

El proyecto IBERIA95

J. L. CATURLA¹ y J. AGRIA TORRES²

¹ Instituto Geográfico Nacional de España

² Instituto Portugués de Cartografía e Cadastro

RESUMEN

Ante la necesidad de establecer en la Península Ibérica una Red Geodésica Tridimensional de Orden Cero, sustitutiva de la deficiente Red EUREF89, el Instituto Geográfico Nacional (IGNE) y el Instituto Portugués de Cartografía e Cadastro (IPCC) decidieron llevar a cabo el Proyecto IBERIA95, basado en el establecimiento y observación simultánea de 37 estaciones GPS (27 en España y 10 en Portugal) y de las estaciones fiduciarias europeas (IERS/IGS) que se consideren necesarias en el momento del cálculo.

Por primera vez en la historia de la Geodesia española, han participado en esta campaña, por parte hispánica y de una u otra forma, siete instituciones oficiales y una empresa particular, a fin de reunir el número de equipos considerado como óptimo. La campaña de observación tuvo lugar desde el 8 al 12 (ambos incluidos) de mayo de 1995, durante cinco días, doce horas cada día.

Los cálculos se están realizando en los Centros de Cálculo del IGNE y del IPCC, utilizando al efecto el software BERNESE (AIUB), estimándose en más de un año el tiempo necesario para el preproceso, el cálculo y la compensación de una red de tales dimensiones (mínimo de cuarenta estaciones).

En IBERIA95, se apoyarán todos los cálculos del Proyecto REGENTE, que, en 1998, constituirá la Red Global de Primer Orden de España.

1. ANTECEDENTES

En el año 1954, reconociendo las necesidades de unificar las diferentes redes geodésicas europeas y de analizar las precisiones inherentes a la reciente compensación ED50 llevada a cabo por el Army Map Service (AMS) de los Estados Unidos, la Asociación Internacional de Geodesia (IAG) constituyó la Subcomisión RETrig. Portugal y España, formando el Bloque E+P, tomaron parte en los trabajos de esta Subcomisión desde sus comienzos, lo que permitió integrar sus respectivas redes de 1^{er} Orden en el entonces denominado Datum Europeo, que, a lo largo de los años, conoció varias versiones mejoradas (ED50, ED77, ED79, ED87).

La aparición de las nuevas tecnologías espaciales, tales como Interferometría de Muy Larga Base [VLBI], Distanciometría Láser sobre Satélite [SLR] y Sistema de Posicionamiento Global [GPS], ha hecho posible el establecimiento de una Red Geodésica Global, constituida actualmente por unas 160 estaciones pertenecientes al International Earth Rotation Service [IERS]. Esta Red, cuya precisión se encuentra en el orden de muy pocos centímetros, materializa con sus coordenadas y velocidades de campo el denominado International Terrestrial Reference Frame [ITRF].

Treinta y seis de estas estaciones se encuentran ubicadas en Europa, habiendo sido decidido por la Subcomisión EUREF (sucesora de RETrig desde 1987) que las coordenadas de las mismas para la época 1989.0 definan el European Terrestrial Reference Frame 1989 [ETRF89], auténtica red geodésica de orden cero sobre la que deben apoyarse todos los trabajos geodésicos actuales de los países europeos, a fin de conseguir una perfecta homogeneidad en las coordenadas de las estaciones.

Diversas campañas geodésicas han sido realizadas en Europa con la finalidad de densificar ETRF89. Destaca entre ellas la llevada a cabo en 1989, en una estrecha cooperación entre los países de Europa Occidental. Esta operación, designada como Campaña GPS EUREF89, permitió el estacionamiento simultáneo durante dos semanas alternativas de 80 receptores GPS (Gráfico 1). Trece de estas estaciones se encontraban en la Península Ibérica (2 en Portugal y 11 en España, Gráfico 2), incluyendo entre ellas la estación MADRID/ROBLEDO [ITRF, IGS]. En la Península, las observaciones se realizaron sobre la escasa constelación de satélites NAVSTAR existente con la más moderna tecnología de aquella época, es decir, receptores TRIMBLE 4000 SLD (doble frecuencia, cuadratura de L2) en todas las estaciones peninsulares.

Los resultados finales obtenidos para EUREF89 fueron hechos públicos en 1992 por el Dr. Gurtner (AIUB), estableciéndose una serie de consideraciones sobre la precisión real de la red obtenida.

Entre las finalidades perseguidas por la red EUREF89, pueden destacarse:

- Constitución de un referencial básico para el establecimiento de redes geodésicas nacionales, homogéneas con las del resto de Europa, con características verdaderamente tridimensionales,
- Realización del cálculo de parámetros de transformación entre los sistemas geodésicos nacionales y ETRF89/EUREF89 y WGS84, cuya utilización aumenta de modo sorprendente.

Con posterioridad a esta fundamental campaña, otros países, en especial de Europa Oriental, han realizado campañas GPS similares a EUREF89 con el fin de incorporarse a ETRF89. Además, otras naciones como Alemania, Luxemburgo, Francia, ya pertenecientes a EUREF89, han densificado esta red y corregido algunos de los defectos que la afectan.

Como consecuencia de las deficiencias ya apuntadas (escasa constelación, mala configuración geométrica orbital, elevado nivel de ruido en los receptores, etc.), los resultados finales de EUREF89 no pueden calificarse de excelentes, y las estaciones situadas al Oeste y Sudoeste de Europa, en especial las de Portugal y España, quedaron establecidas con un grado de precisión ligeramente inferior al del resto de la red. Esta realidad ha quedado comprobada en diversas campañas GPS posteriores realizadas por ambos países, aisladamente y en conjunto (GEOBASE91, TANGO2, EUROGAUGE, MAGIES).

2. IBERIA95

Con el objetivo de solucionar el problema de la precisión y de acuerdo con las Recomendaciones de la Subcomisión EUREF, se proyectó establecer en la Península Ibérica una red geodésica tridimensional de alta precisión, IBERIA95, ligada a la red EUREF89 y al ETRF89, íntimamente enlazado con el ITRF. Esta Red IBERIA95 sería observada con técnicas GPS, quedando constituida por 36 estaciones (9 portuguesas y 27 españolas), homogéneamente repartidas por los territorios peninsulares nacionales.

La elección de los vértices geodésicos a integrar en esta red obedece a diferentes criterios, entre ellos:

- Mínima distancia entre puntos adyacentes, compatible con el número de estaciones posibles.
- Monumentación estable y perdurable.
- Eliminación de errores de centrado mediante centrado forzado.
- Los vértices deben disponer de nivelación geométrica o encontrarse ubicados en lugares donde sea posible la atribución de altitud ortométrica de alta

Tabla 1. Relación de Vértices de IBERIA95

Junto a los vértices correspondientes y entre paréntesis, se hacen constar los proyectos GPS en que han intervenido las distintas estaciones.

PORTUGAL	ESPAÑA
IP01 Santa Luzia	IE01 Lagoa (EUREF89, EUROGAUGE)
IP02 Lagoaça	IE02 Tazones (EUREF89)
IP03 Caramulo (EUREF89)	IE03 San Telmo
IP04 Monsanto	IE04 Cruz de Soto
IP05 Melriça	IE05 Fresas
IP06 Serves	IE07 San Pedro
IP07 Monsaraz	IE08 Loma Negra
IP08 Poldra (EUREF89)	IE09 Cabo
IP09 Cabeça	IE10 Atalaya
	IE11 Ríguela
	IE12 Salou (EUREF89, EUROGAUGE)
	IE13 Corral (EUROGAUGE)
	IE14 San Segundo
	IE15 IGNE (EUROGAUGE, MAGIES)
	IE16 Carbonera (EUROGAUGE, MAGIES)
	IE17 Picayo
	IE18 Sierrilla
	IE19 Las Cabezas
	IE20 Castillo
	IE21 Carche (EUREF89, EUROGAUGE)
	IE22 Rubio
	IE23 Piqueras
	IE24 Torre Moya
	IE25 Baños (EUREF89)
	IE26 San Fernando 2038 (SLR, EUREF89, MAGIES)
	IE27 VN9 (RGOGA)

precisión. Esta altitud precisa deberá encontrarse disponible cuando finalicen los cálculos de IBERIA95 a fin de utilizarla para el escalamiento del geoide.

- En las proximidades de la estación no deberán existir antenas emisoras que generen interferencias ni obstáculos que puedan producir trayectorias múltiples.
- Las estaciones deben ser fácilmente accesibles.

Teniendo presentes estos criterios principales, IBERIA95 quedó constituida por los vértices reflejados en la TABLA 1 y en el Gráfico 3.

Las estaciones portuguesas fueron ocupadas en su totalidad por equipos y personal técnico de esta nación, en tanto que las españolas lo fueron por equipos y personal de diversas instituciones y empresas españolas, a las que es justo relacionar:

- * Instituto Geográfico Nacional (IGNE)
- * Servicio Geográfico del Ejército (SGE)
- * Real Observatorio de la Armada (ROA)
- * Instituto Hidrográfico de la Marina (IHM)
- * Servicio de Cartografía del Gobierno de Navarra (SCNA)
- * Centro de Estudios y Experimentación del MOPTMA (CEDEX)
- * Centro de Gestión Catastral (CGC)
- * Trabajos Catastrales S. A. (TRACASA)

2.1. Observación

La observación de la Red se llevó a cabo durante la semana del 8 al 12 de mayo de 1995, de acuerdo con las siguientes normas:

- * Simultaneidad de las observaciones en todas las estaciones durante 5 días consecutivos.
- * En cada día se realizó una sesión de 12 horas, desde las 08.00 a las 20.00 UTC. Lamentablemente y por razones presupuestarias, no pudo extenderse el período de observación a 24 horas, como sería conveniente.
- * Intervalo de registro de 30 segundos.
- * Máscara de observación de 15°.
- * En todas las estaciones, los receptores que se utilizaron fueron TRIMBLE 4000 SSE.
- * En cada estación se procedió a la toma de datos meteorológicos (presión atmosférica, temperaturas seca y húmeda) con una frecuencia horaria.
- * Para cada estación, se cumplimentaron diariamente los estadillos (hojas de campo) redactados al efecto, en los que constan todos los datos relativos a la observación, tales como altura de antena, registros meteorológicos, horas de comienzo y final, incidencias, etc.

2.2. Cálculo, compensación y solución final

El cálculo de una red de este tipo reviste unas características especiales, ya que difiere del trabajo normal de producción de coordenadas con empleo de técnicas GPS. Así:

- El cálculo deberá conducirse simultáneamente por dos Centros de Cálculo, uno en el IPCC y otro en el IGN, realizándose al efecto periódicas reuniones para discusión de resultados preliminares y adopción de la definitiva estrategia de cálculo.
- Cada Centro llevará a cabo el preprocesamiento de las observaciones de su país y suministrará al otro los ficheros en formato RINEX.
- El software a utilizar debe garantizar la mayor precisión posible y, consecuentemente, permitir el tratamiento de Efemérides Precisas. Siendo el software *Bernese* casi un estándar en operaciones de este tipo, se acordó que la solución final se obtenga a través de este software, mediante su adquisición urgente por los dos Centros de Cálculo.
- La Solución Final se adoptará por acuerdo entre los dos países.

Un tema de gran trascendencia es el establecimiento de una adecuada estrategia de cálculo que permita aprovechar totalmente la calidad de los datos recogidos. Basándose en las más recientes campañas europeas, la citada estrategia de cálculo podría resumirse en:

- * Utilización de órbitas procedentes de Combinación Orbital Final IGS, incluyendo los parámetros de rotación terrestres asociados con ellas.
- * Elección de las más adecuadas estaciones fiduciarias (EF) del IERS con el criterio de las más próximas y bien distribuidas, tales como MASPALOMAS, MADRID, KOOTWIJK o HERSTMONCEUX, WETTZELL y MATERA (Gráfico 3).
- * Utilización para las EF de coordenadas referidas al marco de referencia de las órbitas, ITR93 para IBERIA95, rotadas a la época de observación 1995.24 utilizando las velocidades dadas en ITRF93.
- * Cálculo de un conjunto de coordenadas con el software Bernese en la época 1995.24.
- * Transformación de estas coordenadas a las relativas a ETRS89 con los parámetros oficiales.

2.3. Calendario de actuaciones

En principio, se propuso el siguiente calendario para la operación:

Marzo 95	– reunión preparatoria de la campaña de observación
Mayo 95	– realización de la campaña de observación
Mayo 95	– presentación de la campaña en la reunión de EUREF en Helsinki.
Junio 95	– 1 ^a reunión de los Centros de Cálculo
Noviembre 95	– 2 ^a reunión de los Centros de Cálculo
Febrero 96	– 3 ^a reunión de los centros de Cálculo
Mayo 96	– reunión para adopción de la Solución Final y presentación de la Solución Provisional en la reunión de EUREF.
Octubre 96	– publicación de la solución final.

Este proyecto de calendario contemplaba la situación de forma bastante optimista, dado que en estos momentos el software Bernese se encuentra recientemente adquirido, los técnicos portugueses y españoles acaban de realizar un curso en Berna para el conocimiento de sus principales características y no es difícil admitir que un pleno dominio del mismo requerirá más de un año de aprendizaje. Por ello, debe aceptarse que la solución, incluso provisional, de IBERIA95 no pueda hacerse pública hasta 1997.

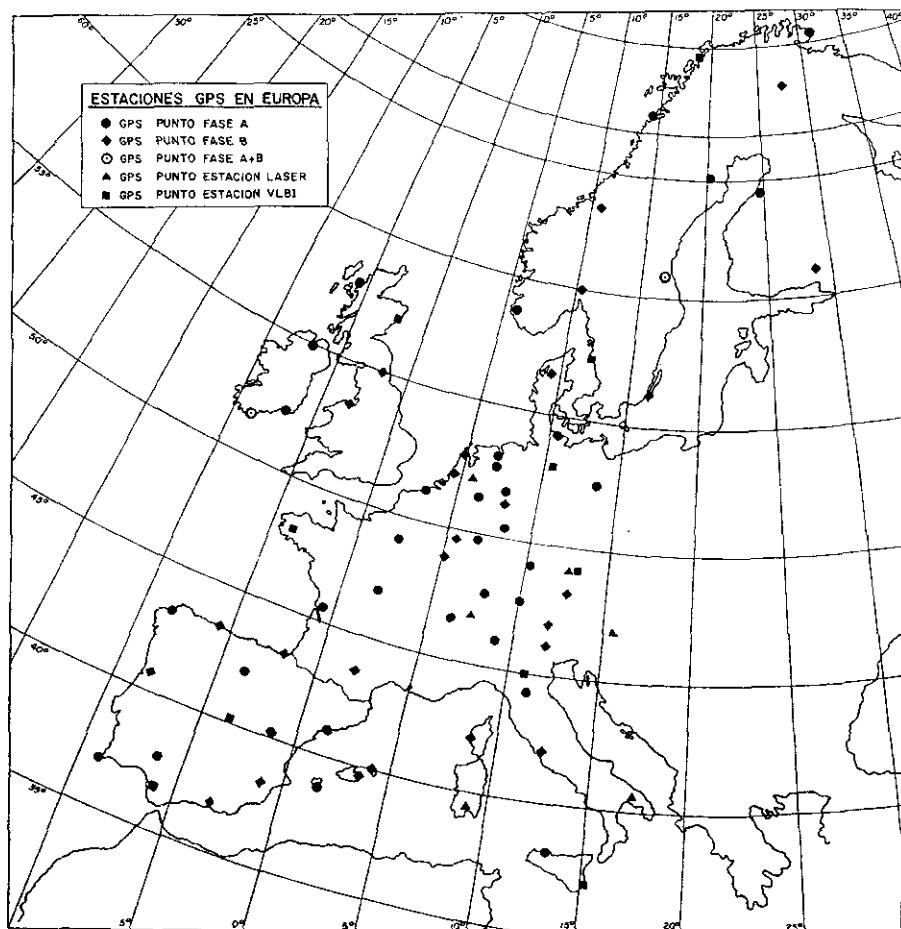
CAMPAÑA GPS EUREF89

GRÁFICO 1

COMPENSACIÓN ESPAÑOLA EUREF89

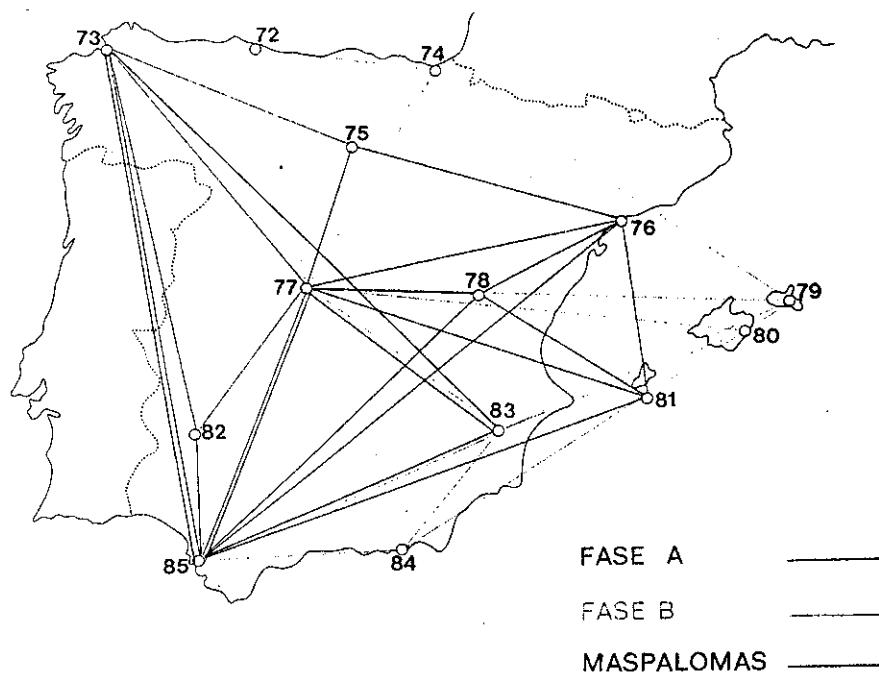


GRÁFICO 2

RED GEODÉSICA IBERIA95 Y ESTACIONES FIDUCIALES

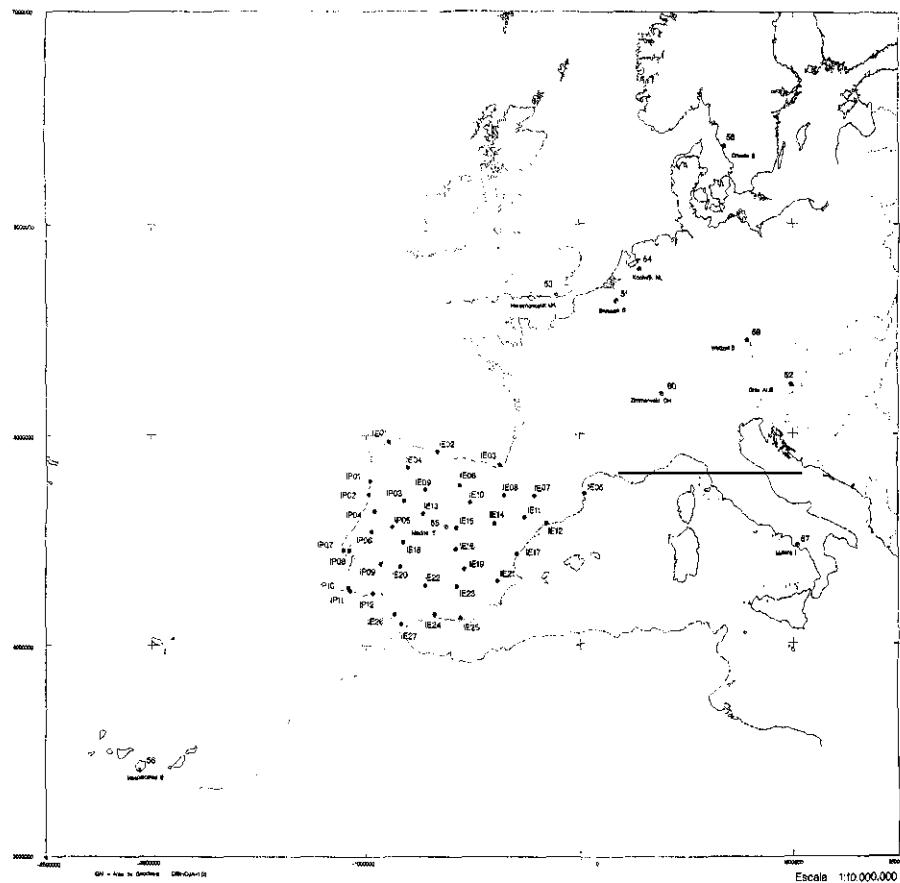


GRÁFICO 3