

ANEJO N° 2 CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

ÍNDICE

	Página
1. OBJETO.....	4
2. CARTOGRAFÍA PREVIA	4
3. TRABAJOS CARTOGRÁFICOS Y TOPOGRÁFICOS.....	5
3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS TRABAJOS CARTOGRÁFICOS REALIZADOS	6
3.1.1. Vuelo y fotogramas	6
3.1.2. Trabajos de topografía de campo para obtener la cartografía	8
3.1.3. TRABAJOS DE APOYO DE CAMPO	10
3.1.4. RESTITUCIÓN.....	10
3.1.5. ORTOFOTOS	11
3.1.6. CONFECCIÓN DEL MODELO DIGITAL DEL TERRENO	11
3.2. TRABAJOS TAQUIMÉTRICOS	11
4. BATIMETRÍA.....	11
5. APÉNDICE 2.1 MEMORIA DE TRABAJOS CARTOGRÁFICOS.....	13
6. APÉNDICE 2.2.: MEMORIA DE TRABAJOS BATIMÉTRICOS	14

1. OBJETO

El presente documento tiene por objeto exponer el procedimiento utilizado para los trabajos cartográficos y topográficos realizados para la ejecución del Proyecto de construcción de la Segunda Fase del Canal de Navarra.

2. CARTOGRAFÍA PREVIA

Para el desarrollo de los trabajos se ha procedido previamente a la recopilación de la información cartográfica disponible en diversas fuentes:

- Gobierno de Navarra:
 - o Información incorporada en el SITNA (<https://sitna.navarra.es/geoportal/>), y en particular: Geoportal de Navarra, IDENA, Catastro de Navarra, Tienda de Cartografía, Sistema de Información Urbanístico de Navarra (SIUN), SIGPAC, Mapa Geológico y el Portal de Coordinación de Canalizaciones Subterráneas (PCCS).
 - o Información cartográfica disponible en <https://filescartografia.navarra.es/> en el objeto del proyecto, así como las ortofotos asociadas.
 - o LIDAR: datos de vuelo de 2011-2012, sin clasificar en EPSG:25830 y alturas elipsoidales, de medio punto por metro cuadrado.
 - o MDE o Modelos Digitales de Elevaciones (MDE) realizados en los años 2011-2012 (realizado con el Lidar de 1 punto por metro cuadrado) y en el año 2014 (el de los años 2011-2012 actualizado por fotogrametría en 2014). De cada una de esas fechas se dispone del Modelo Digital del Terreno (MDT) y del Modelo Digital de Superficies (MDS).
 - o MDT: es un modelo de 2 x 2 metros de cuadrícula, en EPSG:25830 y con las alturas ortométricas, que representa el terreno desnudo (sin árboles, edificaciones, puentes, etc).
 - o -MDS: es un modelo de 2 x 2 metros de cuadrícula, en EPSG:25830 y con las alturas ortométricas, que representa el terreno como si sobre él se arrojara una sábana, adaptándose a los distintos elementos naturales y artificiales que existen en el terreno.
- Cartografía del IGN:
 - o Cartografía a escala 1/5.000 del I.G.N. proveniente de vuelo LIDAR con malla 5,0x5,0, así como la restitución de la cartografía LIDAR del I.G.N. con curvas de nivel cada 0.5m y 1,0m
 - o Ortofotos asociados a cartografía I.G.N.
- Cartografía catastral rústica.

- Información cartográfica de servicios solicitados a empresas concesionarias, Organismos y Ayuntamientos relativas a servicios y que han sido representados.
- Cartografía de INKOLAN.

3. TRABAJOS CARTOGRÁFICOS Y TOPOGRÁFICOS

El presente proyecto contempla la realización de un vuelo fotogramétrico a color GSD 10 cm cubriendo estereoscópicamente la zona a levantar y restitución 1/1000 con curvas de nivel a 1,00 m de equidistancia.

Los trabajos fueron contratados a la empresa AZIMUTAL siendo desarrollados entre los meses de octubre y diciembre de 2018. La empresa SPASA realizó el vuelo fotogramétrico en octubre de 2018.

El proceso seguido ha sido el siguiente:

- Tras realizar el estudio de alternativas con información cartográfica previa, y una vez seleccionada la traza a desarrollar (ver Anejo nº 5) se define la banda requerida para la realización de un vuelo fotogramétrico a color GSD 10 cm cubriendo estereoscópicamente la zona a levantar en un ancho aproximado de 400 m.
- Una vez realizado el vuelo se procede a la obtención de las coordenadas de los puntos de apoyo necesarios para la restitución fotogramétrica de la cartografía del Proyecto a escala 1:1.000, a partir de la definición de la Red Básica (planimétrica y altimétrica) que estará enlazada con el marco de referencia ETRS89, materializado mediante los Vértices de la Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales (Red REGENTE) y la Red de Nivelación de Alta Precisión (RNAP).
- Restitución fotogramétrica analítica y dibujo de planos a escala 1:1.000, con curvas de nivel a 1,00 m de equidistancia.
- Se desarrolla la ortofotografía digital a color de toda la zona incluida en la restitución aerofotogramétrica, incluyendo la obtención del MDT, ortoproyección, equilibrado radiométrico, mosaico, corte de imágenes, ploteo en papel fotográfico y grabación en DVD.
- Una vez realizada el encaje de la traza, se realiza levantamiento taquimétrico de los puntos que así lo requieren por ausencia de información cartográfica o por su interés en el diseño.

El detalle de los trabajos se adjunta en el Apéndice 2.1.

Adicionalmente se realiza entrega digital de los trabajos realizados, así como el MDT y cartografía base adoptada para el desarrollo del proyecto.

3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS TRABAJOS CARTOGRÁFICOS REALIZADOS

3.1.1. Vuelo y fotogramas

Cobertura fotográfica estereoscópica con cámara calibrada de las zonas determinadas en las Bases Técnicas del concurso de redacción del proyecto, a la escala especificada, para su realización con cámaras analógicas y para su realización con cámaras digitales con tamaño de pixel a escala de suelo GSD (Ground Sample Distance) especificado.

Las fotografías se han obtenido mediante una cámara fotogramétrica digital calibrada, cuyas condiciones se indican seguidamente:

- Sensor pancromático de la cámara con una resolución de al menos 5.000 columnas y 10.000 filas y los sensores multiespectrales una resolución mínima como máximo 5 veces inferior.
- Resolución radiométrica del sensor de al menos 12 bits por banda.
- Campo de visión transversal mayor de 50° y menor de 80° sexagesimales. La resolución espectral del sensor será:
 - o 1 banda situada en el pancromático.
 - o 4 bandas situadas en azul, verde, rojo e infrarrojo cercano.
- Control de exposición automático.

Cámara provista de un sistema de navegación y adquisición de datos, soportado por sistema GPS en modo cinemático, con el fin de datos espaciales. Este sistema garantiza:

- Navegación de alta precisión
- Tomas fotográficas en coordenadas predeterminadas
- Cálculo automático de la deriva, velocidad y altura
- Registro automático de las posiciones de cada fotograma

Provista de un sistema de medida inercial IMU/INS (Inertial Measurement Unit/Inertial Navigation System).

La cámara está montada sobre una plataforma giroestabilizada que permite mantener su verticalidad y está dotada de un mecanismo compensador del desplazamiento del avión (FMC) y también admisión del método de compensación de avance del avión por medio de TDI (Time Delay Integration).

Especificaciones del sistema GPS-INERCIAL

El sistema GPS utilizado puede recibir en sus canales las portadoras de fase L1 y L2, y sus correspondientes códigos. Tiene un mínimo de 12 canales de seguimiento continuo y reconstruye la portadora L2 de forma completa.

La máscara de elevación está fijada en un mínimo de 5° de altura.

El indicador de precisión por la posición de los satélites (PDOP) es inferior a 5 en todo momento para garantizar la precisión en la navegación.

La antena de alta calidad está instalada en el exterior del avión en un lugar que asegura la recepción continua de la señal de los satélites y está libre de interferencia de otros equipos del avión y de efectos "multipath" o multitrayectoria.

La unidad de medición del sistema inercial compuesta de giróscopos y acelerómetros se aloja sobre el eje de la cámara en el lugar establecido por el fabricante de la misma.

Cumple que la deriva debe ser menor a 0,1° sexagesimales/hora y que la frecuencia de datos de registro debe ser mayor de 200 Hercios.

El sistema GPS/IN registrará la posición y orientación de la cámara en el momento del disparo.

Calibración de la cámara

La cámara se encuentra calibrada y su certificado de calibración se presenta en el Apéndice 2.1

Líneas de vuelo

Las áreas a fotografiar han sido cubiertas por una o varias pasadas paralelas, entendiéndose por tales aquellas cuyos ejes presentan desviaciones relativas inferiores a cinco grados centesimales (5°).

Cada una de dichas pasadas se compone única y exclusivamente de tramos rectos, en los cuales se verifica que el ángulo en el punto principal de cada fotograma subtendido entre los homólogos de los puntos principales de los fotogramas precedentes y siguientes ha de estar comprendido entre ciento noventa y cinco y doscientos cinco grados centesimales (195 a 205°).

Las líneas de vuelo se proyectaron de forma que quedaba asegurada la cobertura estereoscópica del total de la zona. Todas las pasadas corresponden a vuelos primeros del tramo siguiente.

En el caso de ser necesario interrumpir una pasada, al reanudarla, la nueva pasada se ha solapado al menos tres fotogramas con la interrumpida.

Recubrimientos fotográficos

- Los recubrimientos con un error del cinco por ciento, en más o en menos ($\pm 5\%$) son los siguientes:

Longitudinal: Sesenta por ciento (60%) y Transversal: Veinticinco por ciento (25%).

Siempre que exista un cambio de dirección en las líneas de vuelo, el par estereoscópico que corresponda al principio de la nueva sección, se solapa totalmente (100 %) con el último de la anterior.

3.1.2. Trabajos de topografía de campo para obtener la cartografía

Se corresponden con los trabajos necesarios para la obtención de las coordenadas de apoyo necesarias para la restitución de la cartografía.

Para ello previamente se ha realizado una Red Básica enlazada con el marco de referencia ETRS89 materializado mediante los Vértices de la Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales (Red REGENTE) y la Red de Nivelación de Alta Precisión (RNAP) y que posteriormente ha sido la base de partida para la confección de la Red de Bases de Replanteo que permite la realización del replanteo, la obtención de perfil longitudinal, la obtención de perfiles transversales y la realización de levantamientos topográficos complementarios.

3.1.2.1. Formación de la Red Básica

Se ha establecido una Red Básica doble (planimétrica y altimétrica), referida al marco ETRS-89 y a la red N.A.P., que ha servido para materializar el sistema de coordenadas que se utiliza en el trabajo en planimetría y en altimetría.

Para ello se enlaza en planta con los vértices de la Red REGENTE utilizando la metodología de observación para la obtención de datos posicionales desde satélites GNSS (Global Navigation Satellite System), y se les transmite cota ortométrica a partir de la Red de Nivelación de Alta Precisión (R.N.A.P.) o, en su defecto, de la Red de Nivelación de Precisión (R.N.P.).

3.1.2.2. Red de Nivelación

En la memoria de los trabajos topográficos se describe el procedimiento utilizado para la obtención de las coordenadas y cotas de los vértices de la Red.

Metodologías de trabajo para la formación de la Red Básica

Dadas las características de las obras del presente proyecto, uno de los condicionantes que debe cumplir el sistema de referencias es garantizar la continuidad lineal planimétrica y altimétrica de los diferentes tramos. Para este fin, y dentro del sistema oficial de referencia, se ha diseñado la metodología de trabajo que se describe a continuación.

Para la realización de la Red Básica solamente se utiliza metodología GPS y nivelación geométrica, con las limitaciones que se detallan en los siguientes apartados. El establecimiento de la Red Básica se compone de las siguientes tareas:

- Enlace al marco de referencia ETRS-89.
- Establecimiento de la Red Básica Planimétrica
- Enlace a la Red NAP
- Establecimiento de la Red Básica Altimétrica

La red planimétrica referida a la red REGENTE y la red altimétrica referida a la red NAP, estarán relacionadas además mediante baselíneas de enlace, de forma que toda la Red Básica constituya un bloque que definirá el marco de referencia global para el apoyo y los demás trabajos de topografía y cartografía del proyecto.

El tiempo de observación GPS debe ser el suficiente para fijar las ambigüedades de fase en L1 y L2, aunque este tiempo depende de gran número de parámetros (longitud de la baselínea, número y configuración de los satélites que se reciben durante la medición, tipo de receptor, etc.); con carácter general, se establecen los siguientes tiempos de observación mínimos y las longitudes máximas de baselíneas a medir salvo justificación especial:

	Longitud baselínea ≤ 10 km	10 km < longitud baselínea < 25 km
Tiempo mínimo de observación	10 minutos	10 minutos+1 min/km adicional

Se fija una longitud máxima de baselínea de 25 km, asegurando la recepción de, al menos, 4 satélites durante el tiempo de observación con una máscara de elevación de 15 grados de altura. La configuración de la constelación de satélites tiene que ser tal que se tenga un indicador de precisión por la posición de los satélites (PDOP) igual o inferior a 5 durante toda la observación.

3.1.2.3. Enlace con el marco de referencia ETRS-89

El marco de referencia ETRS-89 está materializado por los vértices de la Red REGENTE. Además las nuevas redes de tecnología para la obtención de datos posicionales desde satélites (GNSS) disponen de coordenadas referidas a este mismo sistema de referencia, por tanto, pueden integrarse dentro del mismo marco siempre con coordenadas que procedan de un cálculo del I.G.N.

Para la georreferenciación planimétrica del proyecto, se enlaza mediante GPS al menos a dos vértices geodésicos de la red REGENTE o estaciones fijas de referencia de redes GNSS (ERGNSS) con coordenadas publicadas por organismos oficiales. En el caso de redes GNSS privadas, deberá presentarse certificado emitido por el organismo oficial que corresponda, que acredite que el cálculo de sus coordenadas ha sido realizado por el IGN, una Comunidad Autónoma u otros organismos oficiales.

Este enlace se realizará desde al menos dos puntos fijos de la Red Básica, de forma que los dos vértices geodésicos o ERGNSS quedarán como mínimo birradiados, con el fin de detectar baselíneas erróneas, no pudiendo enlazarse a vértices o ERGNSS situados a una distancia del trazado superior a la longitud máxima de la baselínea (25 km).

Posteriormente, en la fase de cálculo, se incluyen como marco de referencia ETRS89 todos los vértices de la Red REGENTE que se consideren necesarios de intervenir con el fin de que circunscriban la zona de trabajo, y como mínimo cuatro.

Entre estos vértices REGENTE se incluyen también los empleados por los tramos adyacentes en sus respectivos cálculos con el fin de emplear un marco de referencia con continuidad entre tramos.

3.1.2.4. Establecimiento de la Red Básica Planimétrica

Se establece una red planimétrica de aproximación al trazado mediante técnicas GPS. Esta red servirá de base para el apoyo y posteriores trabajos de topografía.

3.1.2.5. Enlace con la Red NAP

La transmisión de cota ortométrica a la Red Básica Altimétrica se realiza mediante una nivelación geométrica doble a partir de la Red de Nivelación de Alta Precisión (R.N.A.P.) o de la Red de Nivelación de Precisión (R.N.P.).

3.1.2.6. Establecimiento de la Red Básica Altimétrica

Paralelamente a la Red Básica Planimétrica se establecerá una red de clavos de nivelación de al menos 3 puntos, próxima al trazado (3 - 4 km) que constituirá el marco de referencia altimétrico para el proyecto.

3.1.3. TRABAJOS DE APOYO DE CAMPO

Los trabajos de apoyo de campo comprenderán la toma de datos en campo para determinar la posición planimétrica y altimétrica de los puntos de apoyo necesarios para la restitución fotogramétrica de las fotografías aéreas verticales obtenidas. Para la obtención de sus coordenadas se partirá de la Red Básica realizada.

Para el presente proyecto los trabajos han sido realizados mediante GPS con recepción de, al menos, 4 satélites durante el tiempo de observación con una máscara de elevación de 15 grados de altura.

	Longitud base línea ≤ 10 km	10 km < longitud base línea < 25 km
Tiempo mínimo de observación	10 minutos	10 minutos + 1 min/km adicional

3.1.4. RESTITUCIÓN

La restitución ha sido realizada con curvas de nivel con la equidistancia adecuada. La franja o banda de restitución es lo suficientemente amplia para dar una visión completa del terreno circundante y edificios o lugares necesarios a ubicar en la planimetría. Los planos recogen la toponimia local de poblaciones, caseríos, ríos, etc.

La restitución es analítica ya que se pretende realizar un modelado de los elementos reales, identificando las entidades discretas que la forman con elementos lineales que las representan, y almacenándolas georreferenciadas en formato digital; es decir, todos los elementos estarán representados por las coordenadas de los puntos que los definen, incluidos los textos que tendrán una representación gráfica.

Puntos bien definidos en planimetría: La posición del noventa por ciento (90%) de los puntos bien definidos, no diferirá de la verdadera en más de cinco décimas de milímetro (0,5 mm) a la escala del mapa.

Puntos bien definidos en altimetría:

Precisión altimétrica. Las cotas del noventa por ciento (90%) de los puntos bien definidos, no diferirán de las verdaderas en más de un cuarto (1/4) del valor de la equidistancia entre curvas de nivel.

Precisión de las curvas de nivel. Las curvas de nivel, en terreno no enmascarado por vegetación, se dibujarán con una exactitud tal, que el noventa por ciento (90%) de las cotas obtenidas por interpolación de aquellas, no diferirá de las verdaderas en más de la mitad (1/2) de la equidistancia.

En zonas enmascaradas por vegetación, las curvas de nivel se dibujarán con trazo discontinuo.

3.1.5. **ORTOFOTOS**

Se presentan las ortofotos obtenidas superpuestas con la cartografía. Toda la información se entrega en formato digital y se representa en los planos del proyecto donde proceda.

3.1.6. **CONFECCIÓN DEL MODELO DIGITAL DEL TERRENO**

Para la realización del Modelo Digital del Terreno (MDT), se ha partido de los datos obtenidos de la restitución fotogramétrica, confeccionándose un Modelo Digital de Terreno con una Red irregular de triángulos TIN (Triangulated Irregular Network) a partir de las curvas de nivel de la cartografía, puntos de cota y de las líneas de rotura.

3.2. **TRABAJOS TAQUIMÉTRICOS**

Se han realizado levantamientos taquimétricos en todos los trabajos que debido a sus exigencias métricas no sean susceptibles de realizarse por fotogrametría (levantamientos de detalle a escalas 1/200 y 1/500), y/o en las zonas que por no existir vuelo, o por no ser perfectamente visible en el vuelo o correspondan con puntos de interés. En particular se han realizado levantamientos de la implantación de la Balsa de Tudela.

4. **BATIMETRÍA**

Para definir los cruces del río Aragón y Ebro ha sido necesario realizar trabajos batimétricos. Estos trabajos fueron contratados a la empresa GAROA, siendo realizados en el mes de junio de 2021.

Los trabajos incluyeron:

- Desplazamiento de un equipo de Batimetría completo compuesto por: Embarcación neumática con motor fuera borda, Ecosonda marca Navisound 100, Equipo GPS RTK marca Leica 1200, Pc para navegación y accesorios.
- Toma de datos de fondo.

- Realización de los trabajos de gabinete necesarios para la obtención del plano y MDT continuo del fondo del río. Curvado cada 0,5 metros.
- Cálculo en el sistema de coordenadas solicitado. Por defecto UTM ETRS89 referido a la REDNAP. Enlazando coordenadas con la Red de Geodesia Activa de Navarra.
- Desinfección de la embarcación. La solicitud de permisos de navegación no es necesaria ya que contamos con los mismos de otros trabajos realizados este mismo año para el Gobierno de Navarra.

El detalle de los trabajos batimétricos queda representado en los planos del presente proyecto y en el Apéndice 2.2.

5. APÉNDICE 2.1 MEMORIA DE TRABAJOS CARTOGRÁFICOS

6. APÉNDICE 2.2.: MEMORIA DE TRABAJOS BATIMÉTRICOS