

## 1.- OBJETO DE LOS TRABAJOS

El paso previo a todo proyecto cartográfico, consiste en la creación de una infraestructura topográfica que nos permita realizar desde ella todas las mediciones necesarias para poder confeccionarla, actualizarla en un futuro o trasladar al terreno los proyectos trazados utilizándola como documento base.

Es necesario que esta red esté en un sistema de coordenadas absoluto, por ello es imprescindible que se apoye en las redes existentes y que se materialice de forma permanente.

En nuestro caso, para el proyecto cartográfico a realizar en Donostia – San Sebastián, necesitamos una Red que, a parte de estar conectada al sistema de coordenadas absoluto tanto en planimetría como en altimetría, satisfaga las condiciones de precisión necesarias para el proyecto.

## 2.- SISTEMA DE REFERENCIA Y PROYECCIÓN DE LOS VÉRTICES DE LA RBMD

El sistema de referencia será el denominado ED50, establecido como reglamentario por la Ley de Cartografía Española y definido por los siguientes parámetros:

<i>ELIPSOIDE</i>	Internacional de Hayford 1924
<i>SEMIEJE MAYOR</i>	6378388 m.
<i>APLANAMIENTO</i>	1/297
<i>DATUM O PUNTO FUNDAMENTAL</i>	Postdam (Torre de Helmert)
<i>ORIGEN DE COORD. GEODÉSICAS</i>	LATITUDES: Ecuador LONGITUDES: Meridiano de Greenwich

Se utilizará también el elipsoide de referencia WGS84 ya que una parte de los vértices de la red se observarán mediante técnicas GPS, y dicho sistema viene definido por este elipsoide.

<i>ELIPSOIDE</i>	WGS 84
<i>SEMIEJE MAYOR</i>	6378137
<i>APLANAMIENTO</i>	1/298.257223563

En el Termino Municipal de Donostia – San Sebastián el sistema de proyección empleado oficialmente es el Universal Transversa Mercator (UTM) en el huso 30 zona Norte

<b>UTM HUSO 30 NORTE</b>	
<i>PROYECCIÓN</i>	Universal Transversa Mercator (UTM)
<i>ZONA</i>	30
<i>MERIDIANO CENTRAL</i>	3° 00' 00" W
<i>HEMISFERIO</i>	Norte

Todos los vértices de la RBMD se han observado y calculado a partir de los vértices geodésicos del Instituto Geográfico Nacional y de las redes de nivelación de alta precisión del Instituto Geográfico Nacional o señales homologadas por la sección de Cartografía del Gobierno Vasco; concretamente se han utilizado los siguientes vértices geodésicos y las señales de nivelación proporcionados por la Dirección Técnica de los trabajos.

<b>VERTICES GEODÉSICOS</b>	
<b>VERTICE</b>	<b>ORGANISMO QUE LOS HOMOLOGA</b>
SAN TELMO	Instituto Geográfico Nacional
FARO	Instituto Geográfico Nacional
MENDIZORROTZ	Instituto Geográfico Nacional
ALDUDECOGAÑA	Instituto Geográfico Nacional
JAIZKIBEL	Instituto Geográfico Nacional
ANDATZA	Instituto Geográfico Nacional
TXORITOKIETA	Instituto Geográfico Nacional
BOLUNTZA	Instituto Geográfico Nacional

### **SEÑALES DE NIVELACIÓN DE PRECISIÓN**

NPH-1,NPH-2, NPH-8, R8-2, NPE-19, NPE-20, A8-5, A8-7, A8-8, A34-1, NAPE-544, NAPE-561, NPF-3, NPE-22, GI-552-A, GI-722-A, GI-728-A, DONO-2, DONO-3, DONO-4, DONO-5, DONO-8, DONO-9, DONO-10, DONO-11, DONO-13, DONO-14, DONO-15, DONO-17, DONO-18 y AYTO. SS.

De acuerdo con la dirección técnica de los trabajos se ha tomado el vértice San Telmo como origen de coordenadas en planimetría y las señales de nivelación NAPE544 y NAPE561 en altimetría.

### **3.- OBSERVACIÓN DE LA PRIMERA FASE DE LA RBMD**

Hemos denominado Primera Fase de la RBMD a la observación de los vértices geodésicos del Instituto Geográfico Nacional, las señales de nivelación, los dieciséis vértices de cuarto orden existentes en la zona y la estación fija GFA de la Diputación Foral de Guipúzcoa.

Primeramente se realizó un recorrido por todos los vértices geodésicos y de cuarto orden para saber su estado de conservación y si eran observables por GPS. En este primer recorrido se vio que los vértices podían ser observados por GPS (algunos presentaban árboles cerca, ...) y que el vértice geodésico Boluntza tenía deteriorada la cabeza del pilar, pero era factible su observación.

Seguidamente se procedió a inspeccionar las señales de nivelación y mediante un nivel digital de la marca LEICA modelo NA3003 con lectura en mira de código de barras se dio cota con niveladas de ida y vuelta a un clavo situado en las cercanías de la señal de nivelación y observable por GPS. Se colocaron un total de treinta clavos y la señal de nivelación A8-5 que es observable directamente por GPS. Los clavos se numeraron del 1800 al 1830 ambos inclusive.

Una vez reconocida toda la Red y preparados los clavos de nivelación se procedió a la observación. Para ello se emplearon cinco equipos GPS de doble frecuencia de la marca LEICA, uno modelo SR399 y cuatro modelo SR9500. A estos cinco GPS hay que sumar el GPS fijo que tiene la Diputación Foral de Guipúzcoa en la parte alta

del edificio que tienen en Donostia – San Sebastián de la marca LEICA modelo SR9500.

El método de observación empleado es el estático rápido con una máscara de elevación de 15º y grabación de datos cada 15 segundos. El tiempo de observación empleado para los vértices geodésicos ha sido mayor de una hora en todos los casos y para el resto de vértices y clavos de nivelación superior a media hora siempre con una buena constelación de satélites.

Empezamos por observar los vértices geodésicos poniendo un GPS en cada uno de los vértices Faro, Boluntza, Txoritokieta, GFA, Mendizorrotz y Andatza. Tras esa primera observación se quedaron fijos cuatro GPS (Faro, Boluntza, Txoritokieta y GFA) y los otros dos GPS se pusieron en Jaizkibel y Aldudecogaña. Para la unión con San Telmo se pusieron los otros cinco GPS en Faro, Txoritokieta, Aldudecogaña, Jaizkibel y GFA. Con esto se acabo la observación de vértices geodésicos.

El resto de las observaciones de esta Primera Fase de la RBMD se hicieron manteniendo fijos Faro, GFA y un tercer geodésico que variaba según la zona que se estuviera observando en cada momento y los tres GPS móviles hacían la observación siempre conjuntamente de manera que en cada observación se creaban todas las baselíneas posibles entre los seis GPS.

## 4.- CÁLCULO DE LA PRIMERA FASE DE LA RBMD

Los cálculos se han realizado con el programa de cálculo y compensación de la marca LEICA SKI-pro versión 2.0.

Se ha tomado como punto fijo y origen de coordenadas WGS84 el vértice geodésico San Telmo del Instituto Geográfico Nacional, perteneciente a la red IBERIA 95. El Instituto Geográfico Nacional nos ha facilitado las coordenadas de dicho vértice en el elipsoide GRS80 el cual se puede tomar como idéntico al WGS84 para todas las aplicaciones topográficas, cartográficas e incluso geodésicas.

<b>COORDENADAS GEOCÉNTRICAS EN ELIPSOIDE GRS80</b>	
<i>VÉRTICE GEODÉSICO</i>	SAN TELMO
<i>X</i>	4640529.691
<i>Y</i>	-145676.527
<i>Z</i>	4358781.337

Una vez fijado el vértice de partida se procedió a calcular el resto de las baselíneas observadas durante esta Primera Fase. Este proceso se realizó tanto con las efemérides transmitidas como con las efemérides precisas comprobándose que las diferencias en los resultados (inferiores a los dos milímetros en las baselíneas más largas) no hacían necesaria la espera de tres semanas para conseguir las efemérides precisas. Una vez realizado el cálculo de

todas las baselíneas se continuó realizando un ajuste por mínimos cuadrados de todo el bloque, dejando únicamente como fijo el vértice geodésico San Telmo y obteniendo unas coordenadas ajustadas WGS84 para todos los vértices de esta Primera Fase de los trabajos.

Posteriormente se realizó un primer cálculo de los parámetros de transformación (para pasar del elipsoide WGS84 al elipsoide internacional de Hayford y proyección UTM huso 30) para ver la fiabilidad de los ocho vértices geodésicos en planimetría y de los treinta y un clavos de nivelación en la altimetría.

Con este primer cálculo de los parámetros de transformación se observó que existían cinco vértices de los ocho observados que tienen un error en planimetría inferior a los cinco centímetros y que además son los cinco más cercanos a toda el área de trabajo. Se decidió de acuerdo con la Dirección Técnica de los trabajos dejar estos cinco vértices como fijos a la hora de calcular los parámetros de transformación y soltar los otros tres.

En cuanto a la altimetría, se vio que la precisión de las señales de nivelación observadas no era muy fiable.

Se decidió realizar una campaña de nivelación geométrica de precisión que partiendo de las dos señales de nivelación existentes en la zona pertenecientes al I.G.N. :

- NAPE 544: 29,4369 metros.
- NAPE 561: 19,8901 metros.

En esta campaña se observaron 468 estaciones de la segunda fase de la RBMD y dieciséis señales de nivelación. Se realizó toda la observación con anillos cerrados.

Con las nuevas cotas dadas a las dieciséis señales de nivelación geométrica se procedió a calcular los parámetros de transformación usando el método Stepwise que permite que la transformación se realice independientemente en posición y altura tal como necesitamos en este caso.

Con estos parámetros de transformación y sin hacer una distribución de los errores obtenidos (para así mantener la precisión de nuestra red) se calcularon las coordenadas en el elipsoide internacional de Hayford y proyección UTM huso 30 de todos los vértices.

Posteriormente, para dejar fijo también en el elipsoide internacional de Hayford y proyección UTM huso 30 el vértice geodésico San Telmo (IBERIA 95), se calcularon unos parámetros de transformación (en este caso de traslación) que movían toda la red 260,7 mm. en X y 181,0 mm. en Y para ajustarlo a las coordenadas suministradas por el Instituto Geográfico Nacional.

Por último se procedió a calcular unos parámetros globales por el método Clásica 3D con el modelo Bursa-Wolf que calcula los tres desplazamientos, tres giros y cambio en escala necesarios para pasar de las coordenadas en el elipsoide WGS84 al elipsoide internacional de Hayford y proyección UTM huso 30.

Con estos parámetros de transformación se han obtenido las coordenadas finales de todos los vértices de esta Primera Fase de la RBMD y son los parámetros de transformación que se aplicarán a todas las observaciones GPS previamente ajustadas para obtener las coordenadas finales de toda la red.

## 5.- OBSERVACIÓN DE LA SEGUNDA FASE DE LA RBMD

Hemos denominado Primera Fase de la RBMD a la observación de los vértices geodésicos del Instituto Geográfico Nacional, las señales de nivelación, los dieciséis vértices de cuarto orden existentes en la zona y la estación fija GFA de la Diputación Foral de Guipúzcoa. En total veinticinco estaciones y treinta y un clavos de nivelación.

Primeramente se procedió a poner los clavos en el terreno según



Los clavos de esta segunda fase de la RBMD son clavos de latón con la inscripción RBM D – SS y un número de orden del 1 al 1000.

el anteproyecto presentado a la Dirección Técnica de los trabajos.

Según se iban poniendo los clavos se comenzó con la observación G.P.S. Para ello se emplearon cinco equipos GPS de doble frecuencia de la marca LEICA, uno modelo SR399 y cuatro modelo SR9500. A estos cinco GPS hay que sumar el GPS fijo que tiene la Diputación Foral de Guipúzcoa en la parte alta del edificio que tienen en Donostia – San Sebastián de la marca LEICA modelo SR9500. Estos seis G.P.S. se usaban tres fijos y tres móviles.

También hubo días en los que se usaban cuatro GPS, dos fijos y dos móviles.

El método de observación empleado es el estático rápido con una máscara de elevación de 15º y grabación de datos cada 15 segundos. El tiempo de observación empleado para los estaciones de la Segunda Fase de la RBMD mayor de veinte minutos en todos los casos y con una buena constelación de satélites.

Todos los vértices que no ha sido posible observar mediante técnicas G.P.S., por no tener buena recepción debido a obstáculos físicos cercanos a las estaciones, han sido observados mediante poligonales de precisión con teodolito Zeiss ETH2 y Distanciómetro Zeiss Eldi 10.

El método empleado en la observación de estas poligonales de precisión es el de centrado forzado aplicando la regla de Bessel y con tres reiteraciones en la medida de ángulos y distancias. Se han observado desde cada estación de poligonal principal a todas las visuales posibles.

Se han nivelado geoméricamente un total de 468 estaciones con el nivel geométrico de precisión Leica modelo NA3003 con lectura de mira en código de barras.

## 6. CÁLCULO DE LA SEGUNDA FASE DE LA RBMD

Los cálculos se han realizado con el programa de cálculo y compensación de la marca LEICA SKI-pro versión 2.0.

Se han tomado como vértices fijos los cincuenta y seis vértices calculados en la Primera Fase de la RBMD. Desde estos vértices se han calculado todas las baselíneas posibles a cada estación de la Segunda Fase de la RBMD.

Como ya disponemos de los siete parámetros de transformación para pasar de coordenadas WGS84 a ED50 y proyección UTM, el cálculo se realiza prácticamente en este último sistema.

Una vez realizado el cálculo de todas las baselíneas se introdujeron al programa los datos procedentes de la topografía clásica (poligonales de precisión) para realizar un ajuste por mínimos cuadrados de todo el bloque (ED50 y proyección UTM), dejando únicamente como fijos los vértices de la Primera Fase de la RBMD que se usaron en la Segunda Fase y las altitudes procedentes de la nivelación geométrica.

Una vez depurado el ajuste se obtuvieron las coordenadas definitivas para todas las estaciones de esta Segunda Fase de la RBMD.