estación GPS:

- Receptores Geodésicos con seguimiento de la portadora L1/L2 y de código C/A y P. Además se ha previsto la adaptación de los equipos para la nueva señal civil GPS (L2C) y para la constelación europea GALILEO.



Estructura informática de la RAP.

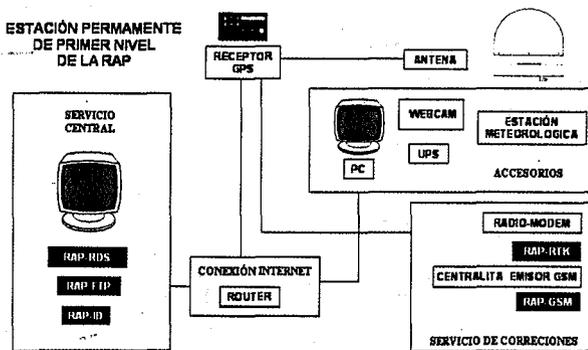
- Canales: un mínimo de 24.
- Antena geodésica Choke-Ring (Dor-ne-Margolin) con certificado de estabilidad del centro de fase.
- Cables de comunicación con la antena, sensor y suministro de luz.
- Las tarjetas de almacenamiento deben de ser cambiables y con un mínimo de 128 Mb.
- El 'firmware' debe poder transmitir correcciones vía RDS, GSM, Radio-modem y GPRS/Internet al mismo tiempo, utilizando el formato RTCM 2.3 o 3.0. El equipo transmitirá automáticamente archivos de datos al sistema central.

- Sistema de radio-modem: Incluirá la transmisión de correcciones a partir de dos radio-módem.
- Estación meteorológica: Estas estaciones incluirán una estación meteorológica conectada al sensor, pudiendo el receptor incorporar las observaciones de la estación meteorológica en la generación de los ficheros de correcciones o en los ficheros RINEX. Los observables necesarios son la humedad, temperatura y presión, recogida con una precisión superior al 0.08 hPa, la temperatura con errores inferiores a 0.5 grado y la humedad relativa con una precisión no menor de un 2%

• **Software:** Las necesidades de 'software' de cada estación incluirán los programas necesarios para variar las condiciones de los equipos en caso de que el sensor no disponga de pantalla LCD, tanto directamente con el equipo como en modo remoto. Así mismo, se dispondrá de licencias del Sistema Operativo.

• **Comunicaciones:** tanto la 'webcam' como el sensor y el ordenador se conectarán a Internet mediante una línea ADSL.

• **Accesorios:** La antena dispondrá de un casco protector para casos de climatología adversa, un UPS/SAI que asegure el funcionamiento en caso de interrupción del suministro eléctrico, así como todos los accesorios, cableado e instrumental necesario para el correcto funcionamiento y comunicación con el servicio central de la estación permanente.



Componentes de las estaciones de primer nivel de la RAP

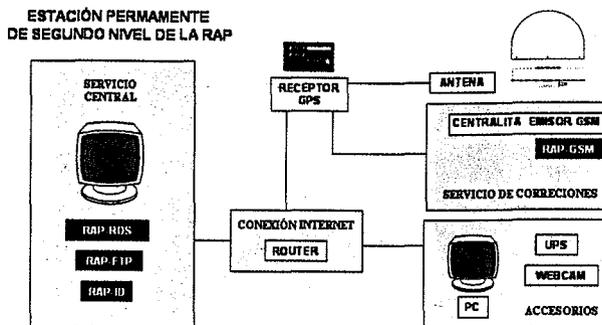
ESTACIONES GPS PERMANENTES DE SEGUNDO NIVEL

Estas estaciones se situarán formando una malla con una distancia no superior a 70 km de lado. Cada estación contará con una antena GPS geodésica bifrecuencia, una 'webcam', un ordenador, un router con un mínimo 5 entradas, cableado, mobiliario, instrumental y el "software" necesario para ofrecer los servicios de correcciones diferen-

ciales de los servicios de RAP-FTP, RAP-RDS, RAP-GSM y RAP-ID.

La arquitectura del sistema es similar a las estaciones de primer orden y pasa por la conexión directa al router del sensor, de la 'webcam' y del ordenador, de forma que ni el sensor ni la 'webcam' necesitan del PC, definiéndose este elemento como independiente de la antena y empleado para la visualización de información procedente de la estación central.

Estas estaciones no es necesario que cumplan con las especificaciones del IGS, pero se pretende que al menos cumplan las de EUREF.



Componentes de la estación de segundo nivel de la RAP

SISTEMA CENTRAL/CENTRO DE CONTROL

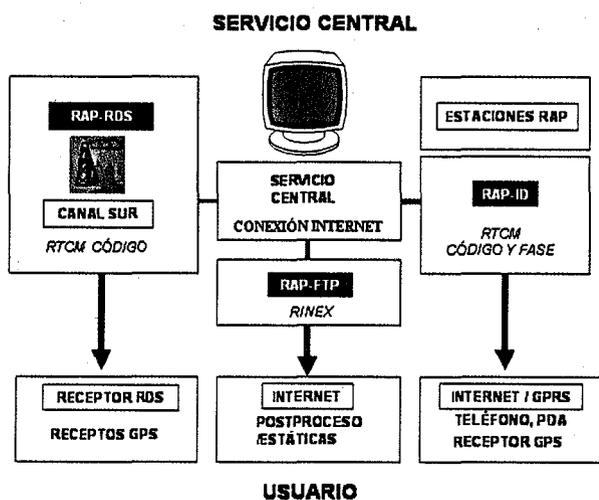
El sistema de control se encargará de la transmisión de correcciones diferenciales vía RDS, GSM y GPRS/Internet, así como del servicio de RAP-FTP.

Los elementos técnicos de estas estaciones se han previsto con las siguientes características:

- "Software" de control: El "software" de control deberá:
 - Analizar y chequear la posición de los puntos integrantes de la RAP calculando ambigüedades, los datos brutos, análisis ionosféricos y análisis multipath. Asimismo tendrá la posibilidad de agregar predicciones orbitales o incluso descargarlas directamente de Internet.
 - Poder gestionar los equipos remotos mediante protocolo TCP/IP.
 - Recibir los observables de las estaciones.
 - Exportar e importar a formato RINEX, así como almacenar los ficheros RINEX en una base de datos legible desde un servidor para Internet.
 - Disponer de un módulo de ajuste de redes, con control de observaciones y test de fiabilidad, con la posibilidad de seleccionar varios modelos troposféricos, ionosféricos y de orbitas para la resolución de la red.
 - Monitorizar y controlar los parámetros de las correcciones por las diferentes vías (RDS, GSM y GPRS/Internet).
 - Debe generar alarmas en los casos en que exista poco disco duro de almacenamiento, la disponibilidad del sistema GPS se vea afectada mediante la lectura del mensaje del sistema y de los satélites, errores en la transmisión de correcciones de la radio, la no recepción de datos en el receptor, insuficiencia de satélites para corrección RTK, insuficiencia de satélites para DGPS, RDS, GPRS/Internet o GSM. Estas alarmas pueden visualizarse mediante ven-

tanás, sonido acústico o envío de e-mail.

- Servicio RAP-ID: el "software" de la estación permitirá el envío de correcciones vía GPRS/Internet desde la misma estación.
- Servicio RAP-RDS: el "software" de la estación permitirá el envío del mensaje RTCM a modular en la señal RDS de Canal Sur Radio.
- Servicio RAP-FTP: el almacenamiento y descarga de ficheros RINEX es un servicio exclusivo del centro de control, que debe ser facilitado por el "software" de control.
- Servicio RAP-GSM: línea digital PRA de acceso primario con 64 líneas digitales y carcasa protectora para emisión de la señal GSM.
- Contenidos en Web: La página Web de la RAP se servirá desde el centro de control y reflejará el diseño de la red, dará acceso a los datos de las estaciones, permitirá visualizar las 'webcam' y dispondrá de enlaces a servicios de efemérides precisos y organizaciones destacadas en temas de GPS. Además recogerá una reseña de cada estación con foto y croquis del emplazamiento así como los ficheros "Site.log", con el contenido estándar del IGS para la definición de las características de una estación.



Componentes del centro de control de la RAP

EQUIPOS MÓVILES

Además de las estaciones permanentes, la RAP cuenta con 2 equipos móviles con capacidad RTK: un emisor ("master") y un receptor ("rover"). Estos equipos se utilizarán para comprobar la precisión de los servicios y para sustituir a los equipos de las estaciones permanentes en caso de una avería, siendo por tanto equipos geodésicos bifrecuencia con las mismas características técnicas que los receptores de primer nivel.

TOMANDO POSICIONES

La metodología que se ha diseñado para la implantación del conjunto de la RAP ha establecido una división en tres fases bien diferenciadas, denominadas Diseño de la Red, Construcción y Puesta en funcionamiento y mantenimiento.

DISEÑO DE LA RAP

Esta primera fase se ha desarrollado por el Instituto de Cartografía de Andalucía en colaboración con el Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría de la Universidad de Jaén y el Laboratorio de Astronomía y Geodesia de la Universidad de Cádiz.

Esta fase ha englobado los trabajos de búsqueda de posibles ubicaciones que se correspondan con una configuración adecuada de la red, considerando que las distancias no sean superiores a 70 Km entre estaciones adyacentes, así como establecer el contacto con los responsables de los emplazamientos, entrevistas con los posibles encargados de mantener la estación y todo el procedimiento administrativo en forma de convenios de colaboración necesarios para poder disponer con seguridad del emplazamiento de la antena.

También se han realizado los trabajos de difusión de la puesta en marcha de la red a los responsables de otras estaciones situadas en la Comunidad Andaluza, buscando su adhesión al proyecto. Respecto a este punto, se contempla que algunas de las estaciones de la RAP sean estaciones existentes a las que haya de cambiarse la instrumentación.

CONSTRUCCIÓN DE LA RAP

Esta fase abarca el grueso de los trabajos a abordar, incluyendo:

- La adquisición del material necesario para instalar cada una de las estaciones permanentes de primer y segundo nivel, el sistema central y los equipos auxiliares.
- La creación de los vértices donde se va a instalar la antena GPS así como la de los mástiles donde colocar las antenas de los radiomodems de las estaciones de primer nivel.
- El montaje in-situ de las estaciones.
- La adquisición de mobiliario necesario para resguardar los sensores, la 'webcam' y el PC.
- La adquisición de los equipos informáticos, así como de las 'webcam'.
- La instalación del "software" necesario tanto en las estaciones periféricas como en la estación de control, así como la actualización del "firmware" de los equipos.

Esta fase abarca el grueso de los trabajos a abordar, incluyendo:

PUESTA EN FUNCIONAMIENTO, MANTENIMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD.

Esta fase englobará los trabajos de comprobación del correcto funcionamiento de la red, así como de comprobación de la estabilidad de los vértices o emplazamientos seleccionados. Existirá un control de calidad por parte del Laboratorio de Astronomía y Geodesia perteneciente al grupo de investigación de Geodesia y Geofísica de la Universidad de Cádiz sobre la correcta colocación del instrumental en cada estación, así como del futuro funcionamiento de la misma.

Para este periodo de prueba se realizará un primer ajuste de la red con el "software" de la estación central a partir de los datos recopilados por lo menos durante 2 días, empleando si se desea para el cálculo de los mismos los datos de las estaciones permanente existentes en Andalucía o los equipos móviles, ubicándolos en otros vértices de co-

ordenadas conocidas como los vértices de la red Regente del Instituto Geográfico Nacional.

Durante este periodo de pruebas se realizará por parte del Laboratorio de Astronomía y Geodesia un cálculo preciso de la red empleando el programa BERNESE v.4, tras lo cual las coordenadas que se obtendrán serán las definitivas de la red y las que se deberán incluir en las reseñas de vértices, así como en el propio instrumental y "software".

Una vez superado ese periodo de prueba se abrirán los accesos públicos a los diferentes servicios. A partir de ese momento la Red Andaluza de Posicionamiento se encontrará plenamente operativa y se entrará en una fase de explotación y mantenimiento. Como parte de estos trabajos de mantenimiento, la red será recalculada con BERNESE cada 6 meses, sin que este afecte al control en tiempo real de la misma que pueda efectuar el "software" de control.

USANDO POSICIONES

La Red Andaluza de Posicionamiento nace con una voluntad de servicio público. Al uso inmediato que la administración autonómica puede dar a estos servicios en trabajos cartográficos, control de cultivos, conservación ambiental, protección civil, inventarios de patrimonio, etc... se une un gran potencial de uso civil en navegación, deportes o control de flotas. La prestación de un servicio de este tipo con un carácter público, gratuito y homogéneo para toda la Comunidad Autónoma contribuirá a la cohesión territorial de Andalucía y a la extensión de la sociedad de la información, al ofrecer la infraestructura necesaria para el crecimiento de un sector económico de servicios basados en la localización.

REFERENCIAS

- Beutler, G., Brockmann, E., Dach, R., Fridez, P., Gurtner, W., Hugentobler, U., Johnson, J., Mervant, L., Rothacher, M., Schaer, S., Springer, T., Weber, R., (2000). Bernese Software 4.2 Draft. AIUB, Astronomical Institut of the University of Bern.
- Beutler, G., Rothacher, M., Springer, T., Kouba, J. and Neilan, R. E. (1998). The International GPS Service (IGS): an interdisciplinary service in support of Earth Sciences. 32^o COSPAR Scientific Assembly, Nagoya (Japan).
- Biagi, L., Cano, J. P., de Lacy, M. C. and Sansò, F. (2001). Problematiche e possibili soluzioni nell'istituzione di una stazione permanente. 5a Conferenza Nazionale ASITA (Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali ed Ambientali), Rimini, Italia.
- Boucher, C. and Altamini, Z. (1996). International Terrestrial Reference Frame. GPS World, V7-N9, disponible en ftp://lareg.ensg.ign.fr/pub/itrf/ITRF.TP
- Boucher, C. And Altamini, Z. (2001). Specifications for Reference Frame Fixing in the Analysis of a EUREF GPS Campaign, version 5. http://lareg.ensg.ign.fr/EUREF/memo.ps
- CAP. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca
- DMA, Defense Mapping Agency (1984) Geodesy for the Layman. DMA Technical Report
- EPN (EUREF Permanent Network) Coordination Group and the EPN Central Bureau (2000). Guidelines for EPN Data Centres. http://epncb.oma.be/guidelin.html
- EPN (EUREF Permanent Network) Coordination Group and the EPN Central Bureau (2002). Guidelines for EPN Analysis Centres. http://epncb.oma.be/guidelin.html
- EPN (EUREF Permanent Network) Coordination Group and the EPN Central Bureau (2002). Data and Products. http://epncb.oma.be
- EPN (EUREF Permanent Network) Coordination Group and the EPN Central Bureau (2001). Guidelines for EPN stations & Operational Centres. http://epncb.oma.be/guidelin.html
- Gurtner, W. (2002). RINEX: The Receiver Independent Exchange Format Version 2.10. ftp://igsb.jpl.nasa.gov/igsb_data/format/rinex210.txt
- González Matesanz, F.J., weber, G., Celada, J., Dalda, A., Quirós, R. (2004). El proyecto EUREF-IP. Resultados con GPRS. 4^a Asamblea Hispano - Portuguesa de Geodesia y Geofísica.
- ICA. Instituto de Cartografía de Andalucía. Junta de Andalucía. http://www.juntadeandalucia.es/obraspublicasytransportes/cartografia
- IERS, International Earth Rotation Service. http://www.iers.org
- IERS, International Earth Rotation Service (2000). IERS Conventions 2000, Chapter 4: Conventional Terrestrial Reference System. http://lareg.ensg.ign.fr
- IGN, Instituto Geográfico Nacional (2000). Red Española de Estaciones de Referencia GPS. Boletín informativo del Instituto Geográfico Nacional, año I, julio-septiembre 2000, número 3.
- IGN, Instituto Geográfico Nacional (2003). Proyecto RECORD (Radiodifusión Española de Correcciones Diferenciales). http://www.geo.ign.es/servidor/geod/record/rtdgps.html
- IGS, International GPS Service. http://igsb.jpl.nasa.gov
- IGS Central Bureau (2002). IGS: Strategic Plan 2002-2007. http://igsb.jpl.nasa.gov
- IGS, International GPS Service (2001). Instructions for filling out IGS site logs. http://www.igsb.jpl.nasa.gov/igsb_station_general/sitelog_instr.txt.
- ITRF, International Terrestrial Reference Frame. http://lareg.ensg.ign.fr/ITRF
- Martín, F. (1990). Geodesia y Cartografía Matemática. Paraninfo.
- Quintanilla, I., Berne, J.L., Bretos, J.J., Del Rio, J. (2004). Estudio sobre transmisión de correcciones diferenciales GPS con GSM y GPRS. 4^a Asamblea Hispano - Portuguesa de Geodesia y Geofísica.
- Quirós, R., Lozano, L. Cano, M.A., Sobrino, J.A.S., Valdés, M. (2004). Estado actual del procesamiento de redes GPS permanentes del IGN. 4^a Asamblea Hispano - Portuguesa de Geodesia y Geofísica.
- Rebollo, J. F. (2000). La Red Española DGPS para la Navegación Marítima. 4^a Semana Geomática de Barcelona.
- Sansò, F. and de Lacy, M. C. (2001). Uno studio sulle diverse applicazioni del GPS e sul futuro sviluppo della rete di stazioni permanenti GPS sul territorio italiano orientato alla creazione di un servizio geodetico nazionale. International Geoid Service.
- Stangl, G., Weber, R., Höeggerl, N., fraguer, E., (2003). ETRF Austria - 2002, EUREF campaign for the introduction of ETRS 89 in Austria.. Symposium EUREF 2003.
- Talaya, J., Bosch, E., Ortiz, M. A., Parareda, C. (2000). CATNET: Una Red de Estaciones GPS para el Posicionamiento Diferencial en Tiempo Real. 4^a Semana Geomática de Barcelona.
- Talaya, J., Mesa, J., Segarra, J., Colomina, I. (1997). El Sistema DGPS RASANT en Cataluña. http://www.icc.es/rasant/adsr.html
- Teunissen, P.J.G. and Kleusberg, A. (1998). GPS for Geodesy (Second Edition). Springer
- Universidad de Cádiz . http://www2.uca.es/grup-invest/geodesia/paginas/presenta.html
- Universidad de Jaén . http://cajal.ujaen.es/paginaW/PAGGPS/pagGPSprin/pagPrinPri.htm
- UNAVCO, University NAVSTAR Consortium. http://www.unavco.ucar.edu/project_support/permanent_recon.html
- UNAVCO, University NAVSTAR Consortium (1998). Site Planning and Reconnaissance Guidelines. http://www.unavco.ucar.edu/project_support/permanent_recon.html
- UNAVCO, University NAVSTAR Consortium (1995). TE/C (Translate / Edit / Quality Check). http://www.unavco.ucar.edu/software/teqc