

NOTA DE SERVICIO 1/2025 SGPyO

Prescripciones técnicas relativas a la obtención de cartografía y la realización de trabajos topográficos en anteproyectos, proyectos de trazado y construcción de la Dirección General de Carreteras

La "Nota de Servicio 2/2010 SGP, sobre la Cartografía a incluir en los Proyectos de la Dirección General de Carreteras" ha constituido la referencia fundamental en base a la cual se han confeccionado la cartografía y la topografía de los proyectos de la Dirección General de Carreteras. Su invocación en los Pliegos de Prescripciones Técnicas Particulares de los contratos de servicios de redacción y de supervisión de proyectos, le ha conferido un carácter contractual, y en consecuencia de obligado cumplimiento. Su aplicación ha ayudado a disponer de una cartografía confeccionada con rigor, y ha posibilitado homogeneizar los criterios a considerar para todos los proyectos de trazado y construcción de esta Dirección General. Igualmente, describe con precisión el alcance, métodos de trabajo y precisión requerida para los trabajos de topografía.

Contar con una base cartográfica y topográfica veraz resulta absolutamente crítico, ya que de la misma dependen aspectos tan importantes en un proyecto de carreteras como la calidad de la geometría proyectada en planta y alzado, el volumen asociado al movimiento de tierras, la competencia del encaje geométrico de las estructuras y obras drenaje, la superficie a expropiar, el replanteo de la obra durante su ejecución, etc.

El tiempo transcurrido desde la aprobación de la NS 2/2010 ha hecho necesario proceder a su actualización, adaptando su contenido a las nuevas técnicas disponibles y a la experiencia adquirida a lo largo de los últimos años. Por tanto, no solo se ha actualizado el contenido que ya tenía dicha nota de servicio, sino que además se ha ampliado su alcance, incluyendo criterios en el uso de tecnologías tan relevantes como los siguientes:



- Vuelos empleando vehículos aéreos no tripulados (VANT).
- Sensores LIDAR en aviones o vehículos aéreos no tripulados.
- Barrido de láser escáner terrestre.
- Actualización de las precisiones en trabajos de Aerotriangulación.
- Actualización de metodologías de trabajo aceptables con GNSS.
- Metodologías de trabajo a seguir con técnicas de Mobile Mapping System.
- Actualización de metodologías de trabajo a seguir para la generación de ortofotografías digitales.
- Actualización de los criterios de supervisión y aceptación de los trabajos de cartografía y topografía suministrados a la Dirección General de Carreteras.

La presente "NS 1/2025 SGPyO "Prescripciones técnicas relativas a la obtención de cartografía y la realización de trabajos topográficos en anteproyectos, proyectos de trazado y construcción de la Dirección General de Carreteras" se complementa con el contenido de la "NS 3/024 SGPyE. Prescripciones técnicas de cartografía y topografía para la redacción de estudios informativos", siendo de aplicación el contenido de esta última en la redacción de los proyectos de trazado y construcción en aquellos aspectos no recogidos en la presente nota de servicio.

Este documento ha sido elaborado por:

D. Juan Antonio Martínez Ripoll, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Iván Leivas Montero, Ingeniero en Geodesia y Cartografía

Ha contado con la revisión por parte de los siguientes técnicos de la Dirección General de Carreteras:

D. Miguel González Fabre, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

D. Joaquín Moraleda Palmero, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Asimismo, los comentarios y aportaciones formulados por el Instituto Geográfico Nacional, la Subdirección General de Conservación y Gestión de Activos, y por la Subdirección General de Sostenibilidad e Innovación han enriquecido la versión final del documento.

Ha sido aprobado por D. Fernando Pedraza Majarrez, Subdirector General de Proyectos y Obras de la Dirección General de Carreteras en abril de 2025.



ÍNDICE

ABREVIATURAS EMPLEADAS.....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. IMÁGENES FOTOGRAMÉTRICAS OBTENIDAS DE UN VUELO PARA LA REALIZACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA	9
2.1. Vuelo. Descripción.....	9
2.2. Vuelo realizado con aviones	9
2.2.1. Condiciones del avión	9
2.2.2. Condiciones de las cámaras fotogramétricas.....	9
2.2.3. Especificaciones del sistema GNSS e IMU/INS.....	10
2.2.4. Calibración de la cámara.....	11
2.2.5. Líneas de vuelo	11
2.2.6. Recubrimientos fotográficos.....	11
2.2.7. Condiciones meteorológicas.....	12
2.2.8. Escala del vuelo	12
2.2.9. Verticalidad	12
2.2.10. Informe de vuelo.....	12
2.2.11. Formato e información complementaria.....	13
2.3. Vuelos realizados con VANT	13
2.3.1. Condiciones de las cámaras a instalar en un VANT.....	14
2.3.2. Especificaciones del sistema GNSS e IMU/INS.....	14
2.3.3. Calibración de la cámara.....	15
2.3.4. Líneas de vuelo	15
2.3.5. Recubrimientos fotográficos.....	15
2.3.6. Condiciones meteorológicas.....	16
2.3.7. Escala del vuelo	16
2.3.8. Verticalidad	16
2.3.9. Informe de vuelo.....	16
2.3.10. Formato e información complementaria.....	17
2.4. Gráficos de vuelo.....	17
2.4.1. Contenido	17
2.4.2. Escala y formato	17
2.5. Documentos a entregar del vuelo	18
3. OTROS SENSORES AEROTRANSPORTADOS: LIDAR	19
3.1. Generalidades.....	19
3.2. LIDAR desde avión	20
3.3. LIDAR desde un VANT.....	21
3.4. Documentos a entregar de los trabajos LIDAR	22
4. TRABAJOS DE TOPOGRAFÍA DE CAMPO PARA LA OBTENCIÓN DE CARTOGRAFÍA	23
4.1. Generalidades.....	23
4.2. Sistema Geodésico y de coordenadas de referencia.....	23
4.3. Metodologías de trabajo para la formación de la Red Básica	23
4.3.1. Definición y materialización de la Red Básica	24
4.3.2. Enlace del marco de referencia del proyecto al Sistema de Referencia de Coordenadas ETRS89 o REGCAN95.....	25
4.3.3. Observación planimétrica de la Red Básica por metodología GNSS	26
4.3.4. Enlace con la REDNAP.....	27
4.3.5. Observación altimétrica de la Red Básica	28
4.3.6. Enlace con elementos ya existentes que afecten al proyecto en curso.....	28
4.4. Trabajos de apoyo de campo.....	29
4.4.1. Apoyo de campo continuo.....	30
4.4.2. Apoyo de campo para aerotriangulación de vuelos convencionales.....	30
4.4.3. Apoyo de campo para aerotriangulación de vuelos mediante VANT.....	31



4.4.4. Metodología de observación de los puntos de apoyo	31
4.5. Aerotriangulación	32
4.6. Documentos a entregar de la Red Básica y del apoyo de campo.....	33
4.6.1. Red Básica	33
4.6.2. Apoyo de campo	34
4.6.2.1. Apoyo de campo continuo	34
4.6.2.2. Apoyo de campo con aerotriangulación	35
5. RESTITUCIÓN.....	36
5.1. Descripción	36
5.2. Sistema de coordenadas.	37
5.3. Precisión en puntos bien definidos en planimetría.....	37
5.4. Precisión en puntos bien definidos en altimetría	38
5.5. Precisión de las curvas de nivel	38
5.6. Toponimia mínima a incluir en los planos.....	38
5.7. Documentos a entregar de la cartografía realizada	39
6. ORTOFOTOGRAFÍA DIGITAL.....	40
6.1. Descripción	40
6.2. Confección del Modelo Digital del Terreno	40
6.3. Ortorectificación	40
6.4. Ajuste radiométrico y formación del mosaico	41
6.5. Control de calidad.....	41
6.6. Realización de fotoplanos	42
6.7. Toponimia mínima a incluir en las ortofotos y los fotoplanos realizados.....	42
6.8. Sistema de coordenadas de los fotoplanos.....	43
6.9. Documentación a entregar de las ortofotografías.....	44
7. TRABAJOS TOPOGRÁFICOS DE CAMPO ADICIONALES PARA COMPLETAR LA CARTOGRAFÍA	45
7.1. Densificación de las redes existentes. Bases auxiliares	47
7.2. Metodología de levantamientos topográficos con estación total.....	47
7.3. Metodología de levantamientos topográficos con técnicas GNSS.....	48
7.4. Metodología de levantamientos topográficos con Láser Escáner Terrestre.....	48
7.4.1. Generalidades.....	48
7.4.2. Levantamientos topográficos con Láser Escáner Terrestre en posiciones fijas	49
7.4.3. Levantamientos topográficos con Láser Escáner Terrestre con tecnología SLAM.....	50
7.4.4. Especificaciones para el cálculo de las nubes de puntos obtenidas con tecnología Láser Escáner	50
7.4.5. Ficheros a entregar de los levantamientos realizados con Láser Escáner	51
7.5. Metodología de levantamientos con Mobile Mapping System	51
7.6. Documentos a entregar de los trabajos topográficos.....	53
7.6.1. Levantamientos taquimétricos con estación total y GNSS:.....	53
7.6.2. Levantamientos taquimétricos con Laser Escáner Terrestre:.....	53
7.6.3. Levantamientos topográficos con Mobile Mapping System (MMS):	53
8. TRABAJOS DE REPLANTEO EN CAMPO.....	55
8.1. Red de Bases de Replanteo	55
8.1.1. Observación planimétrica de las Bases de Replanteo.....	55
8.1.2. Observación altimétrica de las Bases de Replanteo	57
8.2. Replanteo de los ejes y obtención de los perfiles longitudinales.....	57
8.3. Obtención de perfiles transversales.....	58
8.4. Documentos a entregar de los trabajos de replanteo	59
8.4.1. Bases de Replanteo	59
8.4.2. Replanteo de los ejes y perfiles longitudinales	61
8.4.3. Perfiles transversales.....	61





ANEXO 1 MODELO DE RESEÑAS	62
Reseña de los Vértice de la Red Básica.....	62
Reseña de los Vértice de la Red Auxiliar	63
Reseña de los clavos auxiliares de Nivelación.....	64
Reseña de Punto de Apoyo.....	65
Reseña de las Bases de Replanteo	66
ANEXO 2 EJEMPLO DE LISTADO DE CÓDIGOS UTILIZADOS.....	67

FIRMADO por: JUAN FERNANDO PEDRAZO MAJARREZ. A fecha: 23/04/2025 05:40 PM
Total folios: 75 (5 de 75) - Código Seguro de Verificación: MFOM028FDC4EE37F574E1D19F1B. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



ABREVIATURAS EMPLEADAS

- AGL: Above Ground Level (altura de vuelo sobre el terreno).
- ASCII: American Standard Code for Information Interchange (código estándar para el intercambio de información).
- BTN: Base Topográfica Nacional.
- CAD: Computer-Aided Desing (herramienta de software para el diseño asistido por ordenador).
- CNIG: Centro Nacional de Información Geográfica.
- DXF: Drawing Exchange Format (formato de fichero de intercambio de dibujos).
- ECW: Enhanced Compressed Wavelet (formato de archivo para imágenes ráster).
- ED50: European Datum 1950 (sistema de referencia oficial de la Península y Baleares hasta 2008).
- ETRS89: European Terrestrial Referencia System 1989 (Sistema de referencia terrestre europeo 1989).
- ERGNSS: Red de Estaciones de Referencia GNSS del Instituto Geográfico Nacional.
- FMC: Forward Motion Compensation (mecanismo compensador del desplazamiento del avión en la imagen).
- FLOU: perdida de nitidez o definición de la foto por empañamiento de la lente o filtro en una cámara.
- FOV: Field Of View (campo de visión que define la distancia y el ángulo que el sensor puede detectar).
- GCP: Ground Control Point (puntos de control terrestres). A partir de su posicionamiento conocido aseguran la precisión geoespacial de los datos capturados.
- GeoPDF: Fichero PDF georreferenciado.
- GEOTIFF: Formato de archivo de imagen que se basa en la especificación TIFF 6.0 que añade geoetiquetas de georreferenciación.
- GNSS: Global Navigation Satellite System (Sistema de navegación global por satélite). GPS constituye una constelación de satélites específica, entre otras.
- GPRS: General Packet Radio Service (Servicio general de paquetes vía radio).
- GSD: Ground Sample Distance (tamaño aproximado que representa un píxel en el terreno).
- IGN: Instituto Geográfico Nacional.
- IGR-RT: Información Geográfica de Referencia de Redes de Transporte del IGN.
- IMU/INS: Inertial Measurement Unit/ Inertial Navigation System (unidad de media inercial/sistema de navegación inercial).





Dirección General de Carreteras

- LAS: Formato de fichero para el intercambio de datos de nubes de puntos.
- LAZ: Formato comprimido del fichero anterior, para el intercambio de datos de nubes de puntos.
- LIDAR: Laser Imaging Detection and Ranging (sistema de medición y detección de objetos por láser).
- MDE: Modelo Digital de Elevaciones.
- MDS: Modelo Digital de Superficies.
- MDT: Modelo Digital de Terreno.
- MMS: Mobile Mapping System (sistema de mapeo móvil).
- MTN25: Mapa Topográfico Nacional 1:25.000.
- Multipath: Efecto que se produce cuando la señal de un satélite llega al receptor a través de múltiples trayectorias debido a la reflexión y difracción en objetos cercanos.
- PANSARPENING: Es un proceso de fusión de imágenes pancromáticas de alta resolución y multiespectrales de menor resolución para crear una única imagen en color de alta resolución.
- PC: Check Point (puntos de control) puntos utilizados para verificar la precisión del modelo.
- PDOP: Position (3D) Dilution Of Precisión (indicador adimensional de posición por los satélites).
- PNOA: Plan Nacional de Ortofotografía Aérea.
- PPK: Post Processing Kinematic (sistema de posicionamiento cinemático por GNSS no calculado en tiempo real).
- Red REGENTE: Red Geodésica Nacional por Técnicas Espaciales.
- REDNAP: Red Española de Nivelación de Alta Precisión.
- REGCAN95: Red Geodésica Nacional por técnicas espaciales Canarias 1995.
- RTK: Real Time Kinematic (sistema de posicionamiento cinemático por GNSS en tiempo real).
- SIOSE: Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España.
- SLAM: Simultaneous Localization And Mapping (técnica de localización y mapeo simultáneos).
- TIFF: Tagged Image File Format (formato de fichero de imagen con etiquetas)
- TIN: Triangulated Irregular Network (Red Irregular de Triángulos).
- TDI: Time Delay Integration (dispositivo para capturar imágenes desde aviones en movimiento a baja altura para evitar imágenes movidas).
- TOC: tabla oficial de códigos.
- UTM: Universal Transverse Mercator (sistema de coordenadas universal trasversal de Mercator).
- VANT: Vehículo Aéreo No Tripulado.
- WGS84: World Geodetic System 1984 (sistema geodésico mundial 1984).

FIRMADO

FIRMADO por: JUAN FERNANDO PEDRAZO MAJARREZ. A fecha: 23/04/2025 05:40 PM
Total folios: 75 (7 de 75) - Código Seguro de Verificación: MF0M028FDC4EE37F574E1D19F1B. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se desarrollan las prescripciones técnicas que deben cumplir los trabajos vinculados a la obtención de la cartografía y los trabajos de replanteo en campo en los proyectos de trazado y construcción de carreteras que se realicen para la Dirección General de Carreteras (en adelante, la D.G.C.). Excepcionalmente, se podrán admitir cambios en las técnicas y especificaciones indicadas en este documento, siempre que sean aprobados por el Director del proyecto y cuenten con el visto bueno de la Oficina de Supervisión.

Como norma general, el Consultor que resulte adjudicatario de un contrato de prestación de servicios para la redacción de un proyecto de carreteras para la D.G.C., estará obligado a:

- La realización de una cartografía y fotoplanos a escala 1:1.000, con equidistancia de curvas de nivel de 1,0 m, en una zona lo suficientemente amplia a ambos lados del eje del proyecto para que proporcione una idea completa del terreno circundante. No obstante, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares que regula el contrato de redacción del proyecto puede establecer la obligación de realizar una cartografía a escala 1:500, con equidistancia de curvas de nivel de 0,5 m. En caso de realización de cartografía en zonas donde la vegetación oculte el terreno natural, el Consultor estará obligado a utilizar tecnología LIDAR si el Director del proyecto así lo indicara. Para la realización de estos trabajos de obtención de cartografía y fotoplanos se seguirán los puntos 2, 3, 4, 5 y 6 de este documento.
- La implantación de Bases de Replanteo en la zona del proyecto, de acuerdo con el punto 8.1 de este documento.
- La realización de levantamientos topográficos de detalle a escala 1:200 ó 1:500 en las zonas del proyecto donde se vayan a emplazar obras de drenaje, estructuras, bocas de túnel o cualquier elemento singular del proyecto, de acuerdo con el apartado 7 de este documento.
- La realización de levantamientos de perfiles longitudinales y transversales en las zonas en que deba actuarse en las conexiones con vías existentes, toma de datos de elementos como edificaciones, carreteras, túneles, caminos, obras de drenaje, servicios, etc. que interfieran en el proyecto, así como la obtención de coordenadas de los trabajos geotécnicos de campo. Para estas tareas se tendrá en cuenta el apartado 7 de este documento.
- El replanteo y estaquillado cada 20 m de los ejes de tronco y ramales de enlace, obteniendo el perfil longitudinal, así como la obtención de perfiles transversales en estos puntos replanteados, para lo que se tendrá en cuenta el contenido de los apartados 8.2 y 8.3 de estas prescripciones.



2. IMÁGENES FOTOGRAMÉTRICAS OBTENIDAS DE UN VUELO PARA LA REALIZACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA

2.1. Vuelo. Descripción

El presente apartado hace referencia a los trabajos de cobertura fotográfica estereoscópica con cámara calibrada con diferente resolución, en función de la escala de la cartografía final a obtener y sus requisitos de precisión planimétrica y altimétrica. Se empleará, por tanto, el tamaño de píxel a escala de suelo GSD (Ground Sample Distance) como elemento fundamental para definir las características del vuelo:

- Para la realización de cartografía a escala 1:1.000 con equidistancias de curvas de nivel de 1,0 m se usará un vuelo de GSD 10 cm (o menor).
- Para la realización de cartografía a escala 1:500 con equidistancias de curvas de nivel de 0,5 m se usará un vuelo de GSD 7 cm (o menor).

2.2. Vuelo realizado con aviones

2.2.1. Condiciones del avión

Los vuelos se realizarán con aviones adecuados a su uso para la obtención de imágenes utilizables con fines fotogramétricos, en función del GSD solicitado para la escala de la cartografía a realizar, según se ha definido en el punto anterior, y que debe cumplir con todos los requisitos de mantenimiento y permisos de vuelo exigidos por los organismos competentes.

Desde el punto de vista técnico las características solicitadas a los aviones para la realización de vuelos fotogramétricos son:

- Para conseguir la estabilidad necesaria para la correcta realización de los vuelos, se utilizarán aviones bimotores.
- La cámara se montará de tal modo que se atenúen los efectos de las vibraciones del avión, y que los tubos de escape no empañen sus lentes.
- La velocidad del avión deberá ser tal que, combinada con el tiempo de exposición, asegure un error de arrastre en la imagen inferior a una centésima de milímetro (0,01 mm).
- Los desplazamientos de imagen debidos al movimiento de la cámara durante la exposición no deberán exceder de 25 micras, siendo necesario la utilización de un mecanismo que lo garantice.

2.2.2. Condiciones de las cámaras fotogramétricas

Las fotografías se obtendrán mediante una cámara fotogramétrica digital calibrada, cuyas condiciones mínimas se indican a continuación:





- El sensor pancromático de la cámara deberá tener una resolución de al menos 7.500 columnas y 15.000 filas, y los sensores multiespectrales una resolución mínima como máximo 5 veces inferior.
- Resolución radiométrica del sensor de al menos 12 bits por banda.
- El campo de visión transversal será mayor de 50° y menor de 80° sexagesimales.
- La resolución espectral del sensor será:
 - 1 banda situada en el pancromático.
 - 4 bandas situadas en azul, verde, rojo e infrarrojo cercano.
- Control de exposición automático.
- Deberá estar provista de un sistema de navegación y adquisición de datos soportados por sistema GNSS en modo cinemático, con el fin de proporcionar datos espaciales. Este sistema debe garantizar:
 - Navegación de alta precisión.
 - Posibilidad de tomas fotográficas en coordenadas predeterminadas.
 - Cálculo automático de la deriva, velocidad y altura.
 - Registro automático de las posiciones de cada fotograma.
- Deberá estar provista de un sistema de medida inercial IMU/INS (Inertial Measurement Unit/ Inertial Navigation System).
- La cámara deberá estar montada sobre plataforma giroestabilizada que permita mantener su verticalidad.
- La cámara estará dotada de un mecanismo compensador del desplazamiento del avión (FMC), admitiéndose también el método de la compensación del avance del avión por medio de TDI (Time Delay Integration).

2.2.3. Especificaciones del sistema GNSS e IMU/INS

El sistema GNSS e IMU/INS (Inertial Measurement Unit/ Inertial Navigation System) utilizado podrá recibir en sus canales las portadoras de fase L1 y L2, y sus correspondientes códigos. Tendrá un mínimo de 12 canales de seguimiento continuo. Deberá reconstruir la portadora L2 de forma completa, y que cumpla como mínimo las siguientes características:

- La máscara de elevación estará fijada en un mínimo de 5° sexagesimales de altura.
- El indicador de precisión por la posición de los satélites (PDOP) será inferior a 5 para garantizar la precisión en la navegación.
- La antena de alta calidad estará instalada en el exterior del avión en un lugar que asegure la recepción continua de la señal de los satélites y esté libre de



interferencias de otros equipos del avión y de efectos “multipath” o multitrayectoria.

- La unidad de medición del sistema inercial compuesta por giróscopos y acelerómetros debe ir alojada sobre el eje de la cámara en el lugar establecido por el fabricante de la misma.
- La deriva debe ser menor a $0,1^\circ$ sexagesimales/hora.
- La frecuencia de datos de registro debe ser > 200 Hz.
- El sistema GNSS e IMU/INS registrará la posición y orientación de la cámara en el momento del disparo.

2.2.4. Calibración de la cámara

La cámara a emplear habrá sido calibrada a una temperatura que no exceda de veinte grados Celsius (20°C) de la que existirá durante la realización del vuelo.

El Consultor estará obligado a suministrar el certificado de calibración de la cámara emitido por el fabricante o centro autorizado por él y con antigüedad inferior a dos años. La cámara habrá sido calibrada con los filtros utilizados en la ejecución del trabajo.

2.2.5. Líneas de vuelo

Las áreas a fotografiar serán cubiertas por una o varias pasadas paralelas, entendiéndose por tales aquéllas cuyos ejes presenten desviaciones relativas inferiores a cinco grados centesimales (5^g).

Cada una de dichas pasadas estará compuesta única y exclusivamente de tramos rectos, en los cuales se verificará que el ángulo en el punto principal de cada fotograma, obtenido 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^g a 205^g).

Las líneas de vuelo se proyectarán de forma que quede asegurada la cobertura estereoscópica del total de la zona. Todas las pasadas corresponderán a vuelos ininterrumpidos, y los últimos fotogramas de cada tramo recto se superpondrán a los primeros del tramo siguiente.

En caso de ser necesario interrumpir una pasada, al reanudarla la nueva pasada solapará al menos tres fotogramas con la interrumpida.

2.2.6. Recubrimientos fotográficos

Los recubrimientos, con un margen de error de \pm cinco por ciento ($\pm 5\%$), serán los siguientes:

- Longitudinal: Sesenta por ciento (60 %).
- Transversal: Treinta por ciento (30 %).





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

2.2.7. Condiciones meteorológicas

Los vuelos se realizarán cuando el cielo esté despejado, de modo que puedan obtenerse imágenes bien definidas, y el terreno a fotografiar ofrezca una situación normal, sin nieve o zonas inundadas. A título de orientación:

- Entre el 1 de marzo y el 30 de septiembre, solamente se tomarán fotografías durante la parte del día en la que el ángulo solar sea superior a cuarenta grados centesimales (40^º), medidos a partir del mediodía solar verdadero. En los meses restantes y, salvo autorización expresa del Director del proyecto, dicho ángulo quedará reducido a treinta y cinco grados centesimales (35^º).
- No se obtendrán fotografías cuando el terreno aparezca oscurecido por niebla, bruma, humo o polvo, o cuando las nubes o sus sombras puedan ocupar más del cinco por ciento (5 %) de la superficie del fotograma.
- Los fotogramas no presentarán zonas borrosas ocasionadas por condensaciones o empañamientos del objetivo ocasionados por descensos rápidos (FLOU) u otras condiciones meteorológicas.

2.2.8. Escala del vuelo

La altura del vuelo quedará definida por las características de la cámara que se utilice y el GSD solicitado a las imágenes a realizar, de tal forma que se cumpla:

- El tamaño del píxel medio para toda la pasada a escala de suelo (GSD) será el solicitado \pm el diez por ciento (10 %).
- No habrá más de un diez por ciento (10 %) de fotogramas en cada pasada con píxel medio del fotograma a escala de suelo (GSD) superior al solicitado para la escala de referencia \pm el diez por ciento (10 %).

Siendo los GSD solicitados (como se ha indicado en 2.1):

- Para cartografía 1:1.000 un GSD de 10 cm o menor.
- Para cartografía 1:500 un GSD de 7 cm o menor.

2.2.9. Verticalidad

La inclinación de cada fotograma será inferior a cuatro grados centesimales (4^º).

2.2.10. Informe de vuelo

Se presentará un informe completo de los vuelos realizados en el que, además de las observaciones que se estime pertinente incluir, se reseñarán los siguientes extremos:

- Condiciones meteorológicas.
- Fecha del vuelo.



Dirección General de Carreteras

- Altura del vuelo.
- Hora de comienzo y término de la toma de fotografías.
- Descripción e identificación de las cámaras empleadas.
- Número de los fotogramas obtenidos.

2.2.11. Formato e información complementaria

Una vez procesadas las imágenes recogidas por la cámara, el formato de los fotogramas será TIFF (Tagged Image File Format) sin compresión, con máxima resolución geométrica después del proceso de generación de imágenes multispectrales de alta resolución, partiendo de la imagen pancromática de alta resolución y de las imágenes multispectrales de baja resolución (pansharpening) y con profundidad de color de 8 bits por banda.

También se entregará una versión de cada fotograma, a plena resolución, comprimido en formato ECW (Enhanced Compressed Wavelet).

En un fichero en formato ASCII se entregará para cada fotograma la siguiente información:

- Número de referencia del trabajo.
- Pasada.
- Número del fotograma.
- Fecha y hora GNSS de la toma (Marca de Evento).
- Coordenadas X Y del centro de proyección en UTM ETRS89.
- Altura elipsoidal y altura ortométrica del centro de proyección.
- Ficheros de Giros (Omega, Phi y Kappa).
- Desviaciones estándar a priori en coordenadas y giros.

2.3. Vuelos realizados con VANT

Los VANT (Vehículos Aéreos No Tripulados) permiten la instalación a bordo de diferentes tipos de sensores, incluyéndose entre los mismos las cámaras aéreas que pueden utilizarse para realizar restituciones estereoscópicas.

Un caso particular de aeronaves son los helicópteros, que no siendo VANT tienen características de su vuelo con importantes similitudes, por ser una aeronave que se sustenta y vuela con tecnología de rotores. De igual forma, los helicópteros con los que se están realizando vuelos fotogramétricos no utilizan plataformas giroestabilizadas. Por estos motivos todas las prescripciones técnicas que se describen para los vuelos VANT serán de aplicación para los vuelos realizados con helicóptero.

Se definen a continuación las especificaciones requeridas para realizar vuelos con VANT.



2.3.1. Condiciones de las cámaras a instalar en un VANT

Para su utilización se solicitan especificaciones similares a las requeridas para las cámaras fotogramétricas montadas en avión, excepto el tamaño de la imagen que puede ser muy variable en función del equipo usado, pero que como mínimo será de 18 Megapíxeles, y la utilización de plataforma giroestabilizada, que será sustituido por un sistema para compensación del cabeceo, alabeo y amortiguador de guiñada (pitch, Dutch roll y Yaw damper) que son detectados por la unidad IMU/INS.

En el informe del vuelo deberá indicarse detalladamente la marca, modelo y el sistema de estabilización de la cámara que se utiliza, aunque en cualquier caso deberá cumplirse:

- Resolución radiométrica del sensor de al menos 8 bits por banda.
- El campo de visión transversal será mayor de 50° y menor de 80° sexagesimales.
- La resolución espectral del sensor será de 3 bandas incluyéndose preferentemente una cuarta banda de infrarrojo.
- Control de exposición automático.
- Como ya se ha comentado, deberá estar provista de un sistema de navegación y adquisición de datos soportado por sistema GNSS e IMU/INS (Inertial Measurement Unit/ Inertial Navigation System), con el fin de proporcionar datos espaciales que puedan corregir la posición de la cámara en tiempo real. Este sistema debe garantizar:
 - Navegación de alta precisión.
 - Posibilidad de tomas fotográficas en coordenadas predeterminadas.
 - Corrección automatiza de las posiciones de cada fotograma.
- En caso de utilizarse un VANT de ala fija, la cámara además estará dotada de un mecanismo compensador del desplazamiento de la aeronave (FMC), admitiéndose también el método de la compensación del avance de la aeronave por medio de TDI (Time Delay Integration).

2.3.2. Especificaciones del sistema GNSS e IMU/INS

Para cualquier trabajo realizado con un VANT, al comienzo de cada sesión de trabajo, es fundamental seguir rigurosamente los procesos de calibración e inicialización requeridos por el fabricante tanto de los sensores como del software usado para el sistema GNSS e IMU/INS (Inertial Measurement Unit/ Inertial Navigation System).

El sistema GNSS e IMU/INS utilizado podrá recibir en sus canales las portadoras de fase L1 y L2, y sus correspondientes códigos. Tendrá un mínimo de 12 canales de seguimiento continuo. Deberá reconstruir la portadora L2 de forma completa, y que cumpla como mínimo las siguientes características:

- La máscara de elevación estará fijada en 5° sexagesimales de altura.





- El indicador de precisión por la posición de los satélites (PDOP) será inferior a 5 para garantizar la precisión en la navegación.
- Frecuencia de actualización de IMU: 200 Hz.
- Rango de acelerómetro: ± 8 g.
- Precisión de guiñada en tiempo real: $0,3^\circ$ sexagesimales.
- Precisión de cabeceo / balanceo: Tiempo real: $0,05^\circ$ sexagesimales.
- Sistema estabilizado en los 3 ejes (inclinación, balanceo, giro).
- La unidad de medición del sistema inercial compuesta por giróscopos y acelerómetros debe ir alojada en el lugar establecido por el fabricante de la misma.
- El sistema GNSS e IMU/INS registrará la posición y orientación de la cámara en el momento del disparo.

2.3.3. Calibración de la cámara

La cámara que porte el VANT deberá estar correctamente calibrada de acuerdo con las especificaciones técnicas del fabricante de cada cámara.

Para cualquier trabajo realizado con un VANT, al comienzo de cada sesión de trabajo es fundamental seguir rigurosamente los procesos de calibración e inicialización requeridos por el fabricante, tanto del VANT como del software de planificación del vuelo y del control.

2.3.4. Líneas de vuelo

Las áreas a fotografiar serán cubiertas por una o varias pasadas paralelas, entendiéndose por tales aquéllas cuyos ejes presenten desviaciones relativas inferiores a cinco grados centesimales ($5^{\text{º}}$ centesimales).

Las líneas de vuelo se proyectarán de forma que quede asegurada la cobertura estereoscópica del total de la zona. Todas las pasadas corresponderán a vuelos ininterrumpidos, y los últimos fotogramas de cada tramo recto se superpondrán a los primeros del tramo siguiente.

En caso de ser necesario interrumpir una pasada, al reanudarla la nueva pasada solapará al menos tres fotogramas con la pasada interrumpida.

2.3.5. Recubrimientos fotográficos

Los recubrimientos, con un margen de error de \pm cinco por ciento (± 5 %), serán los siguientes:

- Longitudinal: Ochenta por ciento (80 %).
- Transversal: Cuarenta por ciento (40 %).

Se considerará un exceso de área del 10 % para reducir el efecto borde. Siempre que exista un cambio de dirección en las líneas de vuelo o interrupción de pasada, el par estereoscópico que corresponda al principio de la nueva sección/sesión, se solapará totalmente (100 %) con los tres últimos pares de la pasada anterior.



2.3.6. Condiciones meteorológicas

Los vuelos se realizarán cuando se tengan condiciones meteorológicas adecuadas (especialmente sin viento), que permitan obtener imágenes bien definidas y el terreno a fotografiar ofrezca una situación normal, sin nieve o zonas inundadas. A título de orientación:

- Entre el 1 de marzo y el 30 de septiembre, solamente se tomarán fotografías durante la parte del día en la que el ángulo solar sea superior a cuarenta grados centesimales (40^g), medidos a partir del mediodía solar verdadero. En los meses restantes y, salvo autorización expresa del Director del proyecto, dicho ángulo quedará reducido a treinta y cinco grados centesimales (35^g).
- No se obtendrán fotografías cuando el terreno aparezca oscurecido por niebla, bruma, humo o polvo, o cuando las nubes o sus sombras puedan ocupar más del cinco por ciento (5 %) de la superficie del fotograma.

2.3.7. Escala del vuelo

La altura del vuelo quedará definida por las características de la cámara que se utilice y el GSD solicitado a las imágenes a realizar, de tal forma que se cumpla:

- El tamaño del píxel medio para toda la pasada a escala de suelo (GSD) será el solicitado \pm el quince por ciento (15 %).
- No habrá más de un diez por ciento (10 %) de fotogramas en cada pasada con píxel medio del fotograma a escala de suelo (GSD) superior al solicitado \pm el quince por ciento (15 %).

Siendo el GSD solicitado:

- Para cartografía 1:500 un GSD de 5 cm o menor.

2.3.8. Verticalidad

La inclinación de cada fotograma será inferior a cuatro grados centesimales (4^g).

2.3.9. Informe de vuelo

Se presentará un informe completo de los vuelos realizados, en el que además de las observaciones que se estime pertinente incluir, se reseñarán los siguientes extremos:

- Condiciones meteorológicas.
- Fecha del vuelo.
- Altura del vuelo.
- Hora de comienzo y término de la toma de fotografías.
- Descripción del tipo de VANT utilizado que incluya todas sus características técnicas.
- Datos de los sensores: cámara utilizada, GNSS y sistema IMU/INS.
- Número de los fotogramas obtenidos.





- Método de calibración/autocalibración utilizado y resultados obtenidos.

2.3.10. Formato e información complementaria

Una vez procesadas las imágenes recogidas por la cámara, el formato de los fotogramas será TIFF sin compresión, con máxima resolución geométrica después del proceso de generación de imágenes multispectrales de alta resolución, partiendo de la imagen pancromática de alta resolución y de las imágenes multispectrales de baja resolución (pansharpening) y con profundidad de color de 8 bits por banda.

También se entregará una versión de cada fotograma a plena resolución, comprimido en formato ECW (Enhanced Compressed Wavelet).

En un fichero en formato ASCII se entregará para cada fotograma la siguiente información:

- Número de referencia del trabajo.
- Pasada.
- Número del fotograma.
- Fecha y hora GNSS de la toma (Marca de Evento).
- Coordenadas X Y del centro de proyección en UTM ETRS89.
- Altura elipsoidal y altura ortométrica del centro de proyección.
- Ficheros de Giros (Omega, Phi y Kappa).
- Desviaciones estándar a priori en coordenadas y giros.

2.4. Gráficos de vuelo

2.4.1. Contenido

El Consultor proporcionará los gráficos necesarios para mostrar, esquemáticamente, la situación relativa de cada una de las fotografías obtenidas.

En dichos gráficos deberá aparecer la posición aproximada de los fotocentros de cada fotograma, y estarán numerados aquellos cuya situación coincida con un múltiplo de diez (10). Asimismo, se marcará el contorno de la zona que corresponda a cada imagen.

Además, en la representación de las fotografías que definan el principio y el final de cada línea de vuelo, se señalará el número de pasada y el número de la imagen correspondiente.

2.4.2. Escala y formato

Los gráficos se realizarán a escala 1:50.000 ó 1:25.000 sobre los mapas 1:50.000 ó 1:25.000 de la serie del Mapa Topográfico Nacional del IGN (Instituto Geográfico Nacional), dependiendo de la superficie del vuelo a representar, de tal manera que la situación de los fotogramas pueda apreciarse con claridad, e incluirán la designación del proyecto, la escala, la altura media de vuelo, la situación del Norte





del sistema de coordenadas, las hojas del Mapa Topográfico Nacional en que se encuentra y el nombre de la empresa que lo ha realizado.

2.5. Documentos a entregar del vuelo

La documentación mínima a entregar sobre el vuelo realizado será:

- Informe, con el contenido indicado en el apartado 2.2.10 ó 2.3.9.
- Metadatos de los fotocentros, con el contenido indicado en 2.2.11 ó 2.3.10.
- Imágenes digitales en formato GeoTIFF versión 6.0.
- Imágenes digitales en formato ECW.
- Datos de los fotocentros obtenidos del sistema mixto GNSS e IMU/INS.
- Gráfico de vuelo a escala 1:50.000 ó 1:25.000.
- Certificado de calibración o informe de autocalibración de la cámara y otros sensores integrados en ella que precisen calibración.



3. OTROS SENSORES AEROTRANSPORTADOS: LIDAR

3.1. Generalidades

En caso de realizarse la cartografía en zonas donde la vegetación oculte el terreno natural, el Director del proyecto podrá exigir al Consultor la realización de vuelos equipados con sensores con tecnología LIDAR (Light Detection and Ranging), resultado de la integración del GNSS con unidades de medición inercial y sensores láser. Esta técnica puede realizarse desde aeronaves convencionales y desde vehículos aéreos no tripulados (VANT), dependiendo de la escala de trabajo, superficie a levantar y las precisiones necesarias. Se deberá decidir la metodología a utilizar, si es desde avión o desde un VANT, con el objetivo de obtener datos con los que definir la superficie del terreno mediante un modelo digital de elevación (MDE), que puede ser un modelo digital del terreno (MDT) o un modelo digital de superficie (MDS). La tecnología LIDAR permite obtener datos muy fiables del terreno incluso en zonas con abundante vegetación, siempre y cuando se realice una correcta depuración de los puntos obtenidos.

De acuerdo con el comentario sobre los helicópteros del apartado "2.3 Vuelos realizados con VANT", en el caso de los sensores LIDAR instalados en helicópteros serán de aplicación las prescripciones técnicas para los vuelos LIDAR realizados con VANT.

Para cualquier trabajo realizado con un sistema LIDAR, al comienzo de cada sesión de trabajo, es fundamental seguir rigurosamente los procesos de calibración e inicialización requeridos por el fabricante tanto de los sensores, como del software usado.

Al planificar el vuelo LIDAR se tendrán en cuenta las normas de seguridad ocular vigentes, ajustando la potencia del láser a la altura de vuelo planificada.

Las necesidades de la nube de puntos a obtener deben ser estudiadas cuidadosamente para definir el número de puntos/metro cuadrado a obtener, así como para definir las características del equipo a utilizar y la planificación del trabajo (tipo de sensor, altura de vuelo, recubrimientos entre líneas de vuelo, etc.).

Para poder realizar los cálculos en post proceso que permitan ajustar las nubes de puntos con mayor precisión al terreno, se darán puntos de apoyo y control preseñalizados con la misma distribución y requisitos que los especificados en el apartado "4.4. Trabajos de apoyo de campo", de forma análoga a la indicada para los vuelos fotogramétricos, ya sean realizados desde avión o desde VANT.

Es importante reseñar que los levantamientos de nubes de puntos no pueden ser un sustituto de la cartografía convencional, puesto que no proporcionan datos planimétricos de la zona levantada, tan solo datos altimétricos que permiten la obtención de un MDT. No es posible, mediante el uso de tecnología LIDAR en exclusiva, representar de una forma precisa y directa las denominadas "líneas de rotura" (conocidas como "Breaklines" en inglés), que son las líneas que constituyen la representación de los elementos planimétricos lineales y superficiales (polígonos) que se incluyen en la cartografía (bordes de calzadas, carriles, barreras, cabezas y pies de taludes, vaguadas, edificaciones, etc.), así como los elementos de representación puntual (postes, torres, registros, etc.). Incluso aunque las nubes de



puntos estén coloreadas a partir de imágenes, los elementos planimétricos lineales, superficiales o puntuales a representar no tienen por qué coincidir con puntos de la nube. Por tanto, para obtener la planimetría es necesario realizar una vectorización en 3D de los elementos lineales, superficiales y puntuales que conforman la planimetría de la cartografía, a partir de la información proporcionada por la nube de puntos y las imágenes obtenidas, y que cumpla las precisiones de tolerancias exigidas a la planimetría del proyecto.

Igualmente es importante recordar que la nube de puntos entregada como resultado de los trabajos debe estar en el sistema oficial de referencia que se detalla en el apartado "4.2 Sistema Geodésico y de coordenadas de referencia", especialmente para evitar errores altimétricos, ya que la altura de los puntos debe tener sus alturas ortométricas referidas a la Red NAP y no a alturas elipsoidales.

3.2. LIDAR desde avión

Los datos LIDAR obtenidos con un sensor instalado en un avión deben tomarse teniendo en cuenta las siguientes especificaciones mínimas:

- El sensor utilizado deberá cumplir los requisitos solicitados para la realización del trabajo de acuerdo con lo indicado en las presentes prescripciones.
- Deberá disponer de sistema de navegación GNSS e inercial (IMU/INS) propio. Este sistema deberá garantizar la calidad final de la nube de puntos que se obtenga, siendo similar al descrito para las cámaras fotogramétricas montadas en avión.
- El equipo GNSS será de doble frecuencia de al menos 2 Hz con capacidad de recepción como mínimo de las constelaciones GNSS, GLONASS y GALILEO.
- Para el cálculo en postproceso se utilizarán las estaciones fijas de referencia GNSS del IGN o Comunidades Autónomas que se encuentren a una distancia inferior a 40 km. En el caso de necesitarse la instalación de más estaciones de referencia, o el uso de estaciones privadas, éstas tendrán que enlazarse a la Red REGENTE o ERGNSS del IGN, Comunidades Autónomas o la red propia del proyecto si ya está confeccionada.
- El equipo IMU/INS deberá tener una capacidad de registro de datos ≥ 200 Hz, y una deriva $\leq 0,1^\circ$ / hora.
- El sensor debe estar montado sobre plataforma giroestabilizada que permita mantener su verticalidad, o un sistema para compensación del cabeceo, alabeo y amortiguador de guiñada (pitch, Dutch roll y Yaw damper) que corrijan los movimientos detectados por la unidad IMU/INS en tiempo real.
- El campo de visión transversal (FOV) a planificar será de 50° sexagesimales, sin que sea obstaculizado por ningún elemento de montaje en la ventana o plataforma del avión.
- La frecuencia de escaneo mínima será de 100 Hz.
- Deberá tener una frecuencia de pulso mínima de 1.000 kHz para garantizar la uniformidad en todo el barrido de la densidad de puntos exigida.
- Deberá tener una resolución radiométrica de intensidades múltiples mínima de 12 bits.





- Deberá tener la capacidad de registrar un mínimo de cuatro retornos para cada pulso.
- Divergencia del haz menor o igual a 0,25 mrad.
- La precisión horizontal será menor que la relación "altura de vuelo dividida entre 10.000".
- La precisión vertical será $< 0.05-0.30$ m en error medio cuadrático para alturas de vuelo entre 150-6.000 m respectivamente, sobre el terreno (AGL por sus siglas en inglés), también llamada "altitud absoluta" que es la distancia vertical entre el avión y el terreno debajo de él.
- Reflectividad objeto > 10 %.
- En caso de no realizarse el vuelo LIDAR simultáneamente a un vuelo para uso fotogramétrico, el sistema incorporará una cámara fotográfica de al menos 18 Megapíxeles, con 3 bandas de 8 bits(RGB), que permita obtener tras un postproceso imágenes rectificadas para colorear los puntos de la nube.
- En cualquier caso, deberán cumplirse las últimas especificaciones técnicas disponibles del plan nacional PNOA-LIDAR, excepto las referentes a las direcciones de vuelo y tamaño de los bloques a capturar que en los proyectos se realizarán según las necesidades del trazado del proyecto.

3.3. LIDAR desde un VANT

Para la realización de un vuelo LIDAR con VANT se debe realizar una planificación previa del trabajo (además de la de las trayectorias de vuelo) por las dificultades que tiene normalmente el vuelo a baja altura, como es la pérdida de señal GNSS por arbolado u otro tipo de obstáculos. Por este motivo, se recomienda la planificación del vuelo en RTK (Real Time Kinematic: sistema de posicionamiento cinemático por GNSS en tiempo real) con equipos de referencia en tierra situados previamente, enlazados a la red propia del proyecto con técnicas de observación GNSS de posicionamiento estático relativo con postproceso, y de tal forma que el receptor GNSS del VANT tenga una señal RTK siempre a una distancia menor de 5 km de su posición en vuelo.

Los datos LIDAR obtenidos con el sensor instalado en un VANT deben tomarse teniendo en cuenta las siguientes especificaciones mínimas:

- Solo se podrá emplear VANT que cumpla los requisitos que se establezcan en la normativa vigente en vigor en el momento de realizar el vuelo.
- El sensor utilizado deberá cumplir los requisitos solicitados para la realización del trabajo de acuerdo con lo indicado en las presentes prescripciones.
- Deberá disponer de sistema de navegación GNSS e inercial (IMU/INS) propio. Este sistema deberá garantizar la calidad final de la nube de puntos que se obtenga.
- El equipo debe tener un sistema para compensación del cabeceo, alabeo y amortiguador de guiñada (pitch, Dutch roll y Yaw damper) que corrijan los movimientos detectados por la unidad IMU/INS en tiempo real.
- El campo de visión transversal (FOV) a planificar será mínimo de 50° sexagesimales.



Dirección General de Carreteras

- La frecuencia de escaneo mínima será de 100 Hz.
- Deberá tener una frecuencia de pulso mínima de 1.000 kHz para garantizar la uniformidad en todo el barrido de la densidad de puntos exigida.
- Deberá tener una resolución radiométrica de intensidades múltiples mínima de 8 bits.
- Deberá tener la capacidad de registrar un mínimo de dos retornos para cada pulso.
- Divergencia del haz menor o igual a 0.25 mrad.
- Precisión de rango sistema LIDAR: ± 3 cm. a 100 metros.
- El recubrimiento transversal entre pasadas será del 50 %.
- Reflectividad objeto > 10 %.
- En caso de no realizarse el vuelo LIDAR simultáneamente a un vuelo para uso fotogramétrico, el sistema incorporará una cámara fotográfica de al menos 18 Megapíxeles que permita obtener imágenes rectificadas para colorear los puntos de la nube.

3.4. Documentos a entregar de los trabajos LIDAR

La documentación mínima a entregar de los trabajos LIDAR será la siguiente:

- Memoria en la que se describa la metodología empleada, sensor utilizado y sus características, método de calibración del sistema integrado LIDAR-GNSS/IMU-INS, descripción del software empleado para realizarlo y resultados de la de calibración/autocalibración de los sistemas.
- Listado de los puntos de apoyo y puntos de control utilizados.
- Coordenadas y reseñas de las estaciones de referencia GNSS utilizadas.
- Fotogramas digitales en formato TIFF.
- Ficheros TFW de georreferenciación aproximada de cada fotograma digital.
- Fichero de puntos en formato LAS/LAZ 1.4 depurado, y coloreado según las imágenes obtenidas convenientemente rectificadas.



4. TRABAJOS DE TOPOGRAFÍA DE CAMPO PARA LA OBTENCIÓN DE CARTOGRAFÍA

4.1. Generalidades

Previamente a la realización de cualquier trabajo topográfico de campo se materializará una Red Básica.

Esta Red Básica será la que se utilice como base de partida para cualquier otro trabajo que se realice en campo, tal como obtención de puntos de apoyo (en caso de haberse realizado vuelos fotogramétricos y/o LIDAR), bases auxiliares para vuelos VANT, materialización de la Red de Bases de Replanteo, confección de levantamientos taquimétricos con estaciones totales o Láser Escáner, referencia de enlace para trabajos realizados con Mobile Mapping System, o cualquier otro trabajo a realizar que deba estar enlazado al marco de referencia propio del proyecto.

4.2. Sistema Geodésico y de coordenadas de referencia

Los sistemas de referencia Geodésico y de coordenadas que se utilizarán en los trabajos serán los oficiales en la información geográfica y cartografía española (Real Decreto 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España).

- Para la Península, Baleares, Ceuta y Melilla:
 - Sistema de Referencia Geodésico: ETRS89.
 - Proyección cartográfica: Universal Transversa Mercator (UTM).
- Para trabajos en las Islas Canarias:
 - Sistema de Referencia Geodésico: REGCAN95.
 - Proyección cartográfica: Universal Transversa Mercator (UTM).

El sistema de referencia vertical que se utilizará será la altitud ortométrica respecto el nivel medio del mar en Alicante o a las referencias mareográficas locales para cada una de las Islas o ciudades autónomas y materializado por la Red Española de Nivelación de Alta Precisión (REDNAP) en todos los casos.

4.3. Metodologías de trabajo para la formación de la Red Básica

Para la realización de la Red Básica solamente se podrá utilizar metodología GNSS 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:

- Materialización de la Red Básica.
- Enlace al Sistema de Referencia de Coordenadas ETRS89 o REGCAN95.
- Observaciones GNSS.



Dirección General de Carreteras

- Enlace altimétrico con la REDNAP.
- Observación altimétrica de la Red Básica.
- Comprobación del enlace con elementos ya existentes que afecten al proyecto en curso.

4.3.1. Definición y materialización de la Red Básica

Se establecerá una única Red Básica que servirá para materializar el sistema de referencia de coordenadas que se utilizará en el proyecto.

Para ello, se enlazarán en planta con los vértices de la Red REGENTE y/o ERGNSS (Red de Estaciones de Referencia GNSS del Instituto Geográfico Nacional y/o autonómicas validadas por el IGN) utilizando metodología de observación para la obtención de datos posicionales desde satélites GNSS, y se les transmitirá altitud ortométrica a partir de la Red de Nivelación de Alta Precisión (REDNAP).

Se materializará una Red Básica compuesta por al menos cuatro vértices que deberá cubrir la zona que ocupe el proyecto, de forma que la distancia máxima entre los vértices de la Red Básica será de 4.000 m. Por otra parte, la Red Básica tampoco deberá desviarse del trazado una distancia superior a 4.000 m. Toda la zona objeto del trabajo debe quedar cubierta por una triangulación formada por las baselíneas que unan entre sí los vértices de la Red Básica.

Esta Red Básica servirá de base para el apoyo y posteriores trabajos de topografía. Por tanto, sus vértices deberán emplazarse en lugares accesibles, con horizonte despejado libre de obstáculos y que garanticen su permanencia y estabilidad. Con el fin de garantizar la permanencia no se admitirá que más del 50 % de los vértices de la Red Básica sean materializados sobre asfalto. En cualquier caso, si en alguna de las fases del proyecto se detecta la desaparición de más del 50 % de los vértices, el Consultor estará obligado a reponerlos.

Se describirá en la memoria de los trabajos de topografía con toda exactitud el procedimiento utilizado para la obtención de las coordenadas y altitudes ortométricas de los vértices de la Red Básica, representándose ésta en los mapas 1:50.000 ó 1:25.000 de la serie del Mapa Topográfico Nacional del IGN (Instituto Geográfico Nacional). En uno de estos mapas se representarán todas las baselíneas medidas mediante GNSS, tanto las de unión a la Red REGENTE y/o ERGNSS como las propias de la Red Básica, así como las de enlace con los tramos adyacentes en caso de existir estos. En otro mapa aparte, se representarán los anillos de nivelación con los itinerarios reales realizados en campo y sus enlaces a la REDNAP. Igualmente se describirá en la memoria, si existen otros proyectos u obras ya realizadas con los que se deba enlazar.

Se dejará constancia en el terreno de los vértices de la Red Básica, con clavos de acero recibidos con hormigón y/o clavos de acero en elementos tales como obras de fábrica existentes, soleras, firmes consolidados u otro medio que garantice su permanencia, utilizándose señales de tipo hito FENO o hitos similares prefabricados solamente de forma excepcional en terrenos que no permitan el uso de clavos de acero. De cada uno de los vértices se realizará una reseña y se incluirán en el proyecto, conteniendo cada una de ellas un croquis de campo con la representación del entorno y además, el acceso, el emplazamiento, sus





coordenadas proyectadas UTM y coordenadas geodésicas, altura ortométrica, coeficiente de anamorfosis (K), convergencia (W) y una fotografía en color que se incluirán en el proyecto. La descripción de los vértices en las reseñas debe ser lo suficientemente detallada de forma que permita su localización sin necesidad de replantear su posición por coordenadas, se incluye un modelo en el ANEXO 1.

4.3.2. Enlace del marco de referencia del proyecto al Sistema de Referencia de Coordenadas ETRS89 o REGCAN95

Para la georreferenciación planimétrica del proyecto, se enlazarán mediante GNSS 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 base línea (30 km).

Posteriormente, en la fase de cálculo de los parámetros, se incluirán como marco de referencia ETRS89 todos los vértices de la Red REGENTE que se considere necesario con el fin de que circunscriban la zona de trabajo, y como mínimo cuatro. Entre estos vértices REGENTE se incluirán también los empleados por los tramos adyacentes en sus respectivos cálculos con el fin de emplear un marco de referencia común y garantizar la continuidad entre tramos.

Se calculará una primera transformación Helmert de siete parámetros, para el paso de coordenadas geodésicas ETRS89 con alturas elipsoidales, a la proyección UTM en el sistema ETRS89 con alturas ortométricas referidas al nivel medio del mar en Alicante. Para ello se emplearán como puntos fijos los vértices de la Red REGENTE y/o ERGNSS, así como los vértices enlazados de los tramos adyacentes que cumplan las tolerancias establecidas en el apartado 4.3.6, obteniéndose las coordenadas planimétricas de la Red Básica.

A continuación, se calculará una segunda transformación Helmert de siete parámetros, que resolverá la planimetría y altimetría de forma independiente, donde se emplearán nuevamente como puntos fijos planimétricos los vértices de la Red REGENTE y/o ERGNSS, los vértices enlazados de los tramos adyacentes y la Red Básica calculada, y en la altimetría se fijarán igualmente los vértices de la Red REGENTE y/o ERGNSS que ofrezcan unos residuos tolerables, los vértices de los tramos adyacentes, así como todos los vértices de la Red Básica con altitud procedente de nivelación geométrica a partir del enlace a la REDNAP. Esta transformación (comúnmente llamada "Transformación 2 Pasos") se utilizará para el cálculo de los puntos de apoyo y demás trabajos topográficos a realizar, quedando de esta forma totalmente enlazados al marco de referencia del proyecto tanto en planimetría como en altimetría.

En ambas transformaciones los pequeños errores residuales que se obtengan de la aplicación de esta transformación serán distribuidos, de forma que las coordenadas





resultantes de los puntos fijos transformados deberán ser coincidentes con las originales que figurarán en la reseña oficial de los mismos.

Se indicará claramente en la memoria la relación de vértices empleados, haciendo distinción entre los vértices observados en campo con GNSS y los que solamente han intervenido en el cálculo de la transformación, indicando aquellos que han sido rechazados en el cálculo. En ningún caso, se podrán rechazar en el cálculo la totalidad de los vértices geodésicos o ERGNSS enlazados en campo, en cuyo caso sería necesario volver a realizar las observaciones del enlace a la Red REGENTE en el campo.

4.3.3. Observación planimétrica de la Red Básica por metodología GNSS

La metodología de trabajo se basará en el posicionamiento GNSS en modo estático relativo con postproceso y geometría multilaterada. El cálculo y compensación de la trilateración/multilateración que configura la Red Básica, se realizará mediante un ajuste estadístico basado en el método de mínimos cuadrados.

Para garantizar la fiabilidad de la Red Básica es fundamental la redundancia de datos para el cálculo de las baselíneas en el elipsoide WGS84. Por este motivo el método de trabajo para la creación de la Red Básica será la triangulación con técnicas GNSS.

Toda la zona objeto del trabajo debe quedar cubierta por una triangulación formada por las baselíneas que unan entre sí los vértices de la Red Básica. A cada vértice de la Red Básica deben llegar al menos tres baselíneas, excepto los dos vértices extremos de la triangulación, que podrán tener solamente dos baselíneas.

Las tolerancias en el error medio cuadrático de los incrementos de coordenadas medidas y ajustados para cada baselínea (en las tres dimensiones: ΔX , ΔY , ΔZ) no superarán los 30 mm.

La Red Básica del proyecto, deberá estar rodeada de un marco de referencia geodésico materializado por al menos cuatro vértices pertenecientes a la Red REGENTE o ERGNSS que circunscriban toda la zona de trabajo, de los cuales al menos dos deberán enlazarse mediante dos baselíneas (bিরradiación GNSS) desde dos vértices de esta Red Básica, no pudiendo quedar los vértices de la Red Básica exteriores al polígono formado por los vértices geodésicos y ERGNSS.

No se admiten para la realización de la Red Básica otras técnicas de observación GNSS diferentes del posicionamiento estático relativo con postproceso. Por tanto, no son válidas las metodologías clásicas de poligonación, observaciones GNSS con receptores monofrecuencia y observaciones de GNSS en tiempo real RTK (Real Time Kinematic), bien sea mediante radio enlace o mediante enlace por módem con protocolo (General Packet Radio Service), etc.

El tiempo de observación GNSS 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:





Dirección General de Carreteras

Longitud de base línea	Menor o igual a 10 km	10 km < longitud < 30 km
Tiempo mínimo de Observación	10 minutos	10 minutos + 1 min/km para cada km superior a 10

La longitud máxima de cualquier base línea queda limitada a 30 km asegurando la recepción de, al menos, cuatro 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 cinco.

Dadas las características de la Red Básica triangulada es recomendable la utilización de al menos tres equipos GNSS midiendo de forma simultánea, lo que garantiza la redundancia de las observaciones.

En todas las metodologías descritas, al indicarse la unión o enlace con un mínimo de base líneas de observación, se sobrentiende que estas base líneas de unión deben haber sido admitidas en su totalidad en el proceso de cálculo, siendo necesario repetir o enlazar con otros tantos vértices como los rechazados en el cálculo, para conseguir el mínimo requerido en cada caso.

En caso de realizarse una comprobación planimétrica de la Red Básica desde los vértices pertenecientes a la Red REGENTE o ERGNSS utilizados para la confección de la Red Básica, el 100 % de los vértices comprobados presentará diferencias menores de 8 cm en las coordenadas originales respecto a las coordenadas obtenidas en la comprobación.

4.3.4. Enlace con la REDNAP

La transmisión de altura ortométrica a la Red Básica se realizará mediante una nivelación geométrica doble a partir de la REDNAP. En su defecto, si la distancia a una señal de la REDNAP es mayor de 20 km, se permitirá tomar como referencia altimétrica para definir el plano de comparación la altitud ortométrica obtenida a partir de la altitud elipsoidal y el modelo de geoide EGM08-REDNAP (o el modelo de geoide equivalente más reciente publicado por el IGN) de uno sólo de los vértices de la Red Básica. En este caso, se tomará la altitud ortométrica de este vértice de la Red Básica restando a la altitud elipsoidal la ondulación del geoide dada por el modelo EGM08-REDNAP o el equivalente que hubiera publicado el Instituto Geográfico Nacional, o bien la transmitida por uno de los tramos adyacentes que haya enlazado con la REDNAP. La dotación de altitud ortométrica al resto de los vértices de la Red Básica a partir de ese vértice fundamental se hará mediante nivelación geométrica doble (ida y vuelta).

En ningún caso, la Red Básica podrá estar enlazada a clavos de la REDNAP pertenecientes a diferentes líneas de nivelación sin comprobación del enlace entre éstas mediante la realización de un itinerario de nivelación geométrica por parte del Consultor.

Es fundamental que todos los clavos del proyecto se nivelen geoméricamente en una línea de nivelación continua. Todos aquellos clavos, ya sean de la REDNAP o vértices de la Red Básica, que no hayan sido nivelados geoméricamente en una línea de nivelación continua en esta fase de los trabajos, no podrán emplearse en la posterior nivelación de la Red de Bases de Replanteo para el cierre de anillos

FIRMADO

FIRMADO por: JUAN FERNANDO PEDRAZO MAJARREZ. A fecha: 23/04/2025 05:40 PM
Total folios: 75 (27 de 75) - Código Seguro de Verificación: MFOM028FDC4EE37F574E1D19F1B. Verificable en https://sede.transportes.gob.es





aislados de ida y vuelta sobre un vértice de estas características, debiendo realizarse para su uso los enlaces de nivelación geométrica necesarios a los vértices colindantes, para dar continuidad al marco de referencia altimétrico.

4.3.5. Observación altimétrica de la Red Básica

La metodología de observación altimétrica de la Red Básica será una nivelación geométrica doble (ida y vuelta), continua, que discurra a lo largo del trazado, y enlazada a la REDNAP siempre que sea posible, por no estar el clavo más cercano a una distancia superior a 20 km.

La tolerancia para nivelación geométrica de la Red Básica y enlace con la REDNAP se establece en:

- error en cota $\leq (7 \text{ mm}) \times (K)^{1/2}$; siendo K = longitud del itinerario en km

Con el fin de facilitar los trabajos de nivelación de futuras fases y de acotar posibles errores en la propia nivelación, deberán realizarse los cierres parciales cada 2 km. Para ello se dejará constancia en el terreno de clavos de nivelación auxiliares mediante clavos de hierro recibidos con hormigón u otro medio que garantice su permanencia y estabilidad. De cada uno de ellos se realizará una reseña y se incluirán en el proyecto, conteniendo cada una de ellas un croquis de campo con la representación del entorno, el acceso, el emplazamiento, altitud y una fotografía en color. La descripción de los clavos de nivelación auxiliares en las reseñas debe ser lo suficientemente detallada de forma que permita su localización, se incluye un modelo en el ANEXO 1.

Cuando, debido a la posición de algún vértice de la Red Básica, resulte difícil o comprometido realizar la citada nivelación, se realizarán observaciones GNSS desde los vértices de la Red Básica de difícil acceso a tres puntos nivelados y enlazados por nivelación geométrica con la REDNAP previamente, limitando la longitud de las baselíneas observadas a 4 km. Estos tres puntos deberán fijarse en el cálculo.

En caso de realizarse una comprobación altimétrica de la Red Básica y/o clavos de nivelación auxiliares, el 100 % de los vértices comprobados presentará diferencias en cota menores de $14 \times (K)^{1/2}$ mm (K=longitud del itinerario en km), en las cotas originales respecto a las cotas obtenidas en la comprobación.

4.3.6. Enlace con elementos ya existentes que afecten al proyecto en curso

Con el fin de garantizar la continuidad del marco de referencia ETRS89 y de las altitudes ortométricas entre tramos de proyectos contiguos, en caso de que existan, se enlazarán con al menos dos vértices del tramo anterior y dos vértices del tramo siguiente.

Este enlace se realizará mediante GNSS desde al menos dos puntos fijos de la Red Básica, de forma que los dos puntos de los tramos adyacentes quedarán como mínimo birradiados en la comprobación de sus coordenadas ETRS89UTM. Para el caso de las altitudes, se realizará el enlace por nivelación geométrica de ida y vuelta desde la Red Básica a dos puntos de la Red Básica del tramo contiguo, pudiendo también hacerse esta comprobación a dos bases de replanteo.





En la fase de cálculo, se realizará un ajuste previo de la red propia del proyecto con los vértices de la Red REGENTE/ERGNSS y los clavos de la REDNAP observados como puntos fijos que definen el marco de referencia, y se contrastarán las coordenadas obtenidas de este cálculo con las facilitadas por los tramos adyacentes.

Tras constatar que las coordenadas de los vértices de los tramos adyacentes, comprobados en este cálculo previo, no superan las diferencias indicadas a continuación, se realizará un nuevo cálculo incluyendo como puntos fijos de los parámetros de transformación estos vértices, con el objetivo de garantizar la continuidad entre los tramos. Las diferencias máximas para fijar en el cálculo los vértices de otros tramos en planimétrica y altimétrica serán como máximo de:

$$dXY \leq 10 \text{ cm}; dH \leq 14 \times (K)^{1/2} \text{ mm, siendo } K = \text{longitud del itinerario en km}$$

En la memoria de los trabajos quedarán reflejadas las diferencias encontradas con los tramos adyacentes, y se indicará qué vértices se han considerado fijos en planimetría y/o altimetría.

En el caso de enlazarse con un proyecto realizado en coordenadas UTM ED50, el procedimiento de cálculo será el mismo que el descrito anteriormente tras pasar las coordenadas planimétricas de los vértices de la Red Básica del tramo contiguo en ED50 a ETRS89, ya que la altura no se modifica en el cambio de sistema.

Para realizar esta transformación entre ED50 y ETRS89 se utilizarán las herramientas publicadas por el Instituto Geográfico Nacional para tal finalidad.

En cualquier caso, como comprobación adicional, en caso de tener que enlazar con proyectos o elementos existentes que puedan afectar al proyecto en curso, se tomarán los datos suficientes (toma de líneas blancas en carreteras con las que se enlace, datos de elementos que puedan afectar al gálibo de pasos superiores o inferiores, estacas de replanteo en caso de existir, etc.) desde la Red Básica del proyecto para garantizar la continuidad de la rasante del nuevo proyecto con los proyectos o elementos existentes.

4.4. Trabajos de apoyo de campo

Los trabajos de apoyo de campo comprenderán la toma de datos en campo que se requieran 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.

Si existen datos de un sistema mixto GNSS e IMU/INS de la cámara, se podrá realizar una aerotriangulación del vuelo para obtener los datos de orientación de los pares fotogramétricos necesarios para la restitución.

En los casos de que las imágenes a utilizar sean muy pocas (4 ó 5 pares), o que no haya funcionado correctamente el sistema GNSS o IMU/INS del sistema de la cámara, se realizará un apoyo continuo.

De cada uno de los puntos de apoyo se realizará una reseña y se incluirán en el proyecto, conteniendo cada una de ellas un croquis de campo con la representación del punto, sus coordenadas, descripción, altitud, número del punto,





número de fotograma y una fotografía en color del punto de apoyo tomada en el campo a nivel del suelo, se incluye un modelo en el ANEXO 1.

4.4.1. Apoyo de campo continuo

El apoyo continuo, se efectuará con un mínimo de 5 puntos por par estereoscópico.

Los puntos de apoyo que se utilicen en vuelos realizados con cámaras embarcadas en VANT deberán ser premarcados antes de realizar el vuelo para que sean visibles en las imágenes obtenidas.

La posición de los puntos de apoyo en los fotogramas será lo bastante próxima a las esquinas de los fotogramas para que la zona a restituir quede en el interior del polígono formado por los puntos, quedando recubierto por el citado polígono al menos el 70 % del fotograma en la dirección de avance de la pasada.

4.4.2. Apoyo de campo para aerotriangulación de vuelos convencionales

Siempre que los datos del sistema mixto GNSS e IMU/INS se hayan medido correctamente durante el vuelo, se puede realizar el apoyo mediante una aerotriangulación analítica en la que intervengan estos datos obtenidos más los puntos de apoyo obtenidos en campo de acuerdo con las normas siguientes:

- Se obtendrán 2 puntos de apoyo desdoblados en el primer modelo y último de cada pasada, y un punto más desdoblado cada ocho modelos, ya que los puntos se deben desdoblar para evitar los posibles errores en la identificación del punto de apoyo en los procesos de aerotriangulación, debido a que al tomarse menos número de puntos que en el apoyo continuo clásico un error en un punto puede ocasionar distorsiones importantes en el ajuste del bloque aerotriangulado. Al contar con puntos desdoblados, inmediatamente el operador que realice la aerotriangulación detectaría la posible anomalía existente en el punto mal identificado debido a la imposibilidad de ajustar los dos puntos próximos sin diferencias notables.
- Los puntos en el primer y último modelo deben estar a una distancia suficiente de los bordes del fotograma para que la zona a restituir quede en el interior del polígono formado por los puntos, quedando recubierto por el citado polígono al menos el 70 % del fotograma en la dirección de avance de la pasada.
- Se dará un punto de control altimétrico complementario cada 4 modelos en zonas de posado fiable, especialmente en carreteras o plataformas que aparezcan en el vuelo. Las coordenadas de estos puntos no se incluirán en el cálculo de la aerotriangulación, sino que servirán para verificar las diferencias entre las coordenadas que les asigne el cálculo de la aerotriangulación y sus coordenadas obtenidas en campo. Las diferencias en cota obtenidas durante la fase de restitución y estos puntos de control se incluirán en una tabla en el Anejo de Cartografía del proyecto.
- Siempre en todas las pasadas debe haber al menos un punto de apoyo en el interior de la pasada.





- Si durante el proceso de cálculo de la aerotriangulación los datos del sistema mixto GNSS e IMU/INS fuesen rechazados, deberá realizarse al apoyo de forma continua.

Obviamente los programas de cálculo de aerotriangulación utilizados debe incluir los datos del sistema mixto GNSS e IMU/INS de la cámara en el proceso de cálculo.

4.4.3. Apoyo de campo para aerotriangulación de vuelos mediante VANT

En los vuelos fotogramétricos realizados con VANT los puntos de apoyo para aerotriangular deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Se obtendrán 2 puntos de apoyo en el primer modelo y último de cada pasada, y un punto más cada veinte modelos para vuelos realizados en geometría de pasada única. En caso de realizarse vuelos multipasadas que formen un bloque, se dará 1 punto de apoyo en el primer modelo y último de cada pasada, y un punto más cada veinte modelos cada 4 pasadas, y en cualquier caso en la primera y última pasada, para que siempre haya puntos de apoyo en las esquinas y bordes del bloque.
- Se darán un 20 % de puntos de control altimétrico adicionales, intermedios, uniformemente distribuidos entre los puntos de apoyo, en zonas de posado fiable, especialmente en carreteras o plataformas que aparezcan en el vuelo. Las coordenadas de estos puntos no se incluirán en el cálculo de la aerotriangulación, sino que servirán para verificar las diferencias entre las coordenadas que les asigne el cálculo de la aerotriangulación y sus coordenadas obtenidas en campo. Las diferencias en cota obtenidas durante la fase de restitución y estos puntos de control se incluirán en una tabla en el Anejo de Cartografía del proyecto.
- Siempre en todas las pasadas apoyadas debe haber al menos un punto de apoyo en el interior de la pasada.
- Tanto los puntos de apoyo como los puntos de control, serán puntos preseñalizados antes del vuelo, según las normas anteriores de distribución y distancia.

En caso de no utilizarse para realizar una restitución directamente las imágenes obtenidas del vuelo VANT, sino otros productos obtenidos por manipulación de estas imágenes (como, por ejemplo, restituir con una ortofoto obtenida de un conjunto de imágenes y una nube de puntos de un MDT de la misma superficie de la ortofoto), para garantizar la precisión del proceso de restitución el número de puntos de control que se darán será el 30 % de los puntos de apoyo de campo. Igualmente, estos puntos no intervendrán en ninguno de los procesos de generación de estas ortofotos ni de la aerotriangulación, y se comprobarán durante la fase de restitución, incluyendo en el Anejo de Cartografía del proyecto las diferencias que se han obtenido.

4.4.4. Metodología de observación de los puntos de apoyo

Se observarán las coordenadas planimétricas y altimétricas de los puntos de apoyo mediante técnicas GNSS por métodos estático relativo con postproceso o RTK, según las especificaciones siguientes:





- En caso de usar el método estático relativo con postproceso, será necesaria la recepción de al menos cuatro satélites durante el tiempo de observación, con una máscara de elevación de 15 grados sexagesimales de altura. La configuración de la constelación de satélites tiene que ser tal que se disponga de un indicador de precisión por la posición de los satélites (PDOP) inferior a 5, y con unos tiempos de observación:

Longitud de base línea	Menor o igual a 10 km	10 km < longitud < 15 km
Tiempo mínimo de Observación	10 minutos	10 minutos + 1 min/km para cada km superior a 10

- En caso de utilizarse tecnología RTK, bien sea mediante radio enlace, o mediante enlace por módem con protocolo GPRS (General Packet Radio Service), quedará limitada la longitud de las base líneas a 10 km, y siempre que se garantice una precisión respecto a la Red Básica igual o mejor que 5 cm.

En caso de realizarse una comprobación de los puntos de apoyo desde la Red Básica, el 90 % de los puntos comprobados presentará diferencias menores de 10 cm en las coordenadas y altitudes originales respecto a las coordenadas y altitudes obtenidas en la comprobación.

4.5. Aerotriangulación

Los programas que se utilicen para la obtención de los valores de los parámetros de orientación externa de las imágenes se basarán en el ajuste de los bloques por haces, permitiendo combinar los datos de los puntos de apoyo, los datos GNSS, los datos inerciales y los datos fotogramétricos.

Los programas que se utilicen para la obtención de los valores de los parámetros de orientación externa de las imágenes incluirán en su proceso de cálculo algoritmos de detección automática y eliminación de errores groseros.

El Consultor informará del software que se utilice para este proceso, así como de la idoneidad para la realización de este trabajo.

Las precisiones del ajuste, los puntos de apoyo y control que intervengan en el cálculo serán:

- Desviación típica a posteriori de la medida de fotocoordenadas (Precisión interna): Error medio cuadrático < 0,5 GSD.
- Error medio cuadrático de los errores residuales planimétricos en los puntos medidos (Precisión interna planimétrica final) < GSD.
- Error medio cuadrático de los errores residuales altimétricos en los puntos medidos (Precisión interna altimétrica final) < GSD.
- Error residual máximo planimétrico en los puntos de apoyo utilizados < GSD.
- Error residual máximo altimétrico en los puntos de apoyo utilizados < 1,5 GSD.
- Error máximo altimétrico en cada punto de control < 1,5 GSD.



4.6. Documentos a entregar de la Red Básica y del apoyo de campo

4.6.1. Red Básica

La documentación mínima a entregar de los trabajos de materialización y observación de la Red Básica serán:

- Memoria descriptiva de los trabajos que contenga al menos.
 - Proyección cartográfica empleada.
 - Métodos topográficos empleados.
 - Enlace a la Red Geodésica (red de estaciones permanentes GNSS o REGENTE).
 - Enlace con la REDNAP.
 - Instrumentación.
 - Indicación expresa de haber alcanzado las precisiones exigidas en el presente documento.
- Gráfico de las baselíneas de la Red Básica sobre los mapas 1:50.000 ó 1:25.000 de la serie del Mapa Topográfico Nacional del IGN.
- Gráfico de nivelación geométrica sobre los mapas 1:50.000 ó 1:25.000 de la serie del Mapa Topográfico Nacional del IGN.
- Informe de baselíneas y parámetros de transformación, en el que se incluirán las referencias, equipos utilizados, fecha, tiempo de observación, GDOP, calidad de las observaciones y longitud de las baselíneas.
- Informe de ajuste (compensación por mínimos cuadrados), que debe contener como mínimo los listados correspondientes a:
 - Residuos de las observaciones después de la compensación: correcciones que se aplican a las distancias y los desniveles después de la compensación.
 - Error medio cuadrático de las observaciones (distancias).
 - Error medio cuadrático de determinación de las coordenadas, X,Y,Z finales compensadas de la red, proyectadas en ETRS89 UTM en el huso correspondiente.
 - Elipses de error de determinación de la posición de los vértices de la red, definidas por los semiejes mayor y menor.
 - Precisión de ajustes de la Red Básica con la ERGNSS y, o REGENTE.
 - Residuos en los enlaces con tramos adyacentes, en caso de que los haya.
- Informe de nivelación geométrica que contenga las observaciones (espalda, frente y distancia) y el cálculo de los anillos, donde figure para cada uno de ellos:



- La distancia nivelada.
 - La tolerancia máxima admisible en el anillo.
 - El error de cierre del anillo.
- Reseñas de vértices de la Red Básica, que seguirá el modelo incluido en el ANEXO 1.
 - Reseñas de clavos de nivelación auxiliares empleados en el cierre de anillos y que no pertenezcan a la Red Básica, que seguirá el modelo incluido en el ANEXO 1.
 - Listado de coordenadas de la Red Básica en el sistema UTM ETRS89 y alturas ortométricas.
 - Listado de alturas ortométricas de los clavos de nivelación auxiliares.
 - Coordenadas y reseñas de vértices geodésicos o ERGNSS y Nivelación de Alta Precisión (REDNAP), facilitados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) en el sistema UTM ETRS89 y alturas ortométricas.
 - Coordenadas y reseñas de los vértices de los tramos adyacentes (en caso de que los haya) en el sistema UTM ETRS89 y alturas ortométricas.
 - Enlace con tramos adyacentes, en caso de que los haya.
 - Resultados del cálculo de Red Básica, nivelación geométrica y enlace altimétrico con listado de las coordenadas definitivas.
 - Especificaciones técnicas y calibraciones de los aparatos topográficos utilizados.

4.6.2. Apoyo de campo

4.6.2.1. Apoyo de campo continuo

La documentación mínima a entregar correspondiente a los trabajos de apoyo continuo y orientación del vuelo:

- Cálculo de los puntos de apoyo.
- Informe de baselíneas RTK y/o postprocesadas y ajuste (si procede).
- Gráfico de situación de los puntos de apoyo sobre los mapas 1:50.000 ó 1:25.000 de la serie del Mapa Topográfico Nacional del IGN, en el que se incluyan los puntos de apoyo y los puntos de control altimétrico obtenidos en campo, diferenciándose claramente mediante distintos símbolos.
- Reseñas de puntos de apoyo (con croquis de campo, número de punto, coordenadas, descripción, número de fotograma y pasada y una fotografía en color del punto de apoyo tomada en el campo a nivel del suelo), de acuerdo al modelo incluido en el ANEXO 1.
- Listado de coordenadas de los puntos de apoyo en el sistema de referencia de coordenadas ETRS89 UTM y alturas ortométricas.
- Especificaciones técnicas y calibraciones de los aparatos topográficos utilizados.



Dirección General de Carreteras

- Partes de orientación en los que queden reflejados los puntos de apoyo utilizados en cada par estereoscópico, los parámetros de orientación y los residuos de la orientación absoluta alcanzados en los puntos de apoyo, y error medio cuadrático residual de la orientación del modelo.
- Los cuadernos de campo con la relación de los ángulos y distancias en caso de realizarse por metodología tradicional.
- Los listados de baselíneas en caso de realizarse por métodos GPS.
- Indicación expresa de haber alcanzado las precisiones exigidas en las presentes prescripciones, para el cálculo de los puntos de apoyo y en la orientación del vuelo.

4.6.2.2. Apoyo de campo con aerotriangulación

La documentación mínima a entregar correspondiente a los trabajos de apoyo de campo y aerotriangulación será:

- Cálculo de los puntos de apoyo.
- Informe de baselíneas RTK y/o postprocesadas y ajuste (si procede).
- Gráfico de situación de los puntos de apoyo sobre los mapas 1:50.000 ó 1:25.000 de la serie del Mapa Topográfico Nacional del IGN, en el que se incluyan los puntos de apoyo y los puntos de control altimétrico obtenidos en campo, diferenciándose claramente mediante distintos símbolos.
- Reseñas de puntos de apoyo (con croquis de campo, número de punto, coordenadas, descripción, número de fotograma y pasada y una fotografía en color del punto de apoyo tomada en el campo a nivel del suelo), se incluye modelo en ANEXO 1.
- Listado de coordenadas de los puntos de apoyo en el sistema de referencia de coordenadas ETRS89UTM y alturas ortométricas.
- Especificaciones técnicas y calibraciones de los aparatos topográficos utilizados.
- Informe de cálculo de la aerotriangulación, donde se ponga de manifiesto las precisiones del ajuste de los puntos de apoyo que intervengan en el cálculo, así como los puntos rechazados en el cálculo, listado de coordenadas finales de los puntos aerotriangulados, y orientaciones absolutas de los pares fotogramétricos obtenidos de la aerotriangulación.
- Indicación expresa de haber alcanzado las precisiones exigidas en las presentes prescripciones, para el cálculo de los puntos de apoyo y en la aerotriangulación.



5. RESTITUCIÓN

5.1. Descripción

La restitución se hará a escala 1:1.000, con curvas de nivel a 1,0 m de equidistancia, salvo que en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del contrato de redacción del proyecto se prescriba la escala 1:500 con curvas de nivel a 0,5 m. La franja a ambos lados del futuro eje será lo suficientemente amplia para ofrecer una visión general y lo más completa posible del terreno circundante y edificios o lugares necesarios a ubicar en la planimetría. Los planos recogerán la toponimia local de poblaciones, caseríos, ríos, etc.

Se deberán emplear estaciones fotogramétricas digitales para realizar la restitución fotogramétrica. De esta forma se pretende realizar un modelo del mundo real, identificando las entidades que lo representan y capturándolas con elementos lineales, superficiales y puntuales para almacenarlas georreferenciadas en formato digital, de manera que permitan su correcta interpretación gráfica, incluidos los textos que tendrán un punto de inserción y una orientación para su correcta representación.

Se realizará la captura de los elementos en un formato que guarde su información tridimensional.

La restitución será realizada por operadores de fotogrametría a partir de los pares estereoscópicos orientados en la aerotriangulación, no siendo admisible obtener los datos altimétricos y curvas de nivel por correlación automática; en caso de utilizar técnicas de correlación para la obtención de los datos altimétricos y curvas de nivel, estas técnicas y sus resultados, serán siempre supervisados por un operador de forma estereoscópica. Los planos cartográficos producidos se presentarán en formato digital, la información tridimensional digitalizada se presentará en los formatos que utilicen los sistemas tanto del Consultor como de la D.G.C., y como mínimo en DXF.

Estos planos se representarán empleando los colores usuales en la cartografía nacional y recogerán toda la información, tanto planimétrica como altimétrica, de los elementos del terreno necesarios para su correcta utilización en el proyecto. Los planos se entregarán en formato GeoPDF con resolución no inferior a 600 ppp.

Los errores residuales máximos de los puntos de apoyo en la orientación de los modelos para el vuelo serán:

- En planimetría: 2,5 GSD.
- En altimetría: 2,5 GSD.

En caso de utilizarse vuelos realizados con VANT con GSD menores de 5 cm, los errores residuales máximos de los puntos de apoyo en la orientación de los modelos para el vuelo serán:

- En planimetría: 10 cm.
- En altimetría: 10 cm.

El error medio cuadrático máximo residual de los puntos de apoyo en la orientación tanto en planimetría como en altimetría será menor de 10 cm.





5.2. Sistema de coordenadas.

Los mapas de una misma área se referirán a un sólo sistema de coordenadas, especialmente si un trabajo se desarrolla en dos husos diferentes, en cuyo caso se representará en un único huso que será el que comprenda la mayor superficie del trabajo.

En caso de ser imprescindible la utilización de cartografía en dos husos distintos en un mismo proyecto, será necesaria la autorización explícita del Director del proyecto que dictará en su caso las normas necesarias para garantizar la continuidad del proyecto al cambiar el huso.

Se representarán los vértices de una red de cuadrados de diez centímetros (10 cm) de lado en el mapa, orientados según el sistema de coordenadas. En cada hoja de la cartografía aparecerán las coordenadas de al menos tres de estos vértices, quedando así definidas de forma gráfica las coordenadas de cualquier punto de la hoja.

En todas las hojas se indicará la posición del norte del sistema de coordenadas mediante un símbolo fácilmente identificable.

5.3. Precisión en puntos bien definidos en planimetría

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

Se entenderán por puntos de cartografía bien definidos en planimetría los puntos insertados en su posición real que pertenezcan a elementos característicos que permiten su identificación sin generar dudas en caso de realizarse una comprobación en campo.

Los mapas deberán reflejar todos los detalles planimétricos del terreno y de las construcciones que puedan aparecer en el mismo, con dimensión mínima mayor de quince décimas de milímetro (1,5 mm).

Serán de interés los ríos, lagos y embalses; las zonas de arbolado y de cultivo; los caminos, carreteras, ferrocarriles, canales, puertos, embarcaderos y aeropuertos; las líneas aéreas de transporte de energía o de comunicaciones; y demás elementos visibles similares.

En mapas de zonas urbanas se exigirá únicamente la representación de las manzanas de las casas por el borde de su cubierta, no requiriéndose la representación del perímetro de los patios interiores.



5.4. Precisión en puntos bien definidos en altimetría

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.

Se entenderán por puntos bien definidos en altimetría aquellos que sean un punto de cota aislado que se ha obtenido en la fase de restitución, no un punto cuya cota se obtenga de un elemento lineal, representado en 3D.

En los mapas deberán figurar las cotas altimétricas de todos aquellos elementos que, por su situación o condiciones, convenga definir, tales como vértices geodésicos identificables en los fotogramas, la superficie del agua de los lagos, depósitos y lagunas; vértices de montañas, collados y puertos; depresiones y vaguadas; intersecciones de carreteras; líneas de ferrocarril en las estaciones; extremos de los ejes de viaductos, puentes y estructuras análogas, etc.

5.5. 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; aceptándose, en este caso una tolerancia igual a la equidistancia.

En caso de ser necesario, el Consultor estará obligado a utilizar tecnología LIDAR para obtener una mejor definición del terreno bajo la vegetación, si el Director del proyecto así lo indicara.

5.6. Toponimia mínima a incluir en los planos

Para la localización e identificación de las distintas zonas del trazado, es fundamental la información que aporta a los planos la incorporación de la toponimia adecuada. En este sentido, como mínimo se incorporará a la cartografía realizada:

- Nombre de todos los tramos de las carreteras representadas, incluyendo sus Puntos Kilométricos.
- Toda la toponimia de la zona restituida existente en la cartografía 1:25.000 del IGN, especialmente.
 - Parajes significativos.
 - Accidentes geográficos significativos.
 - Caminos con nombre propio.
 - Hidrónimos.





- Poblaciones que aparezcan en la cartografía, aunque no tengan Ayuntamiento (pedanías, barrios, parroquias, etc.).
 - Nombre de todos los Términos Municipales que figuran en cada hoja de cartografía (deben incluirse los límites de término municipal que figuran en los mapas 1:25.000 del IGN), disponibles en el Centro de Descargas del CNIG (Centro Nacional de Información Geográfica).
 - Elementos urbanos representativos, aunque estén en ocasiones fuera del casco urbano, especialmente cementerios y ermitas.
 - Servicios afectados.
- Toda la toponimia relacionada con el estudio informativo y la declaración de impacto ambiental (incluyendo, en su caso, los elementos arqueológicos representativos).
 - Toda la toponimia utilizada será coherente con el Nomenclátor Geográfico Básico de España, disponible en el Centro de Descargas del CNIG.
 - Todas las Líneas Límite Municipales serán coherentes con la información disponible en el Centro de Descargas del CNIG.

5.7. Documentos a entregar de la cartografía realizada

El Consultor incluirá en el proyecto los planos publicados en GeoPDF con resolución no inferior a 600 ppp junto con un gráfico de distribución de hojas que proporcione una visión de conjunto de la cartografía restituida.

La documentación mínima a entregar de la cartografía realizada será:

- Informe, que contendrá al menos.
 - Instrumentos empleados.
 - Descripción del software original de captura.
 - Librería de códigos utilizada que incluirá: Código – elemento – tipo de línea- indicación de los códigos que pueden ser usados para la realización de un MDT (Modelo Digital de Terreno) o en un MDS (Modelo Digital de Superficies). En el ANEXO 2 se incluye un ejemplo de listado de códigos.
- Gráfico de distribución de hojas.
- Ficheros de la cartografía tridimensional y del gráfico de distribución de hojas en formato digital, en uno de los formatos estándar de intercambio: DWG, DGN, ASCII DIGI, SHP, Geopackage (gpkg), GML, geojson, landXML, etc., y como mínimo en DXF. En cualquier caso la Dirección del Proyecto podrá solicitar pedirle al Consultor cualquiera de los formatos anteriormente indicados.
- Diferencias obtenidas entre la cota obtenida en el cálculo y la obtenida en campo de los puntos complementarios de control altimétrico.



6. ORTOFOTOGRAFÍA DIGITAL

6.1. Descripción

La ortofotografía consiste en una imagen proyectada ortogonalmente, a partir de las imágenes cónicas de los vuelos fotogramétricos y de carácter métrico, y por tanto, permite la superposición de las imágenes vectoriales correspondientes a la cartografía y/o el proyecto, recuperándose de esta forma la información visual que se perdería en caso de utilizar solamente la cartografía. Esta situación permite obtener una clara visión general del proyecto y proporciona una información muy valiosa en diferentes tareas como afecciones, impacto ambiental, información pública, expropiaciones, etc.

Una vez realizada la cartografía del proyecto de trazado, se realizará una ortofotografía digital de toda la zona incluida en la restitución fotogramétrica con una resolución igual al GSD del vuelo utilizado.

Para cada píxel y cada banda de color RGB (Red, Green, Blue), se almacenará un valor entre 0-255. Estos 256 niveles de color se registrarán con 24 bits.

Se comprobará siempre que la saturación de la imagen no supere el 1 % permitiéndose un máximo del 0,5 % a cada lado del histograma, la apariencia visual correcta (adecuadas a la realidad, es decir, tonos del terreno semejantes deben dar valores digitales semejantes) y sin defectos.

6.2. Confección del Modelo Digital del Terreno

Para la realización del Modelo Digital de Terreno (MDT), se partirá de los datos obtenidos de la restitución fotogramétrica, confeccionándose un Modelo Digital de Terreno con una Red Irregular de Triángulos (TIN, del inglés "Triangulated Irregular Network") a partir de las curvas de nivel, de los puntos de cota y de las líneas de rotura representadas en la cartografía.

En la generación del Modelo Digital de Terreno (MDT) se prestará especial cuidado en las zonas de puentes, viaductos, bocas de túneles, etc., modificando manualmente el Modelo Digital de Terreno con el fin de evitar deformaciones en los elementos lineales de las ortofotos.

6.3. Ortorectificación

A partir de las imágenes digitales obtenidas, el Modelo Digital de Terreno y las orientaciones de los fotogramas se realizará la ortorectificación para pasar desde la perspectiva cónica propia de las imágenes aéreas a una perspectiva ortogonal de carácter métrico.

La ortorectificación se realizará en un solo paso evitando remuestreos posteriores en las siguientes fases del proceso y se realizará directamente con un tamaño de píxel a escala de suelo igual al (GSD) solicitado. Para el proceso de ortorectificación se utilizará la interpolación bicúbica.





La rectificación se realizará obteniendo la cota del Modelo Digital de Terreno con un espaciado entre píxeles que sea adecuada para cada fotograma. En caso de existir estructuras, pasos, puentes, cambios de pendiente bruscos o cualquier accidente del terreno que pueda afectar a la bondad del proceso, este espaciado se reducirá según sea necesario de tal forma que los elementos rectificadas tengan la precisión final que se pretende.

A las imágenes ortorrectificadas se les realizará un control visual para asegurar que no existen zonas duplicadas, "estiramientos de píxeles" o errores geométricos producidos por errores del Modelo Digital de Terreno o por una mala elección del espaciado de píxeles de consulta en el mismo a la hora de rectificar.

En caso de que existan errores producidos por la existencia de errores en el Modelo Digital de Terreno, éste se corregirá y se volverá a realizar el proceso de rectificación en aquellos fotogramas que se vean afectados por estos errores.

En caso de que los errores vengan producidos por la elección del espaciado de píxeles de consulta del Modelo Digital de Terreno, se repetirá el proceso de rectificación disminuyendo dicho espaciado.

La precisión planimétrica del proceso será tal que el error medio cuadrático de la posición de los píxeles sea menor de 2 veces el GSD. Esta comprobación se realizará con un número representativo de puntos (al menos 30 puntos por imagen) entre puntos de apoyo y control, y puntos que se obtengan por superposición con la cartografía.

6.4. Ajuste radiométrico y formación del mosaico

Los fotogramas ortorrectificados deben tener una apariencia visual similar, y por tanto es necesario homogeneizar todos los fotogramas que integran el trabajo para conseguir obtener una ortofoto continua.

En el proceso de formación del mosaico se unirán las distintas imágenes obtenidas de la ortorrectificación, para lo que tras el primer equilibrado de color se deben definir las líneas de corte y unión. Estas líneas podrán obtenerse automáticamente mediante la utilización de algoritmos de mínimos cambios radiométricos o por líneas definidas manualmente siguiendo accidentes naturales que eviten las diferencias tonales en la unión, de tal manera que la transición entre distintos fotogramas resulte imperceptible.

En la confección del mosaico deben intervenir todas las fotografías del vuelo.

Las imágenes resultantes se dividirán en bloques que permitan su utilización y manejo de forma razonable.

6.5. Control de calidad

Se llevará a cabo un control de calidad sobre las ortofotos en el que se verificará la precisión planimétrica de la imagen resultante, la ausencia de defectos internos, y la continuidad geométrica y radiométrica con las ortofotos colindantes.

Se realizarán al menos las siguientes comprobaciones:



- Precisión planimétrica: para su comprobación se utilizarán los puntos de aerotriangulación, las líneas de corte y los elementos expresamente restituidos para este control. La diferencia entre unas y otras coordenadas nunca debe ser superior a 0,10 m.
- Defectos internos: se realizará un control visual de las ortofotos en busca de defectos tales como:
 - Elementos quebrados.
 - Duplicados.
 - "Estiramiento de píxeles" en puentes.
 - Zonas con huecos por falta de información en la imagen (proyecciones de elementos, etc.).
- Desplazamientos de píxeles debido a defectos del Modelo Digital del Terreno.
 - Elementos quebrados.
 - Duplicados.
 - "Estiramiento de píxeles" en puentes.
 - Zonas con huecos por falta de información en la imagen (proyecciones de elementos, etc.).
- Las ortoimágenes contiguas han de tener el color continuo, salvo las diferencias producidas por las condiciones de toma del propio vuelo en los cambios de pasada. La comprobación radiométrica a realizar en esta fase consiste en verificar la correspondencia radiométrica entre la ortofoto realizada y la imagen original con la que se realizó. Los parámetros estadísticos radiométricos de ambas, es decir, histogramas, saturación, media, desviación, etc., deben ser similares.
- Continuidad geométrica y radiométrica: cada ortofoto se comprobará con sus colindantes, verificando que las entidades que se extienden más allá de una hoja lo harán con un error máximo de 2 píxeles.

6.6. Realización de fotoplanos

Una vez realizadas las ortofotos, en cualquier fase de los proyectos de trazado y construcción puede realizarse un montaje sobre las imágenes ortorrectificadas de la cartografía y/o el trazado proyectado, obteniéndose de esta forma una visión muy realista del proyecto sobre el terreno existente en la actualidad. Estos fotomontajes son fotoplanos que se realizaran en GeoPDF con una resolución mínima de 600 ppp.

Estos fotoplanos tendrán la misma distribución que los planos de planta del proyecto

6.7. Toponimia mínima a incluir en las ortofotos y los fotoplanos realizados

Para la localización e identificación de las distintas zonas del trazado es fundamental la información que aporta a los planos la incorporación de la toponimia adecuada. Por tanto se incorporará toda la toponimia que figura en la cartografía realizada:

- Toda la toponimia existente en el estudio informativo y la declaración de impacto ambiental (incluyendo -en su caso- los elementos arqueológicos representativos).
- Toda la toponimia de la zona restituida existente en la cartografía del Mapa Topográfico Nacional 1:25.000 del IGN:
 - Parajes significativos.



- Accidentes geográficos significativos.
- Caminos con nombre propio.
- Hidrónimos.
- Poblaciones que aparezcan en la imagen, aunque no tengan Ayuntamiento (pedanías, barrios, parroquias, etc.).
- Nombre de todos los Términos Municipales que figuran en cada hoja de cartografía (deben incluirse los límites de término municipal que figuran en los mapas 1:25.000 del IGN), disponibles en el Centro de Descargas del CNIG.
- Elementos urbanos representativos, aunque estén en ocasiones fuera del casco urbano, especialmente cementerios y ermitas.
- Nombre de todos los tramos de las carreteras representadas, incluyendo sus puntos kilométricos.

6.8. Sistema de coordenadas de los fotoplanos

Los fotoplanos de una misma área se referirán a un sólo sistema de coordenadas, especialmente si un trabajo se desarrolla en dos husos diferentes, se representará en un único huso, que será el que comprenda la mayor parte del trabajo.

En caso de ser imprescindible la utilización de fotoplanos en dos husos distintos en un mismo proyecto, será necesaria la autorización explícita del Director del proyecto que dictará en su caso las normas necesarias para garantizar la continuidad del proyecto al cambiar el huso.

Se dibujarán los vértices de una red de cuadrados de diez centímetros (10 cm) de lado en el fotoplano, orientados según el sistema de coordenadas; en cada hoja del fotoplano aparecerán las coordenadas de al menos tres de estos vértices, para tener así definidas de forma gráfica las coordenadas de cualquier punto de la hoja.

En todas las hojas se indicará la posición del norte del sistema de coordenadas mediante un símbolo fácilmente identificable.



6.9. Documentación a entregar de las ortofotografías

La documentación mínima a entregar de las ortofotografías será:

- Memoria técnica del proceso de rectificación, formación del mosaico y ajuste radiométrico donde se especificarán la metodología e instrumentación empleadas, software y cálculo empleados para la obtención de las ortofotografías del proyecto de trazado.
- Ficheros en formato TIFF (sin tiles y sin comprimir) de las ortofotografías realizadas con la resolución del GSD solicitado para el proyecto de trazado.
- Ficheros en formato comprimido JPG de las ortofotografías realizadas con la resolución del GSD solicitado para el proyecto de trazado.
- Ficheros para la georreferenciación de los anteriores ficheros de imagen empleando como sistema de referencia UTM ETRS89.
- Ficheros de las ortofotografías correspondientes a la banda de cartografía restituida en formato JPG georreferenciadas, para que en cualquier fase de los proyectos de trazado y construcción se pueda realizar el montaje sobre la ortofotografía de la representación del trazado.
- Se debe incluir en el Anejo de Trazado una colección de fotoplanos en GeoPDF con resolución no inferior a 600 ppp, con el montaje de la ortofotografía más el trazado en color, que en caso necesario se puedan imprimir en formato DIN A3 (reducción de los planos originales, usualmente a escala 1:1.000 en DIN A1). Se exigirá su actualización en caso de existir modificaciones del trazado para cada una de las fases de los proyectos de trazado y construcción.
- Se deberá indicar en los fotoplanos, junto a la escala gráfica, la escala numérica a la que estaría la ortofoto en caso de imprimirse en formato DIN A1.



7. TRABAJOS TOPOGRÁFICOS DE CAMPO ADICIONALES PARA COMPLETAR LA CARTOGRAFÍA

Se realizarán trabajos topográficos de campo para la toma de datos complementarios a la cartografía realizada por restitución, y que pueden incluso necesitar metodologías de trabajo que den mayor precisión que la cartografía utilizada en el proyecto de trazado. Este tipo de trabajos y las posibles alternativas para su realización se describen a continuación:

- Toma de datos en túneles, que obviamente no se pueden obtener a partir de imágenes aéreas:
 - Pueden realizarse levantamientos taquimétricos con estaciones totales.
 - Pueden realizarse levantamientos con tecnología de Láser Escáner Terrestre.
- Levantamientos topográficos de detalle para la obtención de cartografía no susceptible de realizarse por medio del vuelo fotogramétricos por la escala requerida (1:200 a 1:500) en las zonas donde se vayan a emplazar obras de fábrica o drenaje, estructuras, túneles, o elementos singulares; o bien levantamientos taquimétricos de zonas de interés que han quedado fuera del vuelo o que no son perfectamente visibles. Las posibles alternativas para realizar los levantamientos topográficos son las siguientes:
 - Mediante técnicas GNSS.
 - Mediante estaciones totales, especialmente en zonas con mucho arbolado, desfiladeros, o zonas urbanas, con mala cobertura GNSS.
 - Mediante tecnología de Láser Escáner Terrestre.
- Levantamientos parciales a la misma escala que se ha realizado la cartografía, en caso de que esta cartografía ejecutada deje sin restituir algunas zonas:
 - Puede completarse la cartografía usando imágenes obtenidas en un vuelo fotogramétrico complementario con avión (como se ha detallado en el apartado "2.2. Vuelos realizados con aviones").
 - Puede completarse la cartografía usando imágenes VANT (como se ha detallado en el apartado "2.3. Vuelos realizados con VANT").
 - Pueden realizarse levantamientos topográficos con GNSS.
 - Pueden realizarse levantamientos topográficos con estaciones totales.
 - Pueden realizarse los levantamientos con tecnología de Láser Escáner Terrestre.
- Revisión y actualización de la cartografía que aporte la D.G.C. en caso de ser ésta facilitada, y que se haya realizado de acuerdo con los criterios





contenidos en el presente documento y existan todos los entregables que aquí se indican:

- Pueden realizarse mediante la ejecución de nuevo vuelo fotogramétrico con avión o VANT (como se ha detallado en los apartados "2.2. Vuelos realizados con aviones" y "2.3. Vuelos realizados con VANT").
- Pueden realizarse levantamientos topográficos con GNSS.
- Pueden realizarse levantamientos topográficos con estaciones totales.
- Levantamiento de perfiles longitudinales y transversales en las zonas en que deba actuarse en las conexiones con vías rurales, provinciales y estatales, a efectos del diseño de las intersecciones o enlaces, o que constituyan un paso superior. Asimismo, se obtendrán las coordenadas de los edificios o cualquier elemento próximo al trazado que pueda afectar a éste.,
 - Pueden realizarse mediante métodos fotogramétricos utilizando imágenes VANT de pequeños GSD (como se ha detallado en el apartado "2.3. Vuelos realizados con VANT").
 - Puede realizarse levantamientos topográficos con GNSS.
 - Puede realizarse levantamientos con estaciones totales.
 - Puede realizarse mediante la utilización de levantamientos con tecnología de Láser Escáner Terrestre.
 - Puede realizarse la toma de datos utilizando técnicas de Mobile Mapping System.
- Fijación en los planos de los servicios afectados, a fin de estudiar su modificación o restitución si es preciso:
 - Puede realizarse la toma de datos con GNSS.
 - Puede realizarse la toma de datos con estaciones totales.
- Situación sobre la cartografía de señales kilométricas (hitos o placas) existentes en la carretera actual:
 - Puede realizarse la toma de datos con GNSS.
 - Puede realizarse la toma de datos con estaciones totales.
 - Puede realizarse la toma de datos utilizando técnicas de Mobile Mapping System.



7.1. Densificación de las redes existentes. Bases auxiliares

En caso de necesitarse una base auxiliar, comúnmente denominada "destacado", para el levantamiento de una zona sin visibilidad desde las redes del proyecto (Red Básica o Bases de Replanteo), la base auxiliar debe implantarse a una distancia máxima de 250 m del elemento a levantar. La obtención de las coordenadas de la misma debe realizarse con las metodologías referidas a continuación:

- Si se opta por la observación con estación total, deberá hacerse la observación mediante regla de Bessel, con medida de dos distancias, estacionándose y orientando a vértices de la Red Básica o a la Red de Bases de Replanteo. La distancia máxima de radiación será de 200 metros.
- Si se opta por la metodología GNSS, la observación de las bases auxiliares se realizará en tiempo real (RTK), observando en dos épocas distintas (constelación de satélites diferente), o bien conjuntamente en RTK y estático relativo con postproceso. En cualquier caso, las observaciones deben permitir obtener una comprobación, realizando un doble cálculo.

7.2. Metodología de levantamientos topográficos con estación total

Se podrá utilizar técnicas de radiación con estación total para la realización de los trabajos que exijan la toma de puntos en campo, en zonas de mala recepción o ausencia de señal GNSS (por ejemplo, túneles, trincheras de grandes dimensiones, zonas de mucha vegetación, etc.), que permitan complementar los datos obtenidos por otros métodos.

La toma de datos se realizará estacionando y orientando directamente el equipo en las bases de la Red Básica, Red de Bases de Replanteo o en bases auxiliares obtenidas más próximas al ámbito en estudio, o indirectamente (en un punto de coordenadas no conocidas) mediante técnicas de intersección inversa al menos a 3 bases, determinando de esta forma las coordenadas de la base auxiliar de radiación.

El instrumental para la toma de datos por radiación, debe disponer al menos de las siguientes características: compensador de doble eje, registro digital de datos de ángulos y distancias, desviación estándar en la medida de ángulos inferior a 5" sexagesimales, y en distancias con mediación a prisma precisión superior a $3 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$.

Dado que se dispone de redes de replanteo y/o densificadas con distancia máxima de 250 metros, se limita la distancia de radiación a 200 metros con la finalidad última de garantizar que la precisión tanto en planimetría como en altimetría de los elementos radiados no supere los $\pm 2 \text{ cm}$.



7.3. Metodología de levantamientos topográficos con técnicas GNSS

Se podrá utilizar metodología GNSS para la realización de los trabajos que exijan la toma de puntos en campo, en zonas de horizonte despejado para recibir correctamente la señal GNSS. Este método de trabajo puede ser el adecuado por ejemplo para definir cotas de entrada y salida en obras de drenaje transversal, o perfiles longitudinales en cauces o perfiles transversales en secciones críticas o para levantamientos topográficos de detalle.

Las coordenadas de los puntos necesarios para definir el levantamiento se obtendrán por radiación con técnicas GNSS de RTK estacionando siempre un equipo fijo en vértices de la Red Básica, Bases de Replanteo o bases auxiliares. El uso de soluciones RTK vía GPRS a redes de estaciones de referencia que no estén integradas en el cálculo de la Red Básica, quedará supeditado al enlace y justificación conveniente en el Anejo correspondiente del proyecto tanto en planimetría como en altimetría con el marco de referencia o redes monumentadas específicamente para el proyecto.

Al utilizar la radiación GNSS en RTK debe tenerse en cuenta que el error medio cuadrático esperado para los puntos obtenidos es de ± 5 cm, tanto en planimetría como en altimetría.

7.4. Metodología de levantamientos topográficos con Láser Escáner Terrestre

7.4.1. Generalidades

Las técnicas de barrido mediante Láser Escáner Terrestre pueden plantearse como alternativa a metodologías de captura clásicas topográficas, resultando de especial interés para la toma de datos de elementos tales como estructuras, muros, firmes, escolleras, taludes, túneles, etc.

Por ello, se podrán utilizar técnicas de barrido Láser Escáner Terrestre para obtener una nube de puntos del estado actual del elemento/objeto en estudio (estructuras, muros, firmes, escolleras, taludes, túneles, etc.), pudiendo capturar en la misma toma además de información geométrica 3D del elemento, complementariamente y siempre que sea de interés, información radiométrica (mediante sistema de cámaras fotográficas para colorear la nube de puntos).

Esta captura de datos se podrá realizar empleando sistemas estáticos de barrido láser; entendiéndose por ellos única y exclusivamente aquellos en los que el equipo láser permanece en una posición fija mientras se realiza la captura de datos, o mediante la tecnología SLAM (Simultaneous Localization And Mapping, por sus siglas en inglés) para realizar barridos de láser escáner de forma cinemática en el que el sensor en ningún momento está estacionado, sino en movimiento.



7.4.2. Levantamientos topográficos con Láser Escáner Terrestre en posiciones fijas

En función de la dimensión de la zona en estudio, podrá realizarse desde un estacionamiento único o bien desde varios estacionamientos, creando una nube de puntos que cubra el ámbito. Estas nubes de puntos estarán convenientemente enlazadas entre ellas mediante puntos de enlace suficientes con coordenadas obtenidas por técnicas clásicas topográficas (poligonales, GNSS en estático o en tiempo real, radiaciones, etc.) para poder alcanzar la precisión requerida en cuanto a alineamiento de capturas y georreferenciación absoluta de la nube de puntos incluida en el marco de referencia constituido por las redes del proyecto. Estos puntos de enlace deberán estar referidos planimétricamente y altimétricamente con las redes del proyecto mediante GNSS o poligonales de precisión como ya se ha especificado en los puntos anteriores.

Los puntos de enlace deben tener una distribución de al menos 3 puntos/dianas cada 75 metros, constituyendo una distribución homogénea tanto longitudinalmente como transversalmente para todo el bloque, e incluyendo además de los puntos de enlace interiores siempre elementos de enlace en las esquinas/bordes del bloque.

Atendiendo a las características de los elementos a capturar y de las prestaciones del láser escáner (distancia máxima de escaneado, precisión, resolución, etc.), se debe planificar la toma con el objeto último de poder modelizar y caracterizar el elemento en estudio con el grado de detalle necesario (evitando o minimizando falta de información por oclusiones o sombras).

Las características mínimas del equipamiento Láser Escáner Terrestre a utilizar serán:

- Sistema de escáner de láser.
 - Nubes de puntos sincronizadas y calibradas con las cámaras fotográficas.
 - Precisión relativa de al menos 4 mm a 10 m.
 - Campo de visión de 360° sexagesimales en horizontal y 300° sexagesimales en vertical.
- Sistema de cámaras fotográficas de alta resolución.
 - El sistema debe incluir por lo menos una cámara digital que permita recoger imágenes con resolución 12 Megapíxeles.
 - El campo de visión de las imágenes esféricas debe ser de 360° sexagesimales.



7.4.3. Levantamientos topográficos con Láser Escáner Terrestre con tecnología SLAM

La tecnología para realizar barridos de láser escáner en movimiento son los equipos de localización y mapeo Simultáneo SLAM (Simultaneous Localization And Mapping). Se trata de una tecnología que permite que un dispositivo capture la geometría y radiometría de su entorno mediante medidas relativas y sistemas de visión de puntos y geometrías homónimas. Los sistemas de captura de datos láser e imagen basados en tecnología SLAM pueden ser interesantes para trabajos de comprobación o actualización de datos previos, así como la captura de zonas de extensión limitada. La toma de datos se realiza sin estacionamiento fijo en trípode o en puntos fijos de coordenadas conocidas durante la captura de puntos.

En el caso de utilizar sistemas con esta tecnología, deberán emplazarse en la zona de la toma con SLAM puntos de control y apoyo suficientes para garantizar la calidad tanto en planimetría como en altimetría acorde a la escala del levantamiento a realizar. Independientemente del sistema empleado, y con la finalidad de limitar y controlar las posibles deformaciones por derivas y escala, la captura siempre deberá hacerse mediante itinerarios cerrados (mismo punto de llegada y de partida) de tal forma que la toma cinemática (tiempo utilizado antes de cerrar un itinerario) no supere los 4 minutos.

Los puntos de apoyo y control con coordenadas y cota obtenidos por procedimientos clásicos deben tener una densidad en la nube capturada de al menos 3 puntos cada 40 metros de avance.

Las características mínimas del equipamiento SLAM a utilizar serán:

- Sistema de escáner láser
 - Campo de escaneo horizontal de 360° sexagesimales.
 - Campo de escaneo vertical de 270° sexagesimales.
 - Velocidad de medición de puntos mínima 300.000 puntos/segundo.
 - Alcance mínimo 25 m.
- Sistema de cámaras fotográficas
 - El sistema debe incluir por lo menos una cámara digital que permita recoger imágenes con resolución 12 Megapíxeles.
 - Las imágenes obtenidas deben permitir colorear la nube de puntos.

7.4.4. Especificaciones para el cálculo de las nubes de puntos obtenidas con tecnología Láser Escáner

La totalidad de los cálculos y registros deben referirse al marco de referencia del proyecto mediante la inclusión en el procedimiento de cálculo de los puntos de enlace tomados en campo por procedimientos clásicos, tanto si la captura de la nube se ha realizado con múltiples estacionamientos/posiciones de barrido, o si se ha realizado en forma cinemática con sistema SLAM.





Todos los cálculos y registros deben poder realizarse y ajustarse a las coordenadas y cota propias del proyecto (incluyendo factor de escala de las coordenadas UTM ETRS89). Por ello, el software propuesto por el Consultor, debe permitir, independientemente del sistema de registro realizado para obtener la nube de puntos, que la nube de puntos calculada tanto en planimetría como en altimetría quede ajustada al marco de referencia del proyecto.

7.4.5. Ficheros a entregar de los levantamientos realizados con Láser Escáner

La nube de puntos se entregará georreferenciada y depurada en formato LAS, estando los puntos georreferenciados y los elementos lineales que conforman las entidades discretas que integran el modelado del objeto del levantamiento georreferenciados y delineados. Los levantamientos producidos se presentarán en CAD en formato digital estándar (en versiones libres de licencia que puedan limitar su apertura). La información tridimensional vectorizada se presentará en los formatos que utilicen los sistemas tanto del Consultor como de la D.G.C., y como mínimo en DXF.

Las técnicas y metodologías empleadas en la toma de datos de los puntos de enlace, toma de datos láser escáner y cálculo, registro y ajuste de los datos debe permitir garantizar una precisión de ± 10 cm tanto en planimetría como en altimetría respecto al marco de referencia del proyecto.

7.5. Metodología de levantamientos con Mobile Mapping System

Los Sistemas de Mapeo Móvil (Mobile Mapping System, MMS) consisten en la captura y toma de datos en forma de nubes de puntos con procedimientos de Láser Escáner colocados sobre una plataforma adaptada instalada en un vehículo automóvil.

Esta tecnología puede resultar de utilidad para la toma de datos de vías existentes sin tener que interrumpir el tráfico, ya que, aunque la precisión planimétrica global es inferior a la obtenida por procedimientos de topografía tradicionales (tales como GNSS en tiempo real o estación total) desde las Bases de Replanteo, la medición de peraltes puede llegar a tener más precisión.

Por este motivo su uso queda limitado a la realización de inventarios de plataformas de carreteras y la obtención de perfiles transversales de las calzadas; estos perfiles deberán ser completados con los otros métodos topográficos descritos en estas prescripciones a partir del borde de la calzada de la carretera en servicio. La obtención de otros elementos de la calzada obtenidos a partir de la nube de puntos está limitada a que se utilice la metodología descrita a continuación, usando estaciones de referencia muy próximas y/o puntos de control, y siempre que la precisión esperada en los elementos representados de ± 10 cm. sea admisible.

Para cualquier trabajo realizado con un sistema MMS, al comienzo de cada sesión de trabajo, es fundamental seguir rigurosamente los procesos de calibración e inicialización requeridos por el fabricante tanto de los sensores como del software usado.

El sistema debe constar de un sensor láser escáner, cámara (o cámaras) que pueden realizar imágenes 360° sexagesimales, un sistema IMU/INS (en algunos modelos), un sistema GNSS, y un odómetro (en algunos modelos). El objeto de los





equipos instalados es poder obtener imágenes 360° del itinerario, y una nube de puntos coloreada con las imágenes, dando coordenadas UTM ETRS89 y altitud ortométrica a los puntos de la nube a partir de los datos de la trayectoria calculados con el GNSS, el sistema inercial y el odómetro. Es necesario contar con todos estos equipos ya que existen acumulaciones de errores en el sistema inercial, pérdidas de la señal GNSS en puntos por arbolado, paso por túneles o bajo estructuras existentes. Los datos capturados por los sensores se procesan y se combinan para crear modelos tridimensionales de la trayectoria y la nube de puntos que conforma el entorno del sistema.

Como ya se ha indicado con anterioridad, es importante realizar una calibración inicial (inicialización del sistema) antes de comenzar la toma masiva de puntos, de acuerdo con las instrucciones del fabricante, verificando con una estación total que la diferencia de cota que obtenemos entre los bordes de la calzada no difiere en más de 2 cm cada 10 m.

Las precisiones de los puntos de un mismo barrido del láser tienen una precisión de entre ± 1 y ± 2 cm, con lo que esta tecnología es muy adecuada para la toma de datos de peraltes en carreteras en uso, si bien puede presentar distorsiones longitudinalmente en el eje de avance de la trayectoria.

La captura de la nube de puntos se restringe hasta el primer obstáculo que exista para producir el retorno de la señal, lo que ocasiona que en múltiples ocasiones la señal rebota en las barreras, elementos de señalización, vegetación u otros elementos en el borde de la calzada existente, con lo que no permite ver el borde de la plataforma (ni bermas, cabezas y pie de taludes en las zonas en terraplén, los pies de talud en las zonas en desmonte e incluso en ocasiones las cunetas).

Las precisiones globales en UTM ETRS89 de los puntos de la nube dependen de la metodología de obtención utilizada, si tan solo se utilizan los datos GNSS, inerciales y del odómetro, están en ± 40 cm, esta precisión puede mejorarse situando estaciones GNSS de referencia en tierra situados previamente, enlazados a la red del proyecto con técnicas de observación GNSS de posicionamiento estático relativo con postproceso, y de tal forma que el receptor GNSS del sistema tenga una señal RTK siempre a una distancia menor de 5 km de su posición. En estas condiciones la precisión global está en ± 10 cm. Esta misma precisión puede obtenerse dando puntos de control de coordenadas conocidas en la carretera que se identifiquen en la nube de puntos con una separación de 1 km y ambos lados de la infraestructura en estudio y que se incluirán en el cálculo del postproceso final de la nube.

Cuando se realice toma de datos con MMS, se entregará la nube de puntos georreferenciada y depurada en formato LAS, y los elementos lineales que conforman las entidades discretas que integran el modelado planimétrico de la carretera georreferenciados y delineados. Los levantamientos producidos se presentarán en CAD en formato digital estándar (en versiones libres de licencia que puedan limitar su apertura). La información tridimensional digitalizada se presentará en los formatos que utilicen los sistemas tanto del Consultor como de la D.G.C., y como mínimo en DXF.

En caso de realizarse una comprobación de la nube de puntos en una sección transversal a la calzada, el error en 10 m será menos de 2 cm, y para otros anchos de calzada el error máximo será el proporcional a este límite (0,02/10 multiplicado por el ancho de la calzada en metros). Si se realiza control de las coordenadas y cotas en





la nube de puntos, el 90 % de los puntos comprobados presentará diferencias menores de 15 cm respecto a las coordenadas y cotas globales en el marco del proyecto obtenidas en la comprobación.

7.6. Documentos a entregar de los trabajos topográficos

Se indica a continuación la documentación mínima a entregar en los levantamientos topográficos según la metodología utilizada. Deberá incluirse además la indicación expresa de haber utilizado las redes de proyecto y las metodologías indicadas, habiendo alcanzado por tanto las precisiones exigidas en el presente documento.

7.6.1. Levantamientos taquimétricos con estación total y GNSS:

- Memoria detallando la metodología de observación y cálculo utilizada, dejando constancia de los vértices de la Red Básica y/o Bases de Replanteo utilizadas.
- Listados de coordenadas ASCII de los puntos utilizados en los trabajos.
- Planos de los levantamientos en formato GeoPDF con resolución no inferior a 600 ppp y en archivos de CAD estándar libre de licencia, en los formatos que utilicen los sistemas tanto del Consultor como de la D.G.C., y como mínimo en DXF. Los planos GeoPDF se podrán imprimir en DIN A3, en una reducción de los planos originales en DIN A1, siendo legibles en este DIN A3 tanto los textos como la toponimia.
- Especificaciones técnicas y calibraciones de los aparatos topográficos utilizados.

7.6.2. Levantamientos taquimétricos con Laser Escáner Terrestre:

- Memoria detallando la metodología de observación y cálculo utilizada, dejando constancia de los vértices de la Red Básica y/o Bases de Replanteo utilizadas.
- Informe de registro de las nubes.
- Listado de coordenadas de los puntos de enlace.
- Ficheros de puntos LAS depurados.
- Planos delineados en formato GeoPDF con resolución no inferior a 600 ppp y en archivos de CAD estándar libre de licencia, en los formatos que utilicen los sistemas tanto del Consultor como de la D.G.C., y como mínimo en DXF. Los planos GeoPDF se podrán imprimir en DIN A3, en una reducción de los planos originales en DIN A1, siendo legibles en este DIN A3 tanto los textos como la toponimia.
- Especificaciones técnicas y calibraciones de los aparatos topográficos utilizados.

7.6.3. Levantamientos topográficos con Mobile Mapping System (MMS):





Dirección General de Carreteras

- Memoria detallando la metodología de observación y cálculo utilizada, dejando constancia de los vértices de la Red Básica y/o Bases de Replanteo utilizadas.
- Informe de registro de la trayectoria.
- Listado de coordenadas de los puntos de control.
- Ficheros de puntos LAS depurados.
- Planos delineados en archivos de CAD estándar libre de licencia y en formato GeoPDF con resolución no inferior a 600 ppp, los formatos de los archivos CAD serán los que utilicen los sistemas tanto del Consultor como de la D.G.C., y como mínimo en DXF. Los planos GeoPDF se podrán imprimir en DIN A3, en una reducción de los planos originales en DIN A1, siendo legibles en este DIN A3 tanto los textos como la toponimia.
- Especificaciones técnicas y calibraciones de los aparatos topográficos utilizado.

FIRMADO

FIRMADO por: JUAN FERNANDO PEDRAZO MAJARREZ. A fecha: 23/04/2025 05:40 PM
Total folios: 75 (54 de 75) - Código Seguro de Verificación: MFOM028FDC4EE37F574E1D19F1B. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



8. TRABAJOS DE REPLANTEO EN CAMPO

8.1. Red de Bases de Replanteo

Partiendo de los vértices de la Red Básica, se establecerán redes de Bases de Replanteo para la aproximación al trazado definitivo y desde las que se realizarán el replanteo y los trabajos topográficos complementarios, sirviendo además como un control permanente de planimetría y altimetría, para las fases posteriores de replanteo y construcción de la obra.

Se situarán los puntos de esta red a distancias que permitan su uso satisfactorio para las necesidades de las obras (máximo valor de la distancia media de 200 m) con una distancia máxima entre ellas de 250 m, de forma que permitan su utilización como Bases de Replanteo del trazado, una vez definido éste, y al mismo tiempo sirvan para realizar los levantamientos topográficos para obtener la cartografía de detalle necesaria para la correcta definición de elementos concretos del proyecto, tales como estructuras, obras de fábrica, encauzamientos, intersecciones, cruces con servicios y servidumbres, etc.

Las Bases de Replanteo se situarán fuera de la zona de movimiento de tierras y posibles afecciones. Se representarán en los planos de planta del trazado junto con los ejes y la línea que delimita la explanación.

Las Bases de Replanteo se señalarán con el sistema más adecuado, en función de la zona de su implantación, pero siempre de forma tal que se garantice su permanencia. Se utilizarán preferentemente clavos de acero recibidos con hormigón y/o clavos de acero en elementos tales como obras de fábrica existentes, soleras, firmes consolidados, utilizándose señales de tipo FENO o hitos similares prefabricados solamente de forma excepcional en terrenos que no permitan el uso de clavos de acero. De cada uno de ellos se realizará una reseña un croquis de campo con la representación del entorno y además, el acceso, el emplazamiento, sus coordenadas proyectadas UTM ETRS89 y coordenadas geodésicas, altura ortométrica, coeficiente de anamorfosis (K), convergencia (W) y una fotografía en color que se incluirán en el proyecto. En el ANEXO 1 se incluye un modelo de "Reseña de Vértice de las Bases de Replanteo".

Se describirá en la memoria de los trabajos de topografía con toda exactitud el procedimiento utilizado para la obtención de las coordenadas y altitudes de los vértices de Red de Bases de Replanteo, especialmente la metodología usada y los puntos utilizados para su enlace con la Red Básica, representándose la Red de Bases de Replanteo y los vértices utilizados de la Red Básica en mapas 1:25.000 de la serie del Mapa Topográfico Nacional. En estos mapas se representarán las visuales realizadas en caso de utilizarse topografía clásica o las baselíneas medidas en caso de utilizarse metodología GNSS.

8.1.1. Observación planimétrica de las Bases de Replanteo

Para la obtención de sus coordenadas planimétricas se pueden utilizar las metodologías siguientes:





A. Confección de una Red Triangulada que se apoye en los vértices de la Red Básica y obtenida con la misma metodología de observación estático-relativo con postproceso descrita para la Red Básica.

La precisión del trabajo (tolerancias) en planimetría en caso de utilizar una Red Triangulada GNSS será:

- El error medio cuadrático de las observaciones será < 5 cm.

B. Realización de birradiación con técnicas GNSS en RTK, desde los vértices de la Red Básica.

Consistirá en la birradiación desde la Red Básica utilizando técnicas GNSS en tiempo real para así poder tener una comprobación de las coordenadas obtenidas, realizando un promedio de las coordenadas siempre y cuando la diferencia entre ellas no supere 5 cm, repitiéndose las mediciones en caso de existir diferencias mayores. Para realizar las radiaciones el receptor GNSS fijo se ha de situar al menos en dos bases de la Red Básica diferentes.

Excepcionalmente, en las fases de observación de la Red de Bases de Replanteo (y sobre todo en los ámbitos de entorno urbano, por cuestiones de seguridad frente al posible robo de equipos topográficos) en las que fuese necesario el estacionamiento de receptores en puntos que no forman parte de la Red Básica del proyecto, se podrán estacionar los equipos en ubicaciones seguras que deberán enlazarse mediante observaciones estático-relativo para calcular en postproceso (cumpliendo los tiempos de observación y condiciones referidas para la observación de la Red Básica) con al menos 3 vértices de la Red Básica del proyecto y/o geodésicos empleados. Deberá entregarse reseña con descripción y fotografía de este vértice complementario. Queda prohibido el uso de este nuevo vértice complementario de Red Básica (no nivelado) sin que se justifiquen el enlace adecuado al marco de referencia del proyecto tanto en planimetría como en altimetría mediante observaciones en estático-rápido con postproceso tal y como se ha detallado.

La precisión del trabajo (tolerancias) en planimetría en caso de realizarse de birradiación con técnicas GNSS en RTK será:

- La diferencia máxima en las distintas determinaciones del mismo punto será de 5 cm.

C. Poligonales de precisión y/o intersección inversa por metodología con estación total, encajadas en los vértices de la Red Básica y/o Bases de Replanteo previamente calculadas.

En caso de realizarse la Red de Bases de Replanteo por topografía clásica, las coordenadas planimétricas se obtendrán mediante la realización de poligonales de precisión cerradas y compensadas encuadradas entre los vértices de la Red Básica y/o Bases de Replanteo previamente calculadas, debiendo ser los errores de cierre de la poligonal inferiores a las tolerancias máximas admitidas que se indican a continuación.

Las poligonales se realizarán con una estación total de 3 segundos sexagesimales de precisión angular o mejor, y 3 mm + 2 ppm en medidas de distancia a prisma.

Solo en los casos que por la geometría de la red o la orografía del terreno se necesite la implantación de una base de replanteo aislada se podrán obtener sus





coordenadas por intersección inversa con estaciones totales de al menos 3 segundos sexagesimales de precisión, siempre apoyándose en al menos 3 vértices de la Red Básica y/o vértices de la Red de Bases de Replanteo más cercanos.

La precisión del trabajo (tolerancias) en planimetría será la siguiente:

- En caso de utilizar Poligonales de Precisión:
 - Error angular $\leq 40 \times (N)^{1/2}$ segundos centesimales, siendo N = número de vértices.
 - Error lineal (después de compensación angular) $\leq 100 \times (K)^{1/2}$ mm; siendo K = longitud del itinerario en km.
- En caso de realizarse una intersección inversa:
 - La diferencia máxima en las distintas determinaciones del mismo punto será de 5 cm.

En caso de realizarse una comprobación planimétrica de las Bases de Replanteo desde la Red Básica, el 90 % de las bases comprobadas presentará diferencias menores de 8 cm en las coordenadas originales respecto a las coordenadas obtenidas en la comprobación.

8.1.2. Observación altimétrica de las Bases de Replanteo

Los vértices de la Red de Bases de Replanteo se dotarán de altura ortométrica mediante itinerarios de nivelación geométrica ida/vuelta encuadrados entre vértices de Red Básica y/o señales de nivelación que hayan sido nivelados geoméricamente en una línea de nivelación continua durante la ejecución de los trabajos de Red Básica. Queda terminantemente prohibido el enlace a clavos no pertenecientes a los trabajos previos de Red Básica y que no hayan sido incluidos en una línea de nivelación continua en los trabajos de Red Básica.

La precisión del trabajo (tolerancias) en altimetría para esta nivelación geométrica se establece en:

- El error en cota $\leq 10 \times (K)^{1/2}$ mm; siendo K=longitud del itinerario en km.

Entendiendo este error en cota:

- Si es una nivelación entre dos puntos de altitud conocida, la diferencia entre la altitud conocida de los de los puntos y el desnivel medido.
- En caso de ser un anillo de nivelación cerrado, es decir que comienza y finaliza en el mismo punto de altitud conocida, la diferencia de con que se llega al punto inicial al cerrar el anillo y que debería ser cero.

En caso de realizarse una comprobación altimétrica de las Bases de Replanteo, en el 90 % de las bases comprobadas las diferencias de cota existentes entre las cotas originales y las de comprobación serán inferiores que $20 (k)^{1/2}$ mm, siendo K=longitud del itinerario en km.

8.2. Replanteo de los ejes y obtención de los perfiles longitudinales





Desde la Red de Bases de Replanteo debidamente niveladas, se realizará el replanteo, su estaquillado y toma del eje, del tronco principal y los ramales. Esta misma tarea se realizará de las vías de servicio y las vías colectoras en caso de solicitarlo el Director del proyecto. El replanteo, estaquillado y obtención del perfil longitudinal se realizará cada 20 m. Una vez obtenido el longitudinal, y tras su comparación con el perfil obtenido de la restitución, se realizará la corrección de las rasantes si fuera necesario.

Para la realización de este trabajo puede utilizarse la tecnología GNSS en RTK o el uso de una estación total de 5 segundos sexagesimales de precisión angular o mejor, y 5 mm + 3 ppm en medidas de distancia a prisma.

Se incluirá en el Anejo de Topografía del proyecto una tabla con la relación de las diferencias entre las cotas del eje obtenidas en la cartografía, y los datos obtenidos en el replanteo y toma del eje de campo.

En caso de realizarse una comprobación del longitudinal de campo, las diferencias entre las cotas del 90 % de los puntos comprobados del perfil longitudinal obtenido en campo y las de comprobación serán menores de 20 cm.

8.3. Obtención de perfiles transversales

Se realizará la obtención de los perfiles transversales en cada punto replanteado del eje del tronco principal y los ejes de los ramales, con la anchura necesaria en función de la zona de ocupación (plataforma y los derrames de los taludes de cada eje).

Para su realización con estación total o con tecnología GNSS deben utilizarse programas auxiliares de replanteo de alineaciones en tiempo real que permitan comprobar que los puntos tomados en campo están sobre la alineación del perfil, evitando los errores ocasionados por la falta de perpendicularidad del perfil tomado en campo respecto al punto del eje y/o la falta de alineación de los puntos tomados con la alineación que define el perfil.

En el caso de tener que realizarse perfiles transversales en carreteras o autovías en las que sea necesario obtener los datos del peralte, los procedimientos GNSS no dan la suficiente precisión para obtenerlo. Para estos casos se podrán obtener los datos por nivelación geométrica, o con el procedimiento de radiación de los puntos de línea blanca o borde de aglomerado con estaciones totales a distancias no superiores a 150 m, desde las Bases de Replanteo niveladas, para obtener de esta forma puntos de calzada de cada perfil transversal con una precisión altimétrica de mínima de $\pm 1,5$ cm.

Otra posibilidad para la obtención de perfiles y peraltes es la utilización de Laser Escáner Terrestre y del Mobile Mapping System (MMS).

Con los perfiles obtenidos en campo y el trazado del proyecto se hará el cálculo definitivo de los movimientos de tierras del proyecto.

En el Anejo de Topografía se incluirá la representación gráfica de las diferencias, representándose los perfiles transversales obtenidos en campo superpuestos a los obtenidos de la cartografía. Esta presentación se realizará en los formatos que utilicen los sistemas tanto del Consultor como de la D.G.C., y como mínimo en DXF. Es absolutamente obligatorio incluir en el correspondiente Anejo del proyecto de



trazado, y posteriormente en el de construcción, la representación gráfica de la superposición de los perfiles de cartografía y topografía indicados anteriormente.

Para la comprobación de los perfiles transversales en la fase de supervisión, el equipo supervisor obtendrá en campo un nuevo perfil transversal completo en el porcentaje de PP.KK. que especifique el correspondiente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del contrato de servicios de supervisión de proyectos de trazado y construcción. Cada perfil de comprobación contará con la anchura necesaria en función de la zona de ocupación (plataforma y los derrames de los taludes de cada eje), y se verificará la correcta definición del terreno a todo lo largo del perfil de proyecto, comprobando que al representar los dos perfiles obtenidos superpuestos (el de proyecto y el de comprobación) se cumpla que como mínimo en el 90 % de los perfiles comprobados:

- La máxima diferencia de las cotas entre todos los puntos de las dos representaciones del terreno realizadas será como máximo de 40 cm en el 95 % de los puntos del perfil. Con esta comprobación se garantiza que se han tomado los suficientes puntos en campo para definir correctamente el terreno representado mediante el perfil.
- Se comprobará que la media aritmética de las diferencias en cota medidas entre las dos representaciones del terreno con su signo positivo o negativo (según sea la diferencia de cota) será como máximo 20 cm. Con esta comprobación se verifica que las diferencias detectadas son tolerables para el cálculo del movimiento de tierras en el proyecto, así como posibles variaciones en los límites de las aristas de explanación.
- Se comprobará que la media aritmética de las diferencias en cota medidas entre las dos representaciones del terreno en valor absoluto será como máximo 30 cm. Con esta comprobación se verifica que las diferencias detectadas no son ocasionadas por un error en el sistema altimétrico utilizado para la toma del perfil que pudiera ocasionar diferencias no tolerables (sesgo) en el cálculo del movimiento de tierras del proyecto, así como posibles variaciones en los límites de las aristas de explanación.

En caso de realizarse la comprobación altimétrica de las diferencias de cotas correspondientes a los bordes de calzada que definan el peralte de una sección, las diferencias en el 90 % de los peraltes comprobados no deben superar los 3 cm en 10 m de ancho de calzada, y para otros anchos de calzada el error máximo será proporcional a este límite (0,03/10 del ancho de la calzada en metros).

8.4. Documentos a entregar de los trabajos de replanteo

8.4.1. Bases de Replanteo

La documentación mínima a entregar de los trabajos de materialización y observación de la Red de Bases de Replanteo será:

- Memoria descriptiva de los trabajos que contenga al menos:
 - Proyección cartográfica empleada.
 - Métodos topográficos empleados.





- Enlace a la Red Básica, y a la Red Geodésica si procede.
- Instrumentación.
- Indicación expresa de haber alcanzado las precisiones exigidas en las presentes prescripciones.

- Gráfico de la Red de Bases de Replanteo sobre el Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000, incluyendo las baselíneas en caso de metodología GNSS, y las poligonales e intersecciones inversas desde la Red Básica si se ha realizado alguna.
- Gráfico de los anillos de nivelación sobre el Mapa Topográfico Nacional a escala 1:25.000.
- Informe de baselíneas, en el que se incluirán las referencias, equipos utilizados, fecha, tiempo de observación, GDOP, calidad de las observaciones y longitud de las baselíneas.
- Informe del cálculo de poligonales e intersecciones inversas en caso de realizarse por topografía clásica, incluyendo los datos de campo.
- Informe de nivelación geométrica que contenga las observaciones y el cálculo.
- Ajuste y compensación de la red de bases haciendo constar errores de cierre y longitud de la poligonal en caso de haberse hecho topografía clásica, o residuos de las observaciones, error medio cuadrático de las coordenadas compensadas, elipses de error en la determinación de la posición de los vértices de la red en caso de utilizar metodología GNSS.
- Reseñas de las Bases de Replanteo, de acuerdo al modelo incluido en el ANEXO 1.
- Coordenadas y reseñas los vértices de la Red Básica usados en la realización de la Red de Bases de Replanteo (incluso los utilizados para orientar en caso de haberse realizado poligonales de topografía clásica).
- Coordenadas y reseñas de puntos para realizar el enlace con otros tramos en caso de existir.
- Listado de coordenadas de las Bases de Replanteo en el sistema de referencia de coordenadas ETRS89 UTM y altitudes ortométricas.
- Planos de planta a escala 1:2.000 en GeoPDF con resolución no inferior a 600 ppp con los límites de los movimientos de tierras y las Bases de Replanteo representadas.
- Especificaciones técnicas y calibraciones de los aparatos topográficos utilizados.



8.4.2. Replanteo de los ejes y perfiles longitudinales

La documentación mínima a entregar de los trabajos de replanteo de los ejes y obtención de los perfiles longitudinales será:

- Memoria detallando la metodología de observación y cálculo utilizada, dejando constancia de los vértices de la Red Básica y/o Bases de Replanteo utilizadas.
- Indicación expresa de haber utilizado las redes de proyecto y las metodologías indicadas, habiendo alcanzado por tanto las precisiones exigidas en las presentes prescripciones.
- Cotas de los perfiles longitudinales.
- Relación de diferencias entre las cotas obtenidas de la cartografía y las cotas obtenidas en los replanteos.
- Estado de alineaciones y listado de puntos cada 20 m.
- Especificaciones técnicas y calibraciones de los aparatos topográficos utilizados.

Toda la documentación de este apartado se entregará tanto en formato PDF con resolución no inferior a 300 ppp, como en archivos digitales, en formatos que utilicen los sistemas tanto del Consultor como de la D.G.C.

8.4.3. Perfiles transversales

La documentación mínima a entregar de la obtención en campo de los perfiles transversales será:

- Memoria detallando la metodología de observación y cálculo utilizada, dejando constancia de los vértices de la Red Básica y/o Bases de Replanteo utilizadas.
- Indicación expresa de haber utilizado las redes de proyecto y las metodologías indicadas habiendo alcanzado por tanto las precisiones exigidas en las presentes prescripciones.
- Perfiles transversales de campo, en formato de CAD estándar libre de licencia, como mínimo en DXF y en formato ASCII en el que figuren PK, distancia al eje y cota.
- Representación gráfica en PDF con resolución no inferior a 600 ppp y en archivos de CAD estándar libre de licencia, de las diferencias entre los perfiles transversales obtenidos en campo superpuestos a los obtenidos de la cartografía, en los formatos que utilicen tanto el consultor como la D.G.C., y como mínimo en DXF.
- Especificaciones técnicas y calibraciones de los aparatos topográficos utilizados.





ANEXO 1 MODELO DE RESEÑAS

Reseña de los Vértice de la Red Básica

NOMBRE Y CLAVE DEL PROYECTO	Nº BASE
VÉRTICES DE LA RED BÁSICA	
<p>Identificación</p> <p>Nombre:</p> <p>Provincia:</p> <p>Municipio:</p> <p>Fecha:</p>	<p>Coordenadas ETRS89</p> <p>X UTM:</p> <p>Y UTM:</p> <p>Altura Ortométrica:</p> <p>Factor de escala (k):</p> <p>Convergencia (w):</p> <p>Huso:</p>
<p>Situación</p>	<p>Coordenadas Geográficas</p> <p>Longitud:</p> <p>Latitud:</p> <p>Altura Elipsoidal:</p>
<p>Croquis General</p>	<p>Fotografía</p>
<p>Croquis de Detalle</p>	<p>Observaciones</p>

FIRMADO por: JUAN FERNANDO PEDRAZO MAJARREZ. A fecha: 23/04/2025 05:40 PM
Total folios: 75 (62 de 75) - Código Seguro de Verificación: MFOM028FDC4EE37F574E1D19F1B. Verificable en https://sede.transportes.gob.es





Reseña de los Vértice de la Red Auxiliar

NOMBRE PROYECTO	Nº BASE
------------------------	----------------

REDES AUXILIARES

Identificación

Nombre: Nº BASE

Provincia:

Municipio:

Fecha:

Coordenadas ETRS89

X UTM:

Y UTM:

Altura Ortométrica:

Factor de escala (k):

Convergencia (w):

Huso:

Situación

Coordenadas Geográficas

Longitud:

Latitud:

Altura Elipsoidal:

Croquis General

Fotografía

Croquis de Detalle

Observaciones

FIRMADO por: JUAN FERNANDO PEDRAZO MAJARREZ. A fecha: 23/04/2025 05:40 PM
Total folios: 75 (63 de 75) - Código Seguro de Verificación: MFOM028FDC4EE37F574E1D19F1B. Verificable en https://sede.transportes.gob.es





Reseña de los clavos auxiliares de Nivelación

NOMBRE Y CLAVE DEL PROYECTO	
CLAVOS AUXILIARES DE NIVELACIÓN	
Nombre	Nº CLAVO
Fotografía	Identificación
	Provincia:
	Municipio:
	Fecha:
	Enlaza anterior: Enlaza posterior:
	COTA:
	Descripción
	Situación
Nombre	Nº CLAVO
Fotografía	Identificación
	Provincia:
	Municipio:
	Fecha:
	Enlaza anterior: Enlaza posterior:
	COTA:
	Descripción
	Situación

FIRMADO por: JUAN FERNANDO PEDRAZO MAJARREZ. A fecha: 23/04/2025 05:40 PM
Total folios: 75 (64 de 75) - Código Seguro de Verificación: MFOM028FDC4EE37F574E1D19F1B. Verificable en https://sede.transportes.gob.es





Reseña de Punto de Apoyo

NOMBRE Y CLAVE DEL PROYECTO		
PUNTOS DE APOYO		
<i>Punto de Apoyo:</i>	Nº PUNTO	<i>Croquis</i>
<i>Coordenadas:</i>		
X	Y	H
<i>Fotograma:</i>		
<i>Pasada:</i>		
<i>Descripción:</i>		
<i>Punto de Apoyo:</i>	Nº PUNTO	<i>Croquis</i>
<i>Coordenadas:</i>		
X	Y	H
<i>Fotograma:</i>		
<i>Pasada:</i>		
<i>Descripción:</i>		
<i>Punto de Apoyo:</i>	Nº PUNTO	<i>Croquis</i>
<i>Coordenadas:</i>		
X	Y	H
<i>Fotograma:</i>		
<i>Pasada:</i>		
<i>Descripción:</i>		
<i>Punto de Apoyo:</i>	Nº PUNTO	<i>Croquis</i>
<i>Coordenadas:</i>		
X	Y	H
<i>Fotograma:</i>		
<i>Pasada:</i>		
<i>Descripción:</i>		
<i>Punto de Apoyo:</i>	Nº PUNTO	<i>Croquis</i>
<i>Coordenadas:</i>		
X	Y	H
<i>Fotograma:</i>		
<i>Pasada:</i>		
<i>Descripción:</i>		

FIRMADO por: JUAN FERNANDO PEDRAZO MAJARREZ. A fecha: 23/04/2025 05:40 PM
 Total folios: 75 (65 de 75) - Código Seguro de Verificación: MFOM028FDC4EE37F574E1D19F1B. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>





Reseña de las Bases de Replanteo

NOMBRE Y CLAVE DEL PROYECTO	Nº BASE
BASES DE REPLANTEO	
Identificación Nombre: Provincia: Municipio: Fecha:	Coordenadas ETRS89 X UTM: Y UTM: Altura Ortométrica: Factor de escala (k): Convergencia (w): Huso:
Situación	Coordenadas Geográficas Longitud: Latitud: Altura Elipsoidal:
Croquis General	Fotografía
Croquis de Detalle	Observaciones

FIRMADO por: JUAN FERNANDO PEDRAZO MAJARREZ. A fecha: 23/04/2025 05:40 PM
 Total folios: 75 (66 de 75) - Código Seguro de Verificación: MFOM028FDC4EE37F574E1D19F1B. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



ANEXO 2 EJEMPLO DE LISTADO DE CÓDIGOS UTILIZADOS

Para una correcta utilización de los elementos que forman la representación cartográfica en los trabajos de diseño de una obra lineal es necesario diferenciar dos tipos de elementos:

- Los que definen el terreno sin ningún elemento situado sobre él (edificaciones, puentes, muros de separación de parcelas, etc.), es decir, la superficie del terreno que constituye el MDT.
- Los que definen la elevación de cada punto definida sobre el elemento que en él se encuentre, que es el modelo de superficies o MDS.

De esta forma, en el MDS la altitud de un punto estará en los elementos que se hayan construido sobre el terreno como, por ejemplo, las edificaciones o los puentes. Por tanto, la diferencia de altitud entre el MDS y el MDT se corresponde con las alturas de los elementos construidos sobre el terreno.

Por consiguiente, en función del uso que se vaya a dar a los elementos cartográficos y topográficos representados se utilizará el MDS o el MDT: si se necesita ver datos de la superficie del terreno se utilizará el MDT (por ejemplo, para realizar una cubicación del movimiento de tierras), pero si se precisa realizar un perfil puede ser necesario utilizar el MDS para poder incluir en él todos los elementos intersectados por dicho perfil.

Por último, existen elementos de tipo 3D que pese a ser líneas en tres dimensiones no forman parte de los modelos de elevaciones (MDE), ni del MDT, ni del MDS, como por ejemplo las líneas del apartado "LÍMITES" de la tabla adjunta, si bien, aunque su situación planimétrica (2D) sea correcta, la altimetría no se corresponde con un MDE. Pese a ello, puede ser necesaria conocer su ubicación planimétrica para realizar un perfil, superficializar elementos, localizar servicios, etc.

Al realizarse la cartografía, en función de la metodología de obtención de cada uno de los elementos y sus propias características, debe incluirse en una tabla como la adjunta a continuación (TOC), si los elementos son del tipo 3D, 3DT (terreno) o 3DS (superficie).





CÓDIGO	ELEMENTO	TIPO GRAFICO	ESTILO	BLOQUE	COLOR			GRUESO	TIPO 3D
			LÍNEA		R	G	B		
VÉRTICES Y PUNTOS DE APOYO									
000101	VÉRTICE 1 ORDEN	PUNTUAL		GEO1	0	0	0	0.010	3DS
000103	VÉRTICE TOPOGRÁFICO	PUNTUAL		VERTOP	0	0	0	0.010	3DS
000104	PUNTO DE APOYO	PUNTUAL		PA	0	0	0	0.010	3DS
000105	ESTACIÓN DE REFERENCIA GNSS	PUNTUAL		GNSS	0	0	0	0.010	3DS
000108	PUNTO TAQUIMÉTRICO	PUNTUAL		TAQ	0	0	0	0.010	3DT
000109	BASE REPLANTEO	PUNTUAL		BR	0	0	0	0.010	3DT
LÍMITES									
010121	MOJÓN	PUNTUAL		MOJONC	0	0	0	0.010	3D
010123	LÍMITE DE PROVINCIA	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0,025	3D
010223	LÍMITE DE MUNICIPIO	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0,020	3D
010325	PERÍMETRO PARQUE NATURAL	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0,020	3D
010423	LÍMITE DE NACIÓN	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0,030	3D
010424	LÍMITE DE AUTONOMÍA	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0,025	3D
013101	LÍMITE COMARCAL	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0,020	3D
0111111	LÍMITE TRABAJO	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0,020	3D
ALTIMETRÍA									
020123	CURVA DE NIVEL (FINA)	LINEAL	CONTINUA		200	90	10	0,020	3DT
020124	CURVA DE NIVEL (MAESTRA)	LINEAL	CONTINUA		200	60	10	0,025	3DT
020126	CURVA DE DEPRESIÓN FINA	LINEAL	PATRONEADA		200	90	10	0,020	3DT
020127	CURVA DE DEPRESIÓN MAESTRA	LINEAL	PATRONEADA		200	60	10	0,025	3DT
020225	ZANJA	LINEAL	PATRONEADA		255	60	0	0,010	3DT
020246	ESCARPADO	LINEAL	PATRONEADA		168	0	0	0,010	3DT
020247	LÍNEA DE DESMONTE	LINEAL	PATRONEADA		112	56	0	0,010	3DT
020249	ROCAS	LINEAL	PATRONEADA		168	0	0	0,010	3DS
020301	CUEVA	LINEAL	PATRONEADA		168	0	0	0,010	3DT
020401	PUNTO DE COTA	PUNTUAL		COTA	0	0	0	0,010	3DT
020423	TALUD. PIE	LINEAL	PATRONEADA		112	56	0	0,010	3DT
020424	TALUD. CABEZA	LINEAL	PATRONEADA		112	56	0	0,010	3DT
HIDROGRAFÍA									
030120	CUNETAS EJE (OBRA Y TIERRA)	LINEAL	PATRONEADA		0	0	252	0,010	3DT
030123	RIO	LINEAL	CONTINUA		0	0	252	0,020	3DT
030124	MARGEN DE CURSO FLUVIAL INTERMITENTE	LINEAL	PATRONEADA		0	0	252	0,010	3DT
030127	VAGUADA	LINEAL	PATRONEADA		0	0	252	0,010	3DT
030128	EMBALSE	LINEAL	CONTINUA		0	0	252	0,010	3DT
030132	LÍNEA DE COSTA	LINEAL	CONTINUA		0	0	252	0,025	3DT
030222	RAMBLA	LINEAL	PATRONEADA		0	0	252	0,010	3DT
030246	CHARCAS O ZONAS PANTANOSAS	LINEAL	PATRONEADA		0	0	252	0,010	3DT
030248	CONTORNO DE LAGO/LAGUNA	LINEAL	CONTINUA		0	0	252	0,010	3DT

FIRMADO

FIRMADO por: JUAN FERNANDO PEDRAZO MAJARREZ. A fecha: 23/04/2025 05:40 PM
 Total folios: 75 (68 de 75) - Código Seguro de Verificación: MF0M028FDC4EE37F574E1D19F1B. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>



CÓDIGO	ELEMENTO	TIPO GRAFICO	ESTILO	BLOQUE	COLOR			GRUESO	TIPO 3D
			LÍNEA		R	G	B		
030249	BALSA	LINEAL	CONTINUA		0	0	252	0.010	3DT
030301	SIFÓN	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DS
030302	RESPIRADERO	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DS
030303	SIFÓN	PUNTUAL		SIFON	255		0	0.010	3DS
030305	CANALETA	LINEAL	PATRONEADA		0	0	255	0.010	3DS
030322	ACEQUIA MARGEN (TIERRA)	LINEAL	PATRONEADA		0	0	252	0.010	3DS
030323	ACEQUIA EJE	LINEAL	PATRONEADA		0	0	252	0.010	3DT
030324	ACUEDUCTO	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DS
030325	MARGEN DE CANAL (OBRA)	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DS
030326	OTRAS CONDUCCIONES SUPERFICIAL	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DS
030327	OTRAS CONDUCCIONES (BAJO RASANTE)	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0.010	3DS
030329	EJE DE CANAL	LINEAL	PATRONEADA		0	0	252	0.010	3DT
030330	ACEQUIA MARGEN (TIERRA)	LINEAL	PATRONEADA		246	61	27	0.010	3DT
030331	CANAL. PIE	LINEAL	PATRONEADA		0	0	252	0.010	3DT
030332	ACEQUIA. PIE	LINEAL	PATRONEADA		0	0	252	0.010	3DT
030346	DEPOSITO ELEVADO	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DS
030347	DEPOSITO (A NIVEL DEL SUELO)	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DT
030348	ESTACIÓN DEPURADORA	LINEAL	CONTINUA		255	0		0.010	3DS
030349	HIDRANTE	LINEAL	CONTINUA		0	0	252	0.010	3DS
031350	HIDRANTE. PUNTUAL	PUNTUAL		HIDRANTE	0	0	252	0.010	3D
030423	ESCLUSA	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.015	3D
030446	DIQUE DE EMBALSE O PRESA	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.015	3DS
030448	MUELLE/EMBARCADERO	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.015	3DS
030450	PISCINA	LINEAL	CONTINUA		0	0	252	0.010	3DS
030451	ESTANQUE	LINEAL	CONTINUA		0	0	252	0.010	3DT
030524	FUENTE	LINEAL	CONTINUA		0	0	252	0.010	3DS
030525	POZO	LINEAL	CONTINUA		0	0	252	0.010	3DS
030526	ABREVADERO	LINEAL	CONTINUA		0	0	252	0.010	3DS
030528	LAVADERO	LINEAL	CONTINUA		0	0	252	0.010	3DS
031525	POZO	PUNTUAL		POZO	0	0	252	0.010	3D
034101	CUNETA MARGEN (BORDES DE OBRA)	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DT
034102	CUNETA FONDO	LINEAL	CONTINUA		0	0	252	0.010	3DT
USOS DEL SUELO Y VEGETACIÓN									
040124	PARCELA	LINEAL	CONTINUA		0	112	84	0.010	3D
040126	TAPIA	LINEAL	PATRONEADA		255	0	0	0.010	3D
040127	ALAMBRADA	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0.010	3D
040128	TAPIA CON VERJA-ALAMBRADA	LINEAL	PATRONEADA		255	0	0	0.010	3D
040130	VALLA	LINEAL	PATRONEADA		255	0	0	0.010	3D
040131	COLUMNA/PILAR	LINEAL	CONTINUA		240	0	0	0.010	3D
040133	VIGA	LINEAL	CONTINUA		240	0	0	0.010	3D



CÓDIGO	ELEMENTO	TIPO GRAFICO	ESTILO	BLOQUE	COLOR			GRUESO	TIPO 3D
			LÍNEA		R	G	B		
040142	PUERTA, ENTRADA, CANCELA	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
040254	ARBUSTOS	LINEAL	PATRONEADA		0	110	40	0.010	3D
040255	INVERNADERO	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
040256	ZONA ARBOLADA	LINEAL	PATRONEADA		0	112	84	0.010	3D
040257	CORTAFUEGOS	LINEAL	CONTINUA		0	112	84	0.010	3D
040258	LÍNEA DE JARDÍN	LINEAL	PATRONEADA		0	112	84	0.010	3D
040259	SETO	LINEAL	PATRONEADA		0	112	84	0.010	3D
040261	PALMERA	PUNTUAL		PALM	0	112	84	0.010	3D
040262	ÁRBOL AISLADO	PUNTUAL		ARBOL	0	112	84	0.010	3D
040263	ÁRBOL CON ALCORQUE	PUNTUAL		ARBALC	255	0	0	0.010	3D
040264	ALCORQUE	PUNTUAL		ALCOR	255	0	0	0.010	3D
040265	ALCORQUE	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3D
040301	MINA	LINEAL	CONTINUA		255	100	100	0.010	3D
040303	CANTERA	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
040445	ESCOMBRERA	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
040446	VERTEDERO	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
040448	EXPLANADA	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DT
010521	MURO	LINEAL	PATRONEADA		255	0	0	0.010	3DS
040522	MURO DE CONTENCIÓN. PIE	LINEAL	PATRONEADA		250	20	20	0.010	3DT
040523	MURO DE CONTENCIÓN. CABEZA	LINEAL	PATRONEADA		255	0	0	0.010	3DT
040524	BANCAL DE TIERRA	LINEAL	PATRONEADA		168	0	0	0.010	3DT
040529	BANCAL DE TIERRA PIE	LINEAL	CONTINUA		150	20	0	0.010	3DT
040525	TORRE DE VIGILANCIA	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
040526	MURO ANCHO	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DS
040528	MURALLA	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DS
040530	ESCOLLERA	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0.010	3DT
EDIFICACIÓN / CONSTRUCCIÓN									
050146	EDIFICIO /MANZANA	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DS
050147	EDIFICIO PUBLICO SINGULAR (IGLESIA-COLEGIO)	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.020	3DS
050150	EDIFICIO EN CONSTRUCCIÓN	LINEAL	PATRONEADA		255	0	0	0.010	3DS
050151	EDIFICIO EN RUINAS	LINEAL	PATRONEADA		255	0	0	0.010	3DS
050153	CHAMIZO/CHABOLA/CASETA (USO AGRÍCOLA)	LINEAL	CONTINUA		255	0	40	0.010	3DS
050156	ZONA DEPORTIVA	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DS
050159	CEMENTERIO	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DS
050160	MUELLE/ANDEN/PLATAFORMA	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DT
050174	PLAZA DE TOROS	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3D
050246	NAVE INDUSTRIAL	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DS
050247	SILO	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DS
050324	MEDIANERÍAS	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DS
050326	BORDILLO	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DT



CÓDIGO	ELEMENTO	TIPO GRAFICO	ESTILO	BLOQUE	COLOR			GRUES O	TIPO 3D
			LÍNEA		R	G	B		
050327	ZONA DE OBRAS	LINEAL	CONTINUA		148	82	84	0.010	3DS
050328	ESCALERA	LINEAL	PATRONEADA		255	0	0	0.010	3DS
050329	BASCULA	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
050332	MARQUESINA	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DS
050334	CHIMENEA	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3D
050335	RAMPA	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DS
050338	PLATAFORMA METÁLICA	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DS
050350	RESTOS ARQUEOLÓGICOS	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0.010	3D
050352	TERRAZA	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3D
050355	PATIO EDIFICIO/MANZANA	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3D
050357	CLARBOYAS/TRAGALUZ	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
050358	ZONA DE JUEGOS	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3D
REDES DE COMUNICACIÓN									
060102	HITO KILOMÉTRICO AUTOPISTAS/CARRETERAS	PUNTUAL		PK	0	0	0	0.010	3D
060106	BOLARDO	PUNTUAL		BOLAR	0	0	0	0.010	3D
060101	BORDE DE CARRETERA	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DT
060118	PINTURA CALZADA CONTINUA	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DS
060119	PINTURA CALZADA DISCONTINUA	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DS
060124	AUTOPISTA/AUTOVÍA	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DT
060127	CARRETERA EN CONSTRUCCIÓN	LINEAL	PATRONEADA		255	0	0	0.010	3DT
060131	LÍMITE DE PAVIMENTO	LINEAL	CONTINUA		100	100	100	0.010	3DT
060133	QUITAMIEDOS METÁLICO	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0.010	3DS
060136	VIADUCTO	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.100	3DS
060137	TÚNEL	LINEAL	PATRONEADA		255	0	0	0.010	3D
060138	PISTA	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0.010	3DT
060140	CAMINO	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0.010	3DT
060142	SENDA	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0.010	3DT
060144	CARRETERA ABANDONADA	LINEAL	PATRONEADA		255	0	0	0.010	3DT
060148	PEAJE AUTOPISTA	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3D
060151	PUENTE	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DS
060152	ARCÉN	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DT
060153	LÍNEA DE ACERA	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DT
060156	CARRIL BICI	LINEAL	PATRONEADA		255	0	0	0.010	3DT
060159	PINTURA CALZADA TRAMO CORTO	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0.010	3DS
060160	PINTURA CALZADA TRAMO LARGO	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0.010	3DS
060204	HITO FCC	PUNTUAL		HITOF	0	0	0	0.010	3D
060205	BARRERA FERROCARRIL	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.100	3D
060223	FERROCARRIL (VÍA DOBLE)	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0.010	3DT
060224	FERROCARRIL (VÍA SIMPLE)	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0.010	3DT
060225	FERROCARRIL (VÍA ESTRECHA)	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0.010	3DT





FIRMADO

CÓDIGO	ELEMENTO	TIPO GRAFICO	ESTILO	BLOQUE	COLOR			GRUESO	TIPO 3D
			LÍNEA		R	G	B		
060227	FERROCARRIL ABANDONADO (VÍA DOBLE)	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0.010	3DT
060233	PASARELA (PASO ELEVADO PEATONES)	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DS
060237	REJILLA LINEAL	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DT
060238	REJILLA/IMBORNAL	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0.010	3DT
060251	FERROCARRIL EN CONSTRUCCIÓN	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0.010	3DT
060601	PISTA AEROPUERTO	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DT
060602	HELIPUERTO	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DT
060624	BARANDILLA	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DS
060701	JUNTA DE DILATACIÓN	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DS
060702	ALCANTARILLA	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DT
061133	QUITAMIEDOS DE OBRA	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DS
067120	VIADUCTO	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.100	3DS
LÍNEAS DE CONDUCCIÓN Y TRANSMISIONES									
070101	TORRE DE CONDUCCIÓN ELÉCTRICA	PUNTUAL		TM	0	0	0	0.010	3D
070103	AEROGENERADOR	PUNTUAL		AERO	0	0	0	0.010	3D
070104	ANTENA LINEAL	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
070105	ANTENA PUNTUAL	PUNTUAL		ANTENA	0	0	0	0.010	3D
070123	LÍNEA ELÉCTRICA	LINEAL	PATRONEADA		255	0	0	0.010	3D
070125	CENTRAL ELÉCTRICA	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.015	3DS
070126	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DS
070127	TRANSFORMADOR DE RED ELÉCTRICA	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3D
070147	ZAPATA TORRE ELÉCTRICA	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3DS
070148	ZAPATA TORRE ELÉCTRICA PUNTUAL	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3D
070201	POSTE TELEFÓNICO	PUNTUAL		PTEL	0	0	0	0.010	3D
070223	LÍNEA TELEFÓNICA	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0.010	3D
070327	TUBERÍA	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
070328	CANALETA	LINEAL	CONTINUA		0	0	255	0.010	3D
070331	OTRAS CONDUCCIONES SUPERFICIAL	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
070332	OTRAS CONDUCCIONES (BAJO RASANTE)	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
070401	TRANSFORMADOR AÉREO	PUNTUAL		TRANSF	0	0	0	0.010	3D
070402	POSTE ELÉCTRICO	PUNTUAL		PELE	0	0	0	0.010	3D
MOBILIARIO Y REGISTROS									
080102	CARTEL DE PUBLICIDAD	PUNTUAL		INFOR	0	0	0	0.010	3D
080104	FAROLA	PUNTUAL		FAROLA	0	0	0	0.010	3D
080105	REGISTRO INDETERMINADO	PUNTUAL		REG	0	0	0	0.010	3D
080106	REGISTRO DE AGUA PUNTUAL	PUNTUAL		REGA	0	0	0	0.010	3D
080107	REGISTRO DE GAS PUNTUAL	PUNTUAL		REGAS	0	0	0	0.010	3D
080108	REGISTRO ELÉCTRICO	PUNTUAL		REGEL	0	0	0	0.010	3D
080109	REGISTRO DE TELÉFONO	PUNTUAL		REGTF	0	0	0	0.010	3D





CÓDIGO	ELEMENTO	TIPO GRAFICO	ESTILO	BLOQUE	COLOR			GRUESO	TIPO 3D
			LÍNEA		R	G	B		
080110	BOCA DE RIEGO	PUNTUAL		BOCARI	0	0	0	0.010	3D
080112	REGISTRO DE ALCANTARILLA	PUNTUAL		ALCAN	0	0	0	0.010	3D
080113	SEÑAL DE TRAFICO	PUNTUAL		SENAL	0	0	0	0.010	3D
080114	SEMAFORO (POSTE)	PUNTUAL		SEMA	0	0	0	0.010	3D
080115	FUENTE	PUNTUAL		FUEN	0	0	252	0.010	3D
080116	SUMIDERO. LINEAL	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DT
080117	BUZÓN	PUNTUAL		BUZON	0	0	0	0.010	3D
080118	PAPELERA	PUNTUAL		PAPEL	0	0	0	0.010	3D
080120	BANCO	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
080123	REGISTRO INDETERMINADO	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DS
080124	FAROLA ALUMBRADO (EN FACHADA)	PUNTUAL		FAROLAD	0	0	0	0.010	3D
080125	FAROLA MÚLTIPLE	PUNTUAL		FARM	0	0	0	0.010	3D
080127	SUMIDERO. PUNTUAL	PUNTUAL		SUMID	0	0	0	0.010	3D
080128	CABINA TELEFÓNICA	PUNTUAL		CABTEL	0	0	0	0.010	3D
080129	MONUMENTO LINEAL	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
080130	MONUMENTO	PUNTUAL		MONU	0	0	0	0.010	3D
080132	POSTE DE GAS	PUNTUAL		PGAS	0	0	0	0.010	3D
080133	BANCO	PUNTUAL		BANCO	0	0	0	0.010	3D
080134	JARDINERA/MACETERO	LINEAL	CONTINUA		255	0	0	0.010	3D
080135	ARMARIO ELÉCTRICO	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
081136	ARQUETA	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
080137	KIOSCO PRENSA	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
080140	CABINA TELEFÓNICA	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
080145	CARTEL (PUBLICIDAD-TRAFICO MARGEN DE CARRETERAS)	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
080146	PÓRTICO (PANEL INFORMATIVO QUE CRUZA LOS VIALES)	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
080150	PARADA DE BUS	PUNTUAL		BUS	0	0	0	0.010	3D
080151	PANELES SOLARES	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
080155	POSTE INDETERMINADO	PUNTUAL		POSTIND	0	0	0	0.010	3D
080162	HITO FIBRA ÓPTICA	PUNTUAL		H_FOFT	0	0	0	0.010	3D
080176	BARRERA PASO NIVEL	PUNTUAL		PASON	0	0	0	0.010	3D
081106	REGISTRO DE AGUA	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DS
081107	REGISTRO DE GAS	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DS
081108	REGISTRO ELÉCTRICO	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DS
081109	REGISTRO TELEFÓNICO	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DS
081129	REG. SANEAMIENTO	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DS
081130	CONTENEDOR	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3D
081131	PANTALLA ACÚSTICA	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0.010	3D
081141	REGISTRO DE TRAFICO	LINEAL	CONTINUA		0	0	0	0.010	3DS
081155	POSTE INDETERMINADO	PUNTUAL		POSTEINDE	0	0	0	0.010	3D

FIRMADO

FIRMADO por: JUAN FERNANDO PEDRAZO MAJARREZ. A fecha: 23/04/2025 05:40 PM
 Total folios: 75 (73 de 75) - Código Seguro de Verificación: MFOM028FDC4EE37F574E1D19F1B. Verificable en <https://sede.transportes.gob.es>





CÓDIGO	ELEMENTO	TIPO GRAFICO	ESTILO	BLOQUE	COLOR			GRUES O	TIPO 3D
			LÍNEA		R	G	B		
081166	SEMÁFORO	PUNTUAL		SEMAFOR ○	0	0	0	0.010	3D
TEXTOS DE USOS DEL SUELO									
090102	TEXTO DE CULTIVO	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
090103	Tc/Arb	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
090104	Fr	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
090105	C	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
090106	V	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
090108	Er	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
090109	J	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
090110	Hr	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
090111	Mb	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
090112	Ma	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
090115	Pd/Dh	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
090119	RF	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
090120	Er/Arb	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
090121	Mb/Arb	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
090122	J	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
090124	E/P	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
ROTULACIÓN / TEXTOS									
100003	TEXTO INDETERMINADOS	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
100108	NUMERO PUNTO TAQUIMETRICO	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
110223	TEXTO TÉRMINO MUNICIPAL	TEXTO			0	0	0	0.020	3D
110326	TEXTO DE PARQUE NATURAL	TEXTO			0	0	0	0.020	3D
110329	TEXTO DE BARRIO	TEXTO			0	0	0	0.020	3D
110423	TEXTO NACIÓN	TEXTO			0	0	0	0.030	3D
110424	TEXTO DE AUTONOMIA	TEXTO			0	0	0	0.020	3D
120124	TEXTO CURVA NIVEL DIRECTORA	TEXTO			0	0	0	0.015	3D
125101	TEXTO DE POLIGONO INDUSTRIAL	TEXTO			0	0	0	0.020	3D
130123	TEXTO DE RIO	TEXTO			0	0	253	0.020	3D
130127	TEXTO DE ARROYO/VAGUADA	TEXTO			0	0	253	0.015	3D
130128	TEXTO DE EMBALSE	TEXTO			0	0	253	0.150	3D
130325	TEXTO DE CANAL	TEXTO			0	0	253	0.015	3D
130524	TEXTO DE FUENTE	TEXTO			0	0	253	0.010	3D
140258	TEXTO DE PARQUE	TEXTO			0	253	0	0.015	3D
150146	ROTULO EDIFICIO	TEXTO			0	0	0	0.015	3D
150156	TEXTO DE DEPORTES (CAMPO FUTBOL-PISTAS TENIS-ETC.)	TEXTO			0	0	0	0.015	3D
150159	TEXTO DE CEMENTERIO	TEXTO			0	0	0	0.015	3D
150447	TEXTO DE PUEBLO	TEXTO			0	0	0	0.020	3D
150448	TEXTO CASCO URBANO	TEXTO			0	0	0	0.200	3D
150450	TEXTO DE URBANIZACIÓN	TEXTO			0	0	0	0.020	3D

FIRMADO

FIRMADO por: JUAN FERNANDO PEDRAZO MAJARREZ. A fecha: 23/04/2025 05:40 PM
 Total folios: 75 (74 de 75) - Código Seguro de Verificación: MF0M028FDC4EE37F574E1D19F1B. Verificable en https://sede.transportes.gob.es





CÓDIGO	ELEMENTO	TIPO GRAFICO	ESTILO LÍNEA	BLOQUE	COLOR			GRUES O	TIPO 3D
					R	G	B		
160102	TEXTO DE H.K. AUTOPISTA-AUTOVÍA-CARRETERA	TEXTO			0	0	0	0.020	3D
160126	TEXTO CARRETERA	TEXTO			0	0	0	0.015	3D
160140	TEXTO DE CAMINO	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
160143	TEXTO DE CAÑADA-VIA PECUARIA	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
160154	TEXTO CALLE	TEXTO			0	0	0	0.015	3D
160250	TEXTO ESTACIÓN FFCC	TEXTO			0	0	0	0.020	3D
170124	TEXTO DE LÍNEA ELÉCTRICA	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
189341	TEXTO DE ESTACIÓN DEPURADORA	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
150165	TEXTO DE ALTURA DE EDIFICIO	TEXTO			0	0	0	0.010	3D
189502	TEXTO DE IGLESIA	TEXTO			0	0	0	0.020	3D
189504	TEXTO DE AYUNTAMIENTO	TEXTO			0	0	0	0.020	3D
189508	TEXTO DE MONASTERIO	TEXTO			0	0	0	0.020	3D
189510	TEXTO DE HOSPITAL	TEXTO			0	0	0	0.020	3D
189519	TEXTO DE ERMITA	TEXTO			0	0	0	0.015	3D
189604	TEXTO DE PUERTO NAVAL	TEXTO			0	0	0	0.020	3D
189606	TEXTO DE PLAYA	TEXTO			0	0	0	0.020	3D
189707	TEXTO DE PICOS	TEXTO			0	0	0	0.025	3D
189709	TEXTO DE CERROS	TEXTO			0	0	0	0.025	3D
192151	TEXTO PARAJES	TEXTO			0	0	0	0.020	3D
ELEMENTOS OCULTOS BAJO OTROS ELEMENTOS									
920123	CURVA DE NIVEL OCULTA (FINA)	LINEAL	PATRONEADA		200	100	80	0,020	3DT
920124	CURVA DE NIVEL OCULTA (MAESTRA)	LINEAL	PATRONEADA		200	100	80	0,025	3DT
920126	CURVA DE NIVEL DEPRESIÓN OCULTA (FINA)	LINEAL	PATRONEADA		250	150	150	0,020	3DT
920127	CURVA DE NIVEL DEPRESIÓN. OCULTA (MAESTRA)	LINEAL	PATRONEADA		200	100	80	0,025	3DT
920423	TALUD. PIE OCULTO	LINEAL	PATRONEADA		145	140	100	0.010	3DT
920424	TALUD. CABEZA OCULTO	LINEAL	PATRONEADA		145	140	100	0.010	3DT
940127	ALAMBRADA. OCULTA	LINEAL	PATRONEADA		190	190	190	0.010	3D
940527	MURO. OCULTO	LINEAL	PATRONEADA		255	0	0	0.010	3DS
950330	PLATAFORMA. OCULTA	LINEAL	PATRONEADA		255	0	0	0.010	3DS
960118	PINTURA CALZADA CONTINUA. OCULTA	LINEAL	PATRONEADA		160	150	150	0.010	3DT
960158	BORDE ASFALTO. OCULTO	LINEAL	PATRONEADA		115	130	130	0.010	3DT
960223	FERROCARRIL (VÍA DOBLE).OCULTA	LINEAL	PATRONEADA		0	0	0	0.010	3DT

