



Este documento se ha obtenido directamente del original que contenía todas las firmas auténticas y se han ocultado los datos personales protegidos y los códigos que permitirían acceder al original.

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS QUE HA DE REGIR EL CONTRATO: “VUELO FOTOGRAMÉTRICO DIGITAL A 20 CM DE RESOLUCIÓN Y PRODUCCIÓN DE ORTOFOTOGRAFÍA RÁPIDA A 20 CM DE RESOLUCIÓN EN TODO EL ÁMBITO TERRITORIAL DE LA COMUNIDAD DE MADRID” Expt: A/SER-004416/2022

El objeto del presente pliego de condiciones es establecer las condiciones técnicas para la contratación de un vuelo fotogramétrico digital con las siguientes características técnicas principales:

- Resolución: 20 cm
- Cobertura territorial: toda la Comunidad de Madrid
- Superficie a volar: 802.800 hectáreas (8.028 km²) + solape
- Cámara a emplear: fotogramétrica digital matricial de gran formato de última generación
- Recubrimiento de las imágenes cenitales: ≥ 60 % longitudinal y ≥ 30 % transversal

1 ÁMBITO DE TRABAJO

El ámbito de trabajo abarca una superficie de 802.800 hectáreas (8.028 km²), además de la banda de solape necesaria, y se extiende por todos los municipios de la Comunidad de Madrid, incluidos sus enclaves.

2 TAREAS A REALIZAR POR EL ADJUDICATARIO

Serán por cuenta del adjudicatario todas aquellas tareas necesarias para la obtención de los productos indicados en el presente PPT. Las tareas contratadas se agrupan en las siguientes fases:

- Realización de vuelo fotogramétrico digital de 20 cm de resolución (resolución terreno media de los píxeles de los fotogramas).

- Producción de ortofotografía rápida a 20 cm de resolución.
- Elaboración de metadatos de los productos objeto del contrato.

3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

La ejecución de los trabajos y la generación de los productos resultantes se realizarán conforme a las especificaciones técnicas del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea a 25 centímetros (PNOA 25), adaptadas tanto a las condiciones específicas y variaciones técnicas para un GSD de 20 cm recogidas en este documento, como a las características concretas del ámbito territorial objeto del contrato.

La documentación técnica puede consultarse en la página oficial de PNOA en la siguiente dirección: <http://pnoa.ign.es/pnoa-imagen>

3.1 SISTEMA GEODÉSICO DE REFERENCIA

El trabajo se realizará en el sistema geodésico de referencia ETRS89.

3.2 ORIGEN DE ALTITUDES

El origen de altitudes será el nivel medio del mar en el mareógrafo de Alicante. Se utilizarán únicamente alturas elipsoidales referidas a GRS80 en todos los procesos de cálculo de la fase de vuelo.

El modelo de geoide para la transformación de altitudes elipsoidales a ortométricas será el EGM2008-REDNAP suministrado por el Instituto Geográfico Nacional.

3.3 PROYECCIÓN CARTOGRÁFICA Y HUSO UTM.

Proyección conforme Universal Transversa de Mercator (UTM), establecida como reglamentaria por el Real Decreto 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España, referida al huso 30 Norte.

3.4 VUELO FOTOGRAMÉTRICO

- **Cámara y equipos auxiliares**

Se utilizarán cámaras fotogramétricas digitales de gran formato matriciales de última generación, que puedan sincronizarse con el equipo GNSS instalado en el avión.

- **Formato de los fotogramas**

La imagen pancromática deberá tener unas dimensiones de al menos 15.000 filas, y la imagen multiespectral una resolución al menos 5 veces inferior.

- **Campo de visión transversal**

FOV: (Field of View): Mayor de 30° y menor de 60° sexagesimales

- **Focal de la cámara**

Las focales permitidas estarán comprendidas entre los valores de 100 mm y 120 mm.

- **Calibración de la cámara**

La calibración deberá tener una antigüedad igual o inferior a 24 meses antes de la fecha del vuelo, y deberá ser realizada por el fabricante de la cámara o centro autorizado por el mismo.

- **Control automático de la exposición:** Uso obligatorio

- **Resolución espectral del sensor**

- 1 banda situada en el pancromático
- 4 bandas situadas en el azul, verde, rojo e infrarrojo cercano

- **Resolución radiométrica**

De al menos 12 bits por banda

- **Sistema de compensación del movimiento**

Será obligatoria la compensación del avance del avión por medio de TDI o FMC

- **Plataforma giroestabilizada automática:** Uso obligatorio
- **Ventana fotogramétrica**
 - Cristales que cumplan con las recomendaciones del fabricante de la cámara (espesor, acabado y material)
 - Con sistema amortiguador que atenúe las vibraciones del avión
 - No debe obstruir el campo de visión para el FOV definido y la montura empleada
- **Sistema de navegación basado en GNSS**

Equipo de GNSS doble frecuencia de al menos 1 Hz, con capacidad de recepción al menos de constelaciones GPS y GLONASS, sincronizado con la cámara mediante el registro de eventos
- **Sistema inercial (IMU/INS): uso obligatorio**
 - Frecuencia de registro de datos ≥ 200 Hz
 - Deriva $< 0,1^\circ$ / hora"
- **Vuelo y cobertura fotográfica**

Planificación del vuelo

- La empresa adjudicataria entregará la planificación del vuelo antes de realizarlo.
- La distribución de los bloques de vuelo los definirá la empresa, debiendo presentar un informe técnico de configuración de bloques, para su aprobación por la Dirección Técnica.

Fechas y horario de vuelo

El vuelo se realizará en el periodo comprendido entre el 1 de mayo y el 30 de septiembre.

El horario será tal que la altura del sol sobre el horizonte sea ≥ 40 grados sexagesimales.

Condiciones meteorológicas

Tiempo claro, sin nubes, niebla, bruma, nieve, zonas inundadas y, en general, cualquier condición meteorológica adversa. Se evitarán los vuelos al mediodía en julio y agosto en días de calima.

Tamaño de píxel y altura de vuelo

Se realizará cada pasada a una altura de vuelo tal que se cumplan simultáneamente estas tres condiciones:

- 1) El tamaño de píxel medio para toda la pasada será menor o igual a 0,20 m.
- 2) No habrá más de un 10 % de fotogramas en cada pasada con píxel medio del fotograma mayor de 0,20 m.
- 3) No habrá ningún fotograma con un píxel medio mayor de 0,22 m.

Dirección de las pasadas

Dirección Este-Oeste (siguiendo paralelos)

Se podrán proponer otras configuraciones de vuelo diferentes a la Dirección Técnica, la cual decidirá si son viables las propuestas realizadas.

Recubrimiento longitudinal: $\geq 60\%$

En zonas de montaña, y en función del análisis de la planificación del vuelo, se podrá tomar la decisión de incrementar el recubrimiento longitudinal, para evitar zonas sin estereoscopia.

Recubrimiento transversal:

$\geq 30\%$, calculado individualmente para cada fotograma

En zonas montañosas, se aumentará el número de pasadas o se realizarán pasadas intercaladas de forma que en ningún punto del fotograma el recubrimiento sea inferior al 25%.

Longitud máxima de una pasada longitudinal

Vendrá definida por uno de los siguientes criterios:

- Que la longitud no supere la distancia equivalente a 3 hojas del MTN50
- Que el tiempo de vuelo de una misma pasada no supere los 20 minutos

Pasadas transversales

Debido a la obligatoriedad del uso de sistemas IMU / INS, no será necesario realizar pasadas transversales siempre que se utilicen estaciones de referencia a distancias <40 km (<70 km si se emplean soluciones VRS) y que la orientación externa obtenida sea correcta.

Pasadas interrumpidas

Deberán conectarse al menos con 4 fotogramas comunes.

Desviaciones de la trayectoria del avión: < 50 m de la planificada

Desviaciones de la vertical de la cámara: < 4° sexagesimales

Diferencias de verticalidad entre fotogramas consecutivos: < 4° sexagesimales

Deriva no compensada: < 3° sexagesimales

Cambios de rumbo entre fotogramas consecutivos: < 3° sexagesimales

Delimitación de la zona de trabajo

- La zona de trabajo quedará delimitada por cortes de hojas 1:5.000 procedentes de la división en 8 x 8 de las hojas MTN50 oficiales.
- Se mantendrá un margen de seguridad de 30% fuera de los límites Norte y Sur de la zona de trabajo.
- Existencia de al menos 2 fotocentros fuera de la zona de trabajo en los principios y finales de pasada que coincidan con los extremos Este y Oeste.

- Se permitirá que uno de los dos fotocentros de principio y fin de la pasada coincida con el límite de la zona a volar.

- **Toma de datos GNSS en vuelo**

Distancia entre receptores: < 40 km

Si la distancia a la estación de referencia no cumpliera esta condición, se podrá establecer otra estación de referencia realizando una observación estática, utilizando como estación de referencia un vértice geodésico REGENTE.

Estaciones de referencia:

Se utilizarán las estaciones de la Red de Estaciones Permanentes del Instituto Geográfico Nacional u otras estaciones que se encuentren próximas, previa aprobación de la Dirección Técnica.

Precisión de postproceso de la trayectoria: $RMSE \leq 10 \text{ cm (X,Y,Z)}$

- **Procesado de los datos GNSS e IMU**

Procesado de la trayectoria

Se procesará independientemente cada pasada o perfil, con el objeto de conseguir la precisión requerida. En el caso de que se opte por un procesamiento absoluto de la trayectoria de toda la misión, se deberá asegurar que se cumple con la precisión relativa.

Precisión de las orientaciones externas

Se determinarán las orientaciones externas (posición y orientación) de cada imagen del cálculo, con filtro Kalman, de los datos de la trayectoria (posición y velocidad) obtenida del GNSS, del registro de eventos y de los datos de la orientación obtenidos con el sensor IMU de los ángulos corregidos por la plataforma estabilizada, del vector de excentricidad de la antena (offset) y del vector del centro de rotación de la plataforma estabilizada al centro de proyección de la cámara.

La precisión angular en la determinación de la altitud para vuelos con GNSS/IMU, no debe conducir a errores angulares superiores a $0,005^\circ$ (Balanceo y Cabeceo, Roll and Pitch) y $0,008^\circ$ (Guiñada, Yaw), garantizando los siguientes valores RMS:

RMSE X, Y, Z: $2 * \text{GSD (vuelo)}$

Libre de Y-Paralajes ($< \text{Tamaño del píxel del sensor}$)

- **Procesado de las imágenes digitales**

Radiometría

Las imágenes procesadas deben hacer un uso efectivo de todos los bits según la resolución radiométrica de cada cámara, evitando la aparición de niveles digitales vacíos y saturaciones en los extremos del histograma.

La valoración de estos parámetros se realizará sobre la imagen reescalada linealmente a 8 bits, que mantendrá su aspecto, debiendo ser el número de niveles digitales vacíos inferior al 20% y las saturaciones en los extremos del histograma para cada banda inferiores al 0,5%.

Aspecto de las imágenes

Las imágenes deben tener un aspecto visual correcto, sin defectos y fidedigno a los colores naturales de la zona fotografiada.

No deben producirse grandes diferencias en la tonalidad de las imágenes dentro de un mismo lote de vuelo, teniendo en cuenta el condicionante de la proximidad de las fechas de vuelo.

Orientación de las imágenes

Pasadas Este - Oeste:

Los ficheros TIFF mantendrán la orientación original de la toma fotográfica, debiendo contener los ficheros TFW los parámetros de la orientación del fotograma.

En las pasadas Este-Oeste, el borde superior de las imágenes de fotogramas en el formato comprimido será el más próximo al N, debiéndose aplicar un giro de 180° a las imágenes que no cumplan este requisito. El giro será de 180° para evitar que aparezcan cuñas blancas en la imagen, que ocurriría si se aplicara el correspondiente a los parámetros de orientación.

Zonas censuradas por motivos de seguridad militar

Se aplicará a la zona a censurar una degradación de la imagen mediante un filtro gaussiano o herramienta similar, de forma que no se aprecien los detalles fotografiados. No se enmascarará la zona.

3.4.1 Productos a entregar

Base de datos de la planificación del vuelo, con la información correspondiente a líneas de vuelo, fotogramas, coordenadas de puntos principales.

Gráfico de la planificación del vuelo

- Fichero shape generado a partir de la base de datos correspondiente a la zona de vuelo, que contenga las siguientes capas:
 - Puntos principales, asociados a la base de datos del vuelo, con su número de fotograma respectivo
 - Estaciones de referencia GNSS a utilizar durante el vuelo
 - Huellas de fotogramas, asociados a la base de datos del vuelo, con su número de fotograma respectivo

Base de datos del vuelo realizado

Base de datos con la información correspondiente a líneas de vuelo, fotogramas, coordenadas de los centros de proyección y ángulos de orientación, hoja del MTN50, y nombre del fichero de imagen.

Gráfico y datos del vuelo realizado

- Fichero shape generado a partir de la base de datos correspondiente a la zona de vuelo, que contenga las siguientes capas:
 - Puntos principales, asociados a la base de datos del vuelo, con su número de fotograma respectivo
 - Estaciones de referencia GNSS utilizadas durante el vuelo

- Huellas de fotogramas, asociados a la base de datos del vuelo, con su número de fotograma respectivo

Gráfico de seguimiento del vuelo

Se entregará un fichero shape que represente la progresión del vuelo realizado.

Ficheros GNSS-IMU del vuelo originales y procesados

- Ficheros RINEX de la estación base de referencia GNSS y del receptor conectado a la cámara, con el registro de eventos correspondiente, fichero de registros IMU y ficheros resultantes del procesado GNSS-IMU
- Ficheros de texto con los registros de la plataforma giroestabilizada

Fotogramas digitales en formato TIFF de 16 bits por banda

- Ficheros de 4 bandas: Rojo, Verde, Azul, Infrarrojo cercano, con máxima resolución geométrica, después del "pansharpening" si fuera necesario, en ficheros de 16 bits (unsigned).
- Formato TIFF 6 plano (no "Tiled"), sin cabecera GeoTIFF (para evitar discrepancias con el TFW correspondiente), sin que se le haya aplicado ningún tipo de compresión o reducción de profundidad de color en alguna fase del procesado de la imagen.

Ficheros TFW de georreferenciación aproximada de cada fotograma digital de 16 bits

- Para cada fichero de imagen digital, se calculará un fichero TFW de georreferenciación aproximada del mismo, basándose en los datos GNSS/IMU de vuelo (ETRS89).
- El tamaño de píxel de cada imagen será el promedio del tamaño de píxel de toda la pasada.
- La georreferenciación se realizará en proyección UTM.

- El fichero TFW contendrá los parámetros de orientación de la imagen para visualizarla con su orientación correcta.

Fotogramas RGBI de 8 bits por banda, en formato comprimido ECW y en formato COG (Cloud Optimized GeoTIFF) con factor de compresión 6

Se entregará una versión de cada fotograma, a plena resolución, con las 4 bandas RGBI, con 8 bits por banda, comprimido con factor de compresión nominal de 1:6, procedente del fichero TIFF RGBI.

Estará georreferenciado según un TFW en el que no esté contemplado el ángulo Kappa para evitar la aparición de cuñas blancas en la imagen.

Además de los originales en TIFF, se entregará una copia en COG y otra en formato ECW.

Base de datos de estaciones GNSS utilizadas

Base de datos Access según el modelo proporcionado por la Dirección Técnica.

Certificado de calibración de las cámaras y objetivos empleados

Ficheros digitales en formato PDF de:

- Certificado de calibración de la cámara y todos sus objetivos, completo y vigente en el momento de la realización del proyecto
- Vectores GNSS - Cámara-plataforma

Calibración del sistema integrado Cámara digital GNSS/ INS

Ficheros digitales en formato PDF de:

- Calibración del sistema integrado cámara-GNSS/ INS realizada en un polígono de calibración
- Parámetros de calibración de los sensores cámara-GNSS/ INS utilizados durante el proyecto

Vectores de excentricidad

Se suministrará el vector de excentricidad de la antena del receptor con respecto a la cámara, incluyendo un gráfico que muestre la dirección de los ejes.

- Grabación y archivo de productos

Grabación productos y documentos

Se realizará la grabación de todos los productos y documentos en discos duros externos.

Almacenamiento de los ficheros de Proyecto

La empresa adjudicataria deberá guardar los ficheros del proyecto durante todo el período de garantía, por si fuera necesario rehacer alguna fase de los trabajos.

Número de copias

Se entregarán dos juegos de discos, con todos los datos del vuelo y con las imágenes finales una vez hecho el *pansharpening*.

Medios y estructura de almacenamiento

Los productos y documentos serán grabados de acuerdo con la estructura de archivo utilizada en el Proyecto PNOA.

Nomenclatura de ficheros

Todos los ficheros a entregar deberán cumplir la nomenclatura utilizada en el Proyecto PNOA.

- Control de calidad del vuelo

Se garantizará que los procesos de trabajo y los productos generados cumplen con las presentes especificaciones técnicas, debiéndose realizar un control de calidad que consiga estos objetivos documentándolo adecuadamente. Se entregará un Informe descriptivo del proceso de control de calidad que recoja:

- Base de datos con los resultados de los controles visuales realizados, incluyendo los fotogramas con incidencias y detallando la incidencia (nubes, sombras...)
- Base de datos de cada bloque con los resultados de los controles geométricos y radiométricos realizados
- Control de calidad de la fecha de vuelo y altura solar de la toma
- Control de calidad del tamaño de píxel (GSD): medio para toda la pasada y de cada fotograma por pasada
- Control de calidad del recubrimiento entre fotogramas: longitudinal y transversal
- Control de calidad de la longitud máxima de una pasada y de la solución adoptada para las pasadas interrumpidas
- Control de calidad de verticalidad de la cámara
- Desviación de la verticalidad de la cámara
- Diferencias de verticalidad entre fotogramas consecutivos
- Control de calidad de la deriva
- Control de calidad de la distancia de los centros de proyección a las estaciones de referencia GNSS
- Control de calidad de la cobertura de la zona de vuelo

Fichero shape con los resultados de los controles de calidad geométricos realizados, generado a partir de la base de datos de cada bloque

Informe resumen

Se recogerán los resultados del control de calidad interno de los puntos anteriores y del cálculo de la trayectoria.

3.5 ORTOFOTOGRAFÍA RÁPIDA

3.5.1 Producción de la ortofotografía rápida

A partir de los fotogramas orientados después de realizar la aerotriangulación del trabajo, aplicando el método de orientación indirecta, y utilizando el MDE preexistente y puntos de apoyo de archivo facilitados por la Comunidad de Madrid, se llevará a cabo una ortofoto rápida con las siguientes características:

- Balance cromático (ajuste radiométrico): automático, garantizando la continuidad cromática entre todas las hojas de las zonas de trabajo
- Resolución geométrica: 20 cm
- Resolución radiométrica: RGB de 32 bits (8 bits por banda)
- Precisión: $RMS\ X,Y < 1\ m$
- $E_{max}\ X,Y$ en el 95% de los casos: inferior a 2 m
- Líneas de ruptura: trazado automático
- No se aplicarán retoques estéticos
- Precisiones AT:

Precisión interna del ajuste del bloque: $RMSE < 1/2$ del tamaño del píxel del sensor en micras.

Precisión planimétrica final: $RMSE < 1.5\ GSD$ en metros

Precisión altimétrica final: $RMSE < 1.5\ GSD$ en metros

Residuo máximo de los puntos de control: 2 veces el GSD

3.5.2 Productos a entregar

- Ortofotos RGBI sin comprimir de 32 bits, equilibradas radiométricamente, mosaicadas y cortadas según división de hojas 1:10.000, en formato TIFF 6 plano (no "Tiled"), sin cabecera GeoTIFF (para evitar discrepancias con el TFW correspondiente). Los *píxeles* sin datos tendrán fondo transparente.

- Fichero TFW de cada TIFF

La esquina superior izquierda del píxel superior izquierdo de cada hoja tendrá obligatoriamente coordenadas UTM (ETRS 89) exactas, múltiplo de 10 metros.

- Ortofotos RGBI en formato ECW y COG

Se entregarán las ortofotos RGBI por hoja 1: 10.000 en formato ECW (con factor de compresión 6) de 8 bits por banda.

También se entregará un ortomosaico continuo de la Comunidad en formato ECW (con factor de compresión 6), tanto radiométrica como geométricamente.

Tanto en las ortofotos como en el mosaico, los *píxeles* sin datos tendrán fondo transparente.

También se entregarán en formato COG (Cloud Optimized GeoTIFF)

- Líneas de mosaico

En formato SHP con un texto interior que identifique el fotograma

- Informe descriptivo del proceso de generación de ortofotos
- Informe descriptivo del proceso de control de calidad de la producción de ortofotos

3.6 METADATOS

Los metadatos describirán las características de los productos objeto del contrato (vuelo, fotogramas y ortofotografías). Ofrecerán información general sobre el producto: identificador del producto, sistema de referencia, fechas de vuelo en los que se capturaron las imágenes, etc.

Se crearán los ficheros XML según el perfil NEM (Núcleo Español de Metadatos) de la norma ISO 19115:2003. Se utilizarán programas específicos que garanticen el cumplimiento de esta norma como, por ejemplo, GeonetWork, con el fin de asegurar la interoperabilidad de los datos generados.

- **Productos a entregar:**
 - Metadatos ISO de los productos de la fase de vuelo fotogramétrico.
 - Metadatos ISO de los productos de la fase de producción de ortofotografía. Metadatos con la información de la ortofotografía para cada una de las hojas la cuadrícula 1:10.000 (un fichero XML por hoja). Un archivo para cada uno los productos distribuidos: ortofoto en color y ortofoto infrarroja.

En relación a los metadatos ISO señalados, se rellenarán al menos los siguientes campos:

- Sistema de referencia <gmd:referenceSystemInfo>
- Título del producto <gmd:title>
- Título alternativo <gmd:alternateTitle>
- Resumen <gmd:abstract>
- Propósito <gmd:purpose>
- Créditos <gmd:credit>
- Palabras clave <gmd:descriptiveKeywords>
- Especificaciones de uso del recurso <gmd:resourceSpecificUsage>
- Formatos de distribución <gmd:distributionFormat>
- Modo de obtención del producto, estirpe <gmd:lineage>

Se facilitan ejemplos de metadatos, tanto de fotogramas como de ortomosaicos, para la mejor comprensión de este aspecto:

- Fotogramas PNOA:

<https://www.idee.es/csw-inspire-idee/srv/spa/catalog.search#/metadata/spainPNOA>

- Ortofotos del vuelo histórico interministerial:

<https://www.idee.es/csw-inspire-idee/srv/spa/catalog.search#/metadata/spainOrtofotosInterministerial>

- Ortofoto Junta de Castilla y León:

<https://www.idee.es/csw-inspire-idee/srv/spa/catalog.search#/metadata/ES410JCLCITIMAORTREG20160301>

Madrid, a fecha de firma

EL JEFE DE AREA DEL CENTRO
REGIONAL DE INFORMACIÓN
CARTOGRÁFICA

EL SUBDIRECTOR GENERAL DE
ESTUDIOS TERRITORIALES Y
CARTOGRAFÍA

Firmado digitalmente por: CABRIA RAMOS AGUSTIN
Fecha: 2022.02.11 09:24

Firmado digitalmente por: GONZÁLEZ FIDALGO JOSÉ MANUEL
Fecha: 2022.02.11 11:47