



## Red de estaciones GPS y estación permanente en Gipuzkoa *Permanent Station and GPS stations Network in Gipuzkoa*

Zurutuza Juaristi, J.<sup>(1)</sup>, L. García Cañada<sup>(2)</sup> y M. J. Sevilla de Lerma<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>GEOLan Donosti SL, Portuetxe 53 b Of. 314 San Sebastián (Gipuzkoa), [jz@geolandonosti.com](mailto:jz@geolandonosti.com)

<sup>(2)</sup>Instituto de Astronomía y Geodesia (CSIC-UCM), Facultad de Matemáticas, Universidad Complutense, 28040 Madrid, [Laura\\_Garcia@mat.ucm.es](mailto:Laura_Garcia@mat.ucm.es), [maast01@sis.ucm.es](mailto:maast01@sis.ucm.es)

### SUMMARY

One of the most important tasks of local mapping agencies is to provide accurate coordinates, as well as transformation parameters from the local datum to the ETRS89. The basic aims, concerning these tasks, of the Provincial Council of Gipuzkoa are to provide accurate coordinates to the permanent GPS Station, to provide a fully functional “passive” network which covers all the territory and which will be the geodetic reference frame, and finally, perform a seven parameter transformation covering the whole Territory. Due to the fact that most of the local agencies and private consultants compute GPS campaigns with commercial software, it is quite important to know the accuracy achievable with such packages under equal conditions. The goal of this paper is to compare the results obtained GPS networks by testing different kinds of software, including commercial and scientific packages. The data used were obtained in a GPS campaign in the Project “Active and passive GPS network in the Gipuzkoa Historic Territory”, in the Basque Country. Such campaign was performed between October and November of 2002, and seven dual frequency GPS receivers were used simultaneously in continuous sessions of at least 6 hours. Each station has been observed in two sessions or more. The ITRF00 coordinates of the reference station were computed within an accuracy of two centimetres in the observation epoch.

### 1. INTRODUCCIÓN

El GPS se ha convertido en uno de los sistemas de posicionamiento más extendidos en la geodesia, siendo el más habitual en la práctica totalidad los trabajos cartográficos. Para determinar posiciones precisas en tiempos de observación relativamente cortos, es fundamental definir un marco de referencia al cual referirlas. Con este fin, se diseñó una red de estaciones GPS activas y pasivas que cubre la totalidad de la provincia de Gipuzkoa. Adicionalmente, se dispone de una estación GPS permanente, propiedad de la Excma. Diputación Foral de Gipuzkoa. Con esta red de estaciones GPS, se dispone en la totalidad de la provincia de una estación pasiva GPS de precisión en una distancia inferior a 10 km y accesible en vehículo tipo turismo. Los vértices de dicha red de estaciones GPS pertenecen a la Red de Orden Inferior de la Exc. Diputación Foral de Gipuzkoa (ROI) y a la red REGENTE, del Instituto Geográfico Nacional (Regidor Gutiérrez et al., 2000).

### 2. OBJETIVOS

La red de estaciones GPS se diseñó para cumplir los siguientes objetivos:

1. Integrar la estación activa en el marco de referencia ITRF00 y, por tanto, en el marco ETRS89.
2. Disponer al menos de una estación GPS de referencia precisa y de fácil acceso a distancias inferiores a 10 km desde cualquier punto del Territorio.
3. Integrar la red en los marcos geodésicos actuales: ITRF00, ETRS89 y ED50.
4. Establecer el marco de referencia para futuros trabajos a realizar en el Territorio.
5. Obtener parámetros de transformación de ETRS89 a ED50 precisos para todo el Territorio.

La disposición de la red de estaciones GPS se muestra en la Figura 1.

Además de los objetivos a cumplir por la red de estaciones GPS, se vio la necesidad de comparar los resultados obtenidos con el programa científico Bernese V 4.2 con los obtenidos con un programa comercial, en este caso SKI Pro V 2.5 de Leica, que es el objeto de este trabajo. El motivo de esta decisión es que el procesamiento habitual de los datos GPS se realiza con software comercial y, por tanto, es muy importante determinar su precisión y fiabilidad.

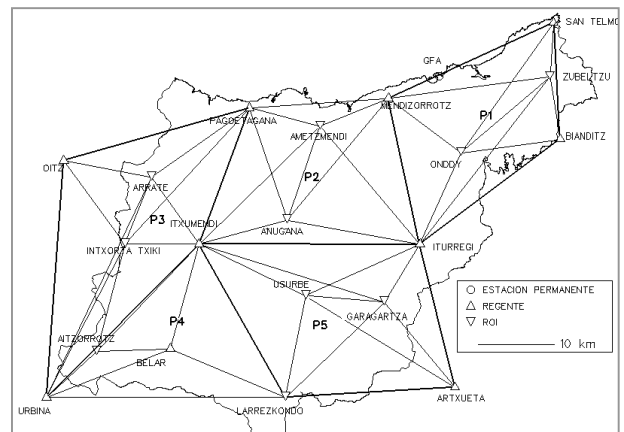


Figura 1 – Red de estaciones GPS (GPS Stations Network.)

### 3. CÁLCULO DE LA ESTACIÓN PERMANENTE EN EL MARCO ITRF00

Disponer de estaciones de referencia permanentes en marcos actuales es una labor fundamental para poder exigir geoinformación, además de precisa, homogénea. Por este motivo, la primera tarea fue el cálculo de la posición de la estación GPS permanente en el marco ITRF00, a partir del cual es posible determinar coordenadas ETRS89 (Boucher et al. 1999), que es el datum adoptado por los organismos cartográficos nacionales (Annoni & Luzet, 2000). Para acometer dicho cálculo se escogieron las siguientes estaciones permanentes: GRAS, ONSA, MATE, WTZR, CASC, MADR y BRUS, todas ellas pertenecientes al IGS o EUREF. Las observaciones se calcularon con el software Bernese V4.2, con soluciones diarias de una semana completa. Sólo se tuvieron en cuenta líneas base linealmente independientes.

Los parámetros introducidos en el cálculo fueron:

1. Máscara de elevación: 10°.
2. Efemérides: precisas IGS.
3. Sin corrección de carga oceánica.
4. Troposfera: modelo Niell (Niell, 1996)
5. Ambigüedades: estrategia de búsqueda libre de ionosfera (QIF) (Hugentobler et al., 2000).



6. Procesado final: combinación lineal de las dos portadoras libre de ionosfera en el cálculo final.

Para comprobar la calidad de las coordenadas obtenidas se hizo un ajuste fijando las estaciones MATE, WTZR, CASC y BRUS, dejando las demás libres. En la tabla 1 se presentan las discrepancias entre las coordenadas obtenidas y las calculadas por el IGS para esa época.

**Tabla 1 – Diferencia entre las coordenadas calculadas en ITRF00 y las del IGS (Difference between ITRF00 computed coordinates and IGS)**

Estación IGS	DX (m)	DY (m)	DZ (m)
GRAS 10002M006	0.0083	0.0050	0.0060
ONSA 10402M004	0.0098	0.0013	-0.0130
MATE 12734M008	0.0000	0.0000	0.0000
WTZR 14201M010	0.0000	0.0000	0.0000
CASC 13909S001	-0.0001	-0.0002	0.0001
MADR 13407S012	-0.0141	0.0110	0.0130
BRUS 13101M004	0.0000	0.0001	0.0000

#### 4. RED DE ESTACIONES GPS ACTIVAS Y PASIVAS EN GIPUZKOA

La red objeto de estudio cubre Gipuzkoa, limita al Norte con el mar Cantábrico (43°30' N), al Este (1°45' E) con Navarra, al Oeste (2°40' E) con Bizkaia y al Sur (42°50' N) con Araba. Su superficie es de casi 2000 km<sup>2</sup>, siendo muy montañosa. Por este motivo es fundamental una buena distribución de las estaciones pasivas GPS, ya que han de ser fácilmente accesibles, además de cumplir los requisitos de precisión exigidos. La totalidad de las estaciones de la red GPS están dotadas de centrado forzoso, conformando un total de 21 estaciones, además de la estación permanente.

La red se observa por polígonos, P1, P2, P3, P4 y P5 (ver Figura 1), de forma que se reduce la longitud de las líneas base y se aumenta la precisión de los vértices de cada polígono, ya que se han observado en más sesiones. Esta configuración da como resultado que la longitud media de los lados de cada polígono sea de unos 15,9 Km. y la línea base más larga sea de 82,7 km.

Respecto a la campaña de observación, se realizó entre finales de octubre y mediados de noviembre de 2002, con un total de 15 sesiones. Se utilizaron 7 receptores bifrecuencia con un intervalo de almacenamiento de 10". Las sesiones tienen observaciones comunes de al menos 6 horas.

El procesado con Bernese se realizó de manera análoga a lo expuesto en el apartado 3, mientras que el procesado con SKI Pro V 2.5 se hizo de la forma lo más parecida posible, ya que no se dispone de tantas opciones como con Bernese. Se consideró la estación permanente como fija. Los parámetros introducidos, considerando idénticas líneas base que con Bernese, fueron:

1. Máscara de elevación 10°.
2. Efemérides: precisas IGS.
3. Modelo Ionosférico: calculado.
4. Modelo Troposférico: Saastamoinen (Saastamoinen, 1973).
5. Ambigüedades: solución "libre de Ionosfera" (Leick, 1995).
6. Ajuste final: ajuste de observaciones por mínimos cuadrados.

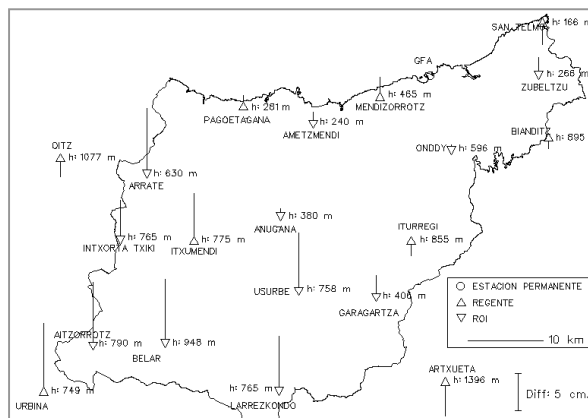
#### 5. RESULTADOS

Los resultados obtenidos con Bernese V 4.2 han sido muy buenos: todos los errores medios cuadráticos (emc) de todas las coordenadas ajustadas son inferiores a 4 mm.

Igualmente, los resultados obtenidos con SKI Pro V 2.5 son buenos, ya que los emc de las coordenadas ajustadas están por debajo de los 24 mm.

Comparando ambos resultados, se aprecia que las discrepancias en las componentes planimétricas son mínimas, mientras que las discrepancias en la altitud son muy elevadas (hasta 85 mm).

En la Figura 2 se presenta un mapa con la distribución de las estaciones y las discrepancias en altitud, indicando las altitudes elipsoidales de las estaciones. Una discrepancia positiva se indica hacia arriba, mientras que la negativa se indica hacia abajo.



**Figura 2 – Discrepancias Ski - Bernese (Ski vs Bernese discrepancies.)**

Como se aprecia en la Figura 2, y como era de esperar, las discrepancias son mayores a medida que las estaciones se alejan de la estación fijada. Además, las diferencias en dirección suroeste obedecen a un patrón, lo que indica que los resultados obtenidos con SKI Pro están "basculados" respecto al horizonte.

Estas discrepancias se acentúan a medida que la altitud de la estación aumenta, con la excepción de Oitz y Artxueta, donde, curiosamente, la discrepancia es de signo contrario al resto de estaciones alejadas. Este hecho puede ser debido a los modelos atmosféricos adoptados, por lo que sería de gran interés el estudio de la actividad atmosférica en la época de observación para poder realizar un análisis más concluyente acerca de las discrepancias. Hay que tener presente que todas las estaciones del norte de la red están muy cerca del mar, mientras que el resto están en el interior, con desniveles acusados y refracciones muy dispares, lo que puede ser determinante en este caso concreto.

De igual manera, sería muy interesante comprobar las discrepancias obtenidas con distintas configuraciones de ajuste, como puede ser fijando diferentes estaciones, entre ellas las de los extremos, y analizar los resultados así obtenidos.

#### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A la vista de los resultados, se puede concluir que los resultados planimétricos obtenidos con software comercial son de una gran calidad, mientras que los altimétricos son resultados que hay que tratar con extrema cautela.

Es muy importante reducir al máximo las longitudes de las líneas base a calcular, así como intentar que los desniveles sean lo más pequeño posible, a fin de poder suponer iguales las condiciones atmosféricas de las estaciones durante la observación.

#### 7. AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento al personal del Departamento de Obras Hidráulicas y Urbanismo de la Excm. Diputación Foral de Gipuzkoa, especialmente a D. Faustino Gainzarain y D. José Mari Aramburu por las facilidades dadas, así como por la cesión de los datos de campo para la realización de este trabajo.

#### 8. REFERENCIAS

- Annoni A. & C. Luzet (Edit.) (2000): "Spatial Reference Systems for Europe, Proceedings & Recommendations of Workshop", Marne – La Vallée, 29-30 Nov. 1999. In: www.ec-gis.org
- Boucher, C., Z. Altamimi & P. Sillard (Eds.) (1999): "The 1997 International Terrestrial Reference Frame (ITRF97)". IERS Technical Notes, No. 27.
- Hugentobler, U., S. Schaer & P. Fridez (Eds.), (2001): "Bernese GPS Software Version 4.2". Astronomical Institute, University of Berne.
- Leick, A. (1995): "GPS Satellite Surveying". Second Edition. John Wiley & Sons. New York.
- Niell, A.E. (1996): "Global mapping functions for the atmosphere delay at radio wavelengths". Journal of Geophysical Research, Vol. 101, No. B2, pp 3227-3246.
- Regidor Gutiérrez, J., J.F. Prieto Morín, J. Manuel Sanz Megía, R. Quiros Donate & A. Barbadillo Fernández, (2000): "El Proyecto REGENTE". VII Congreso Nacional de Topografía y Cartografía TOPCAR 2000. Madrid, 16-20 Oct. 2000.
- Saastamoinen, J. (1973): "Contribution to the theory of atmospheric refraction". Bulletin Géodésique, N° 107, pp 13-34.