



Especificaciones Técnicas

PNOA 10cm

Versión 130130



Organismos participantes:

Ministerio de Fomento
Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas
Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
Ministerio de Economía y Competitividad
Ministerio de Defensa
Ministerio de Interior
Comunidades Autónomas

Tamaño de píxel: **0,10 m**

Densidad puntos LIDAR: **8 puntos / m²**

Descripción de este documento:

Título	Especificaciones Técnicas para el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA)
Identificador	130130 Especificaciones Tecnicas PNOA 10cm.xls
Autor	Equipo Técnico Nacional Equipos Técnicos Autonómicos
Fecha	2013-01-30 Actualizado el 2020-12-01 para requisitos de la D.G. de Sostenibilidad de la Costa y el Mar.
Tema	Especificaciones Técnicas para el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea
Estado	Definitivo
Objetivo	Contratación de asistencia técnica para la realización de cobertura de fotografía aérea, vuelo lidar, apoyo fotogramétrico de campo, aerotriangulación, modelo digital de elevaciones y ortofotos digitales de zonas urbanas y línea de costa.
Descripción	Listado resumido de especificaciones de obligado cumplimiento por los organismos participantes y las empresa contratistas en la realización de los trabajos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea
Instituciones colaboradoras	Instituto Geográfico Nacional (IGN) / Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) (Mº Fomento) Equipos Técnicos de las Comunidades Autónomas Dirección General de Catastro (Mº Economía y Hacienda) Tragsatec Fondo Español de Garantía Agraria (FEGA) Dirección General para la Biodiversidad (Mº de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente) Dirección General del Agua (Mº de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente)
Difusión	Equipos Técnicos de las Comunidades Autónomas Equipos Técnicos de los organismos de la AGE participantes Empresas contratistas
Documentos relacionados	Pliego de condiciones técnicas del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea
Período de validez	2013 y posterior, hasta su sustitución por una nueva versión

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
0.	SISTEMA GEODÉSICO DE REFERENCIA			
	a	Sistema Geodésico de Referencia en la Península, Baleares, Ceuta y Melilla	ETRS89	Todo el trabajo se realizará en ETRS89, materializado sobre el territorio mediante los vértices REGENTE de la Red Geodésica Nacional y sus densificaciones
	b	Sistema Geodésico de Referencia en Canarias	REGCAN95	Todo el trabajo se realizará en el sistema REGCAN95, basándose en vértices REGCAN95
	c	Altitudes elipsoidales	Se utilizarán únicamente alturas elipsoidales referidas a GRS80 en todos los procesos de cálculo de la fase de vuelo	
	d	Transformaciones de altitudes elipsoidales a ortométricas	Se realizarán utilizando el modelo de geoide que suministrará el Instituto Geográfico Nacional (EGM2008-REDNAP)	
	e	Proyección cartográfica	UTM	Referido al huso correspondiente a cada zona
	f	Huso UTM a emplear	Cada hoja se realizará en su huso Las hojas que caigan entre dos husos, se entregarán en ambos	
	g	Distribución de hojas	La distribución 1:2.000 empleada será la división en 20 x 20 de las hojas MTN50 oficiales	El corte de hojas se obtendrá aplicando con un rebase de 10 metros con respecto a las cuatro esquinas teóricas, redondeado a múltiplos de 10 m. La dirección técnica entregará un listado de coordenadas con el corte de cada hoja.
1.	VUELO FOTOGRAMÉTRICO			
1.1.	Cámara fotogramétrica y equipos auxiliares			
	a	Cámara	Fotogramétrica digital	En las ofertas, se especificarán detalladamente las cámaras (marca y modelo) y accesorios (sensores, conos, plataformas, etc...) que se utilizarán en los trabajos
	b	Formato de los fotogramas	La imagen pancromática deberá tener unas dimensiones de al menos 17000 filas y la imagen multispectral una resolución como máximo 3 veces inferior	
	c	Campo de visión transversal	Mayor de 50º y menor de 80º sexagesimales	
	d	Calibración de la cámara	antigüedad ≤ 24 meses	Realizada por el fabricante de la cámara ó centro autorizado por el mismo Las empresas licitantes entregarán copia de los certificados de calibración con las ofertas
	e	Control automático de la exposición	obligatorio	
	f	Resolución espectral del sensor	- 1 banda situada en el pancromático - 4 bandas situadas en el azul, verde, rojo e infrarrojo cercano En caso de utilización de barredor lineal, las tomas de las 4 bandas deben ser nadirales	
	g	Resolución radiométrica	De al menos 12 bits por banda	

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	h	Sistema FMC	En las cámaras de formato matricial , será obligatorio. Se admitirá la compensación del avance del avión por medio de TDI (Time Delay Integration) u otros métodos previa consulta y aceptación por parte de la dirección técnica	FMC: Forward Motion Compensation
	i	Plataforma giroestabilizada automática	Uso obligatorio	según instrucciones del fabricante de la cámara
	j	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. - Que no obstruya el campo de visión para el FOV definido y la montura empleada.	según instrucciones del fabricante de la cámara
	k	Sistema de navegación basado en GNSS	Uso obligatorio - Equipo de GNSS doble frecuencia de al menos 1 ó 2 Hz - Sincronizado con la cámara mediante el registro de eventos	Debe permitir: - planificar el vuelo, determinando los centros de fotos - navegación en tiempo real - control automático de disparo - registro de eventos - registro de datos de captura de cada imagen En las cámaras matriciales en caso de la solución GNSS no sea absoluta , será necesaria la realización de pasadas transversales de modo que queden garantizadas las precisiones de aerotriangulación definidas en el apartado correspondiente de estas especificaciones
	l	Sistema inercial (IMU/INS)	Uso obligatorio - Frecuencia de registro de datos ≥ 200 Hz - Deriva $< 0,5^\circ$ / hora	Debido a la obligatoriedad del uso de sistemas IMU / INS, no será necesario realizar pasadas transversales En las cámaras matriciales en caso de fallo del sist. Inercial durante el vuelo , será necesaria la realización de pasadas transversales de modo que queden garantizadas las precisiones de aerotriangulación definidas en el apartado correspondiente de estas especificaciones
1.2.	Vuelo y cobertura fotográfica			
	a	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 obligatoriamente un informe técnico de configuración de bloques, para su aprobación por la Dirección Técnica	La Dirección Técnica podrá hacer observaciones a dicha planificación . Se deberán indicar las estaciones de referencia GNSS a utilizar durante el vuelo.
	b	Fechas	En Península, Baleares, Ceuta y Melilla del 15 de abril al 15 de octubre En Canarias, las que garanticen que la altura del Sol sea $\geq 40^\circ$. Para vuelos de la D.G. de Sostenibilidad de la Costa y el Mar además, deberá cumplirse que en zonas acantiladas orientadas al Este se volará por la mañana y en los acantilados orientados al Oeste por la tarde, al objeto de minimizar las sombras. En el caso de orientación Norte, se tendrá cuenta la inclinación solar.	La dirección técnica determinará el rango de fechas óptimas y el de fechas aceptables para cada zona de vuelo en función de las condiciones agroclimáticas y fenológicas de dicha zona
	c	Horario	Tal que la altura del Sol sobre el horizonte sea ≥ 40 grados sexagesimales Para vuelos de la D.G. de Sostenibilidad de la Costa y el Mar, además, el vuelo deberá realizarse en horas próximas a la bajamar, en la franja horaria comprendida entre las dos horas anteriores y dos horas posteriores a la bajamar de la zona, según las tablas de mareas oficiales para los puertos incluidos en la zona de trabajo.	Evitar horas que propicien reflexiones especulares y "hot spot" en la zona útil de cada fotograma
	d	Condiciones meteorológicas	- Tiempo claro , sin nubes, niebla, bruma, nieve, zonas inundadas y en general cualquier condición meteorológica adversa - Evitar vuelos al mediodía en julio y agosto en días de "calima"	

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	e	Tamaño de píxel y altura de vuelo	Se realizará cada pasada a una altura de vuelo tal que se cumplan simultáneamente estas dos condiciones: 1) El tamaño de píxel medio para toda la pasada será de 0,09 m +/- 10 % 2) No habrá mas de un 40% 20% de fotogramas en cada pasada con píxel medio del fotograma mayor de 0,10 m	En zonas montañosas estos porcentajes se podrán variar, siempre previa aprobación de la planificación de vuelo por la Dirección Técnica y siempre que el tamaño medio del píxel para toda la pasada, sea <0,10 m
	f	Dirección de las pasadas	La dirección que más se adecúe a la zona de trabajo	
	g	Recubrimiento longitudinal	≥60% - En zonas de montaña y de costa , 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 - En caso de utilización de sensor lineal, la estereoscopia quedará garantizada combinando la imagen proporcionada por el sensor nadiral con la del sensor delantero o trasero	- Variaciones admitidas +/-3% - En ningún caso quedarán zonas sin recubrir estereoscópicamente
	h	Recubrimiento transversal	≥60% medio ≥40% mínimo En zonas de relieve accidentado, se aumentará el número de pasadas o se realizarán pasadas intercaladas de forma que en ningún punto del fotograma el recubrimiento sea inferior al 40%	
	i	Número de pasadas	- Uniformemente distribuidas en toda la zona a volar (ver el apartado "Zona a recubrir"), de forma que el valor medio del recubrimiento transversal no sea inferior al 60%	
	j	Longitud máxima de una pasada	- 15 kilómetros - Se permitirá prolongar la longitud de la pasada siempre que la duración del vuelo de esa pasada no sobrepase los 20 minutos siempre que se cumpla con la precisión exigida en los apartados "Precisión de postproceso de la trayectoria" y "Precisión de los ángulos de actitud" - La distribución de los bloques de vuelo los definirá la empresa, debiendo presentar obligatoriamente un informe técnico de configuración de bloques, para su aprobación por la Dirección Técnica	No se realizarán pasadas más largas para evitar variaciones cromáticas excesivas en los mosaicos y disminuir los efectos de la proyección UTM en el ajuste del bloque.
	k	Pasadas interrumpidas	En cámaras de formato matricial, deberán conectarse al menos con 3 fotogramas comunes. En cámaras de barrido lineal , deberán conectarse al menos con una longitud equivalente a 1 ancho de traza en todos los ángulos de toma (escenas frontal (forward), trasera (backward) y nadiral (nadir))	Para garantizar al menos 2 pares estereoscópicos comunes . Ambas tomas se deberán realizar con la misma cámara.
	l	Superficie de agua en cada fotograma	< 20% Este requisito no será necesario para vuelos de la D.G. de Sostenibilidad de la Costa y el Mar.	Cuando sea necesario se incrementará el recubrimiento longitudinal de algunas fotos ó el transversal de alguna pasada Adicionalmente, en zona costera con pendiente acusada, se planificará una pasada tal que el eje de vuelo sea exterior a la línea de costa. Esta limitación no se aplicará a fotografías del extremo de la pasada sobrantes que no intervengan en la AT y que puedan estar orientadas con garantías empleando GNSS/INS
	m	Desviaciones de la trayectoria del avión	< 50 m de la planificada	
	n	Desviaciones de la vertical de la cámara	< 4º	grados sexagesimales
	o	Diferencias de verticalidad entre fotogramas consecutivos	< 4º	grados sexagesimales
	p	Deriva no compensada	< 3º	grados sexagesimales

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	q	Cambios de rumbo entre fotogramas consecutivos	< 3°	grados sexagesimales
	r	Zona a recubrir	<ul style="list-style-type: none"> - El exceso transversal mínimo en los límites de la zona de trabajo será la mitad del recubrimiento transversal - Existencia de al menos 2 fotocentros en los principios y finales de pasada que sobrepasen los límites de la zona de trabajo. - En caso de utilización de cámara con barredor lineal, la pasada realizada tendrá un exceso longitudinal equivalente al ancho de barrido en todos los ángulos de la toma 	<ul style="list-style-type: none"> - El vuelo cubrirá la zona de interés que indique la Dirección Técnica - Aunque los cortes de hoja se deben realizar según distribución 1:2.000, no será necesario completar la hoja con cobertura fotográfica si no corresponden a zonas de interés marcadas por la Dirección Técnica - Se permitirá que uno de los dos fotocentros de principio y fin de la pasada coincida con el límite de la zona a volar
1.3.	Toma de datos GNSS en vuelo			
	a	Distancia entre receptores	< 70 km	Siempre que se garanticen las precisiones en el cálculo de la trayectoria, pudiendo emplear para ello soluciones VRS o PPP
	b	Estaciones de referencia	Se utilizarán las estaciones de la red de Estaciones Permanentes del Instituto Geográfico Nacional u otras estaciones que se encuentren más próximas (a menos de 70 km) previa aprobación de la Dirección Técnica	En caso de utilización de estaciones no permanentes, se enlazará con la Red Regente u otras redes aprobadas por la Dirección Técnica
	c	Precisión de Postproceso de la trayectoria	EMC ≤ 10 cm (X,Y,Z)	Precisión absoluta aplicable al cálculo de los centros de proyección del vuelo fotogramétrico. En el caso de que los centros de proyección no hayan podido ser medidos correctamente durante el vuelo, para calcular las coordenadas del centro de proyección de cada fotografía a partir de las coordenadas de la antena, se incorporará el vector excentricidad de la antena (offset) al cálculo de la aerotriangulación.
1.4.	Procesado de los datos GNSS e IMU			
	a	Procesado de la trayectoria	Se procesará independiente de forma relativa cada pasada o perfil con el objeto de conseguir la precisión requerida. En el caso de que se opte por un procesado absoluto de la trayectoria de toda la misión, se deberá asegurar que se cumple con la precisión relativa.	
	b	Precisión de la orientación	<p>Se determinarán las orientaciones externas (posición y orientación) para cada imagen, a partir del cálculo con filtro Kalman con los siguiente datos: trayectoria (posición y velocidad) obtenida del GNSS, orientación obtenida con el sensor IMU, ángulos corregidos por la plataforma estabilizada, vector de excentricidad de la antena (offset) y vector del centro de rotación de la plataforma estabilizada al centro de proyección de la cámara y la matriz de la instalación de la cámara respecto al sistema IMU</p> <p>La precisión angular en la determinación de la actitud para vuelos con GNSS/IMU, no debe conducir a errores angulares superiores a 0,005° (Balanceo y Cabeceo, Roll and Pitch) y 0,008° (Guiñada, Yaw), garantizando los siguientes valores RMS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - RMSE_x: 1,5 GSD - RMSE_z: 2 GSD 	
1.5.	Procesado de las imágenes digitales			
	a	Radiometría	Las imágenes procesadas deben hacer un uso efectivo de todos los bits según cada caso. Se evitará la aparición de niveles digitales vacíos en el caso de la imagen de 8 bits (< 10%). No se admitirán imágenes que tengan una saturación superior a 0,5% para cada banda en los extremos del histograma	

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	b	Orientación de las imágenes.	<p>Los ficheros TIFF mantendrán la orientación original de la toma fotográfica, debiendo contener los ficheros TFW los parámetros de la orientación del fotograma.</p> <p>Las imágenes en formato ECW estarán generadas de acuerdo con el TFW anterior.</p> <p>Si el vuelo se realiza con pasadas dirección Este-Oeste, para la generación de los ficheros ECW, se generarán además otros ficheros TFW que no contengan parámetros de giro, de forma que, en las imágenes en formato ECW, el borde superior será el más próximo al Norte, debiéndose aplicar un giro de 180º a las imágenes que no cumplan este requisito. El giro será de 180º para evitar que aparezcan cuñas sin imagen en los bordes,</p>	
1.6.	Productos a entregar			
	a	Planificación del vuelo	<p>1) Bases de datos Access según el modelo proporcionado por la Dirección Técnica, con la información correspondiente a líneas de vuelo, fotogramas y coordenadas de puntos principales.</p> <p>2) Fichero shape generado a partir de la base de datos correspondiente a la zona de vuelo, que contenga las siguientes capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. 	Se proporcionará una planificación de vuelo con un software específico que programe los centros de todas las imágenes y el resto de las características del vuelo, de acuerdo con las especificaciones del presente pliego.
	b	Gráficos y datos de vuelo	<p>1) Bases de datos Access según el modelo proporcionado por la Dirección Técnica, con la información correspondiente a líneas de vuelo, fotogramas y coordenadas de puntos principales.</p> <p>2) Fichero shape generado a partir de la base de datos correspondiente a la zona de vuelo, que contenga las siguientes capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. 	
	c	Gráfico de seguimiento del vuelo	Será obligatoria la entrega de gráficos de seguimiento del vuelo que reflejen la situación actual de los trabajos, con una periodicidad semanal	Formato de fichero: shape
	d	Ficheros GNSS-IMU del vuelo originales y procesados	<ul style="list-style-type: none"> - 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 	- Sincronizados los tiempos de observación , con intervalo máximo de 1 segundo
	e	Fotogramas digitales en formato TIFF	<p>Ficheros de 4 bandas Rojo, Verde, Azul, Infrarrojo cercano, con máxima resolución geométrica, después del "pansharpening" si fuera necesario, en ficheros de 8 bits (unsigned).</p> <ul style="list-style-type: none"> - En cámaras con barredor lineal, se entregarán todas las imágenes correspondientes a las tomas delantera (forward), nadiral (nadir) y trasera (backward) en ficheros de 8 bits, con nivel de procesamiento L0 - Las tomas RGBI deben ser nadirales - Formato TIFF 6 plano (no "Tiled"), sin cabecero GeoTIFF (para evitar discrepancias con el TFW correspondiente) 	- En cámaras con barredor lineal, se realizarán cortes de la imagen de la pasada cuyo tamaño de fichero sea aproximadamente de 1 GB . Se entregará el proyecto con nivel de procesado L0 y preparado para cargarlo directamente en los paquetes de software fotogramétricos

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	f	Ficheros TFW de georreferenciación aproximada de cada fotograma digital en formato TIFF	<ul style="list-style-type: none"> - Para cada fotograma, se calculará un fichero TFW de georreferenciación aproximada del mismo, basándose en los datos de GNSS/IMU de vuelo (ETRS89 ó REGCAN95). - 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, en el huso en el que se encuentre la hoja MTN50 a la que corresponda el fotograma. - El fichero TFW contendrá los parámetros de orientación de la imagen para visualizarla con su orientación correcta. Las coordenadas corresponderán al centro del píxel NW 	<ul style="list-style-type: none"> - El cálculo del TFW aproximado se realizará teniendo en cuenta la posición (X,Y,Z) del punto de disparo, la altitud del punto nadiral y el tamaño de píxel. - Estos ficheros se entregarán junto con los fotogramas digitales, tan pronto como estén disponibles, para permitir la utilización del vuelo.
	g	Fotogramas RGB en formato ECW georreferenciado	Se entregará una versión de cada fotograma, a plena resolución, con las 3 bandas RGB, comprimido en formato ECW. El ECW georreferenciado según el fichero TFW anterior con ratio de compresión nominal de 1:10	El fichero ECW contendrá en la cabecera la información del sistema geodésico de referencia (ETRS89/REGCAN95) y de la proyección cartográfica (NUTM27, NUTM28, NUTM29, ...). En cámaras con barreador lineal, se entregarán los ficheros ECW con nivel de procesamiento L1
	h	Base de datos de estaciones GNSS utilizadas	Base de datos Access según el modelo que entregará la dirección técnica	
	i	Certificado de calibración de las cámaras y objetivos empleados	<p>Con las ofertas técnicas se entregará una copia</p> <ul style="list-style-type: none"> - Antes de empezar el vuelo, se entregará una copia y se mostrará el original <p>Que incluya:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Certificado de calibración de la cámara y todos sus objetivos completo y vigente en el momento de la realización del proyecto. • Vectores GNSS - Cámara 	
	j	Calibración del sistema integrado Cámara digital GNSS/ INS	<p>Con las ofertas técnicas se entregará una copia</p> <ul style="list-style-type: none"> - De la calibración del sistema integrado cámara-GNSS/ INS realizado en un polígono de calibración - Parámetros de calibración de los sensores cámara GNSS/ INS durante el proyecto - Parámetros de calibración de los sensores Lidar GNSS/INS durante el proyecto de MDE con LIDAR, en caso de utilizar este sistema 	
	k	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	
	l	Informe técnico de la toma de datos GNSS en vuelo	Se entregará un informe técnico metodológico de los trabajos de toma de datos GNSS, en los que se incluirán las especificaciones/recomendaciones del fabricante de hardware y software utilizado	
	m	Informe descriptivo del proceso de vuelo	Según modelo entregado por la Dirección Técnica	
	n	Colección de imágenes en formato PDF	A partir de las imágenes digitales procesadas del vuelo se realizará una colección en formato PDF. En el margen del fotograma se incluirá la información especificada de nombre del Ministerio y Dirección General de Costas, Zona de vuelo, GSD, N° pasada y foto, Fecha y Altura de vuelo, Marca y N° de fabricación de la cámara, Distancia focal y Nombre de la empresa de Vuelo.	

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
2.	VUELO LIDAR			
2.1.	Sensor LIDAR y equipos auxiliares			
	a	Sensor	Sensor LIDAR.	En las ofertas, se especificará detalladamente el sensor (marca y modelo) y accesorios (sistema GNSS/INS, plataformas, etc...) que se utilizarán en los trabajos y que reunirán las características apropiadas para la correcta ejecución del proyecto.
	b	Campo de visión transversal (FOV)	El máximo FOV permitido planificar será de 50º efectivos	Se adaptarán a la orografía para garantizar la máxima cobertura con la máxima densidad posible de acuerdo a la Dirección Técnica
	c	Frecuencia de escaneado	Mayor o igual a la necesaria para obtener la densidad exigida	Se adaptarán a la orografía para garantizar la máxima cobertura con la máxima densidad posible de acuerdo a la Dirección Técnica
	d	Normas de seguridad. Potencia de pulso.	El vuelo LIDAR operará de acuerdo a las normas de seguridad ocular vigentes, siguiendo las instrucciones y recomendaciones previstas por el fabricante del sensor. Se ajustará adecuadamente la potencia del Láser a la altura de vuelo planificada según las especificaciones del equipo.	
	e	Frecuencia de pulso	Mayor o igual a la necesaria para obtener la densidad exigida	Se adaptarán a la orografía para garantizar la máxima cobertura con la máxima densidad posible de acuerdo a la Dirección Técnica
	f	Resolución espacial. Densidad promedio	El vuelo se planificará a una velocidad adecuada para garantizar un mínimo distanciamiento entre líneas de barrido (amplitud de barrido, o máximo espaciado entre puntos en la dirección de vuelo), que permita obtener de manera homogénea por todo su ámbito la densidad promedio exigida de 8 puntos del primer retorno por metro cuadrado sin considerar puntos de solape entre pasadas. Para el cálculo de la densidad promedio por pasada, se tendrán en cuenta todos los puntos del primer retorno incluidos en la huella de la pasada. Para el cálculo de la densidad mínima , se tendrán en cuenta todos los puntos del primer retorno en tramos de 2 km de la longitud de la pasada. En ningún caso se admitirá una densidad inferior a 6,4 puntos por metro cuadrado	El cálculo de la densidad promedio se realizará despreciando un 2% del ancho de barrido en cada extremo La densidad de 8 puntos del primer retorno por metro cuadrado implica un espaciamiento entre puntos $\leq 0,35$ m Las zonas sin información se comprobarán estableciendo una malla de 1 m x 1 m. Salvo casos justificados, en el 95% de los casos, existirá al menos un retorno en cada celda de la malla establecida.
	g	Calibración del sensor	antigüedad ≤ 12 meses o posterior a la fecha de instalación del equipo verificación in situ mediante una medida de precisión de una zona llana libre de vegetación, con la misma configuración de captura definida en el proyecto.	- El sensor deberá ser calibrado, probado y certificado por el fabricante o por un centro autorizado. - El certificado deberá estar en vigor durante el periodo de ejecución del vuelo, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. - Debe indicar el procedimiento seguido en la determinación de los valores: IMU Misalignment, Range Offset de cada tarjeta, Intensity Adjustment. - Cuando hubiera razones para creer que el funcionamiento del equipo no es correcto, éste deberá ser sometido a una nueva calibración. - Las empresas licitantes entregarán copia de los certificados de calibración con las ofertas
	h	Resolución radiométrica de intensidades múltiples	Rango dinámico de al menos 8 bits	
	i	Capacidad de detectar múltiples retornos para un mismo pulso	Deberá ser capaz de detectar y registrar hasta 4 retornos para cada pulso con una discriminación en distancia vertical de al menos 4 m.	
	j	Plataforma giroestabilizada automática	No necesaria	Según instrucciones del fabricante del sensor
	k	Mecanismo de compensación de Roll	Obligatorio	La nube de puntos obtenida deberá cubrir perfectamente la zona planificada, garantizando uniformidad y asegurando que no existan zonas sin información

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	l	Ventana fotogramétrica	- Cristales que cumplan con las recomendaciones del fabricante del sensor (espesor, acabado y material). - Con sistema amortiguador que atenue las vibraciones del avión. - No obstruya el campo de visión para el FOV definido y la montura empleada.	Según instrucciones del fabricante del sensor
	m	Sistema de navegación basado en GNSS	Uso obligatorio - Equipo de GNSS doble frecuencia de al menos 2 Hz	Debe permitir: - planificar el vuelo, determinando las trayectorias - navegación en tiempo real - control automático de captura de datos
	n	Sistema inercial (IMU/INS)	Uso obligatorio - Frecuencia de registro de datos ≥ 200 Hz - Deriva $< 0,1^{\circ}$ / hora	
2.2.	Vuelo y cobertura de puntos LIDAR			
	a	Planificación del vuelo	La empresa adjudicataria entregará la planificación del vuelo antes de realizarlo, incluyendo pasadas, velocidad y altura de vuelo, ángulo y frecuencia de barrido, distancia entre puntos, ancho de barrido, recubrimiento entre pasadas, etc.. Esta será remitido a la Dirección Técnica antes de la misión.	La dirección técnica podrá hacer observaciones a dicha planificación . Se deberán indicar las estaciones de referencia GNSS a utilizar durante el vuelo.
	b	Fechas	El vuelo LIDAR se realizará bajo condiciones meteorológicas que no afecten a la operatividad del sistema y que puedan degradar su alcance y la precisión esperada. La fecha será próxima a la ejecución del vuelo fotográfico, preferiblemente simultáneo.	
	c	Horario	Si se realiza simultáneo con fotografía aérea, tal que la altura del Sol sobre el horizonte sea ≥ 40 grados sexagesimales En caso de realizarse sólo el vuelo LIDAR, el intervalo horario podrá adaptarse a las especificaciones del fabricante y a las normas de aviación civil.	
	d	Condiciones meteorológicas	En general, el vuelo no podrá realizarse cuando exista niebla, nieve, humo, polvo, zonas inundadas o factores medio ambientales que dificulten o degraden la precisión del sensor.	
	e	Velocidad del avión en el momento de captura de los datos LIDAR	La velocidad deberá garantizar un mínimo distanciamiento entre líneas de barrido (amplitud de barrido, o máximo espaciado entre puntos en la dirección de vuelo), que permita obtener de manera homogénea por todo su ámbito la densidad promedio exigida, salvo en masas de aguas, oclusiones o de nula reflexión. La proporción de espaciado longitudinal-transversal debe ser igual a $1 \pm 15\%$ en el 95% de los casos	
	f	Altura de vuelo	La altura de vuelo se fijará en función de los siguientes parámetros: - Velocidad del avión - Especificaciones de captura de datos del sensor LIDAR - Densidad final de puntos que se pretende obtener.	
	g	Dirección de las pasadas	Será la que mejor se adecúe a la zona de trabajo Las pasadas transversales cruzarán las longitudinales sobrevolando las zonas de los campos de control.	En el caso de realizar vuelo LIDAR independiente, se podrán presentar alternativas, que deberán ser autorizadas por la Dirección Técnica.
	h	Recubrimiento transversal	$\geq 15\%$ medio en zonas de poca orografía En terrenos con orografía acentuada, o zonas urbanas, se planificará con un recubrimiento tal que se minimicen las oclusiones producidas por las edificaciones (95% de visibilidad) y el relieve	Margen de recubrimiento mínimo del 15% en el extremo superior e inferior de la zona de trabajo.
	i	Número de pasadas por hoja MTN25	Uniformemente distribuidas en toda la zona a volar garantizando que no queden zonas sin cobertura de puntos Lidar (ver 3.1.f y 3.2.e) El recubrimiento transversal resultante no debe ser inferior al 15 %	

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	j	Longitud máxima de una pasada longitudinal	- 15 kilómetros - Se permitirá prolongar la longitud de la pasada siempre que la duración del vuelo de esa pasada no sobrepase los 20 minutos y siempre que se cumpla con la precisión exigida en los apartados "Precisión de postproceso de la trayectoria" y "Precisión de los ángulos de actitud"	La longitud máxima de la pasada vendrá condicionada por la dilución de la precisión de los datos GNSS/IMU.
	k	Pasadas transversales de ajuste altimétrico	Al inicio del proyecto se realizarán pasadas transversales , tomando medidas en una serie de campos de control , que servirán para ajustar las pasadas transversales y longitudinales al terreno .	Los campos de control serán determinados por la Dirección Técnica , proporcionando los datos necesarios para realizar el ajuste altimétrico
	l	Longitud máxima de una pasada transversal de ajuste altimétrico	- 15 kilómetros - Se permitirá prolongar la longitud de la pasada siempre que la duración del vuelo de esa pasada no sobrepase los 20 minutos y siempre que se cumpla con la precisión exigida en los apartados "Precisión de postproceso de la trayectoria" y "Precisión de los ángulos de actitud"	La longitud máxima de la pasada vendrá condicionada por la dilución de la precisión de los datos GNSS/IMU.
	m	Pasadas interrumpidas	Deberán conectarse al menos con un tramo de pasada común con una longitud equivalente a 1 ancho de traza	Para garantizar una zona amplia con recubrimiento común
	n	Pasadas en zonas costeras	Se planificará la pasada tal que el eje de vuelo sea exterior a la línea de costa	
	o	Desviaciones de la trayectoria del avión	< 15 m de la planificada	
	p	Desviaciones de la vertical del sensor LIDAR	< 5°	grados sexagesimales
	q	Deriva, Cambios de rumbo, falta de verticalidad	No implicarán áreas sin retorno de acuerdo con lo expuesto en el apartado "Resolución espacial. Densidad promedio" Asimismo, este tipo de incidencias tampoco implicarán zonas con recubrimiento lateral <15°, o densidades promedio inferiores a la planificada .	grados sexagesimales
	r	Zona a recubrir	- La zona delimitada por el proyecto, con los márgenes de seguridad establecidos - Se detallará en gráfico que proporcionará la Dirección Técnica	- Tendrá un exceso longitudinal equivalente al ancho de barrido - El exceso transversal mínimo será equivalente al recubrimiento transversal
	s	Precisión global nadiral después del procesado	La precisión global horizontal nadiral después del procesado será mejor de 15 cm RMSE_{x,y} (1 sigma) y la vertical nadiral será inferior a 15 RMSE_z (1 sigma)	En zonas de vegetación cerrada y pendientes acentuadas, donde se admitirán errores de hasta 3 x RMSE. En los bordes del campo de visión se admitirán precisiones del orden de 2 x RMSE.
	t	Precisión general altimétrica: error medio cuadrático	RMSEZ ≤ 0,20 M	
	u	Precisión general altimétrica: error máximo	≤ 0,40 m en el 95% de los casos No podrá haber ningún punto con un error superior a 0,60 m	
	v	Discrepancia altimétrica entre pasadas	≤ 0,40 m	
2.3.	Toma de datos GNSS en vuelo			
	a	Distancia entre receptores	< 70 km	Siempre que se garanticen las precisiones en el cálculo de la trayectoria, pudiendo emplear para ello soluciones VRS o PPP
	b	Estaciones de referencia	Se utilizarán las estaciones de la red de Estaciones Permanentes del Instituto Geográfico Nacional u otras estaciones que se encuentren más próximas (a menos de 70 km) previa aprobación de la Dirección Técnica	
	c	Precisión de postproceso de la trayectoria	RMSE ≤ 10 cm (X,Y,Z)	

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
2.4.	Procesado de los datos GNSS e IMU			
	a	Procesado de la trayectoria	Se procesará independiente de forma relativa cada pasada o perfil con el objeto de conseguir la precisión requerida. En el caso de que se opte por un procesado absoluto de la trayectoria de toda la misión, se deberá asegurar que se cumple con la precisión relativa.	
	b	Orientaciones	Se determinará la orientación del sensor Lidar a partir del cálculo con filtro Kalman de los datos de la trayectoria (posición y velocidad) obtenida del GNSS y de los datos de la orientación obtenidos con el sensor IMU	Las alturas calculadas serán elipsoidales
	c	Precisión de los ángulos de actitud	La precisión angular en la determinación de la actitud para vuelos con GNSS/IMU, no debe conducir a errores angulares superiores a 0,005° (Balanceo y Cabeceo, Roll and Pitch) y 0,008° (Guiñada, Yaw).	Precisión absoluta
2.5.	Productos a entregar del vuelo LIDAR			
	a	Planificación del vuelo	<p>1) Bases de datos Access según el modelo proporcionado por la Dirección Técnica, que incluirá las trayectorias de las pasadas, velocidad del avión, altura de vuelo, ángulo y frecuencia de barrido, ancho de barrido, distancia entre puntos y recubrimiento entre pasadas.</p> <p>2) Fichero shape generado a partir de la base de datos que contenga las siguientes capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trayectorias planificadas y límites laterales de barrido - Estaciones de referencia GNSS a utilizar durante el vuelo 	Se proporcionará una planificación de vuelo con un software específico que programe todos los datos y características del vuelo LIDAR, de acuerdo con las especificaciones del presente pliego.
	b	Graficos y datos del vuelo realizado	<p>1) Bases de datos Access según el modelo proporcionado por la Dirección Técnica, que incluirá las trayectorias de las pasadas, velocidad del avión, altura de vuelo, ángulo y frecuencia de barrido, ancho de barrido, distancia entre puntos y recubrimiento entre pasadas.</p> <p>2) Fichero shape generado a partir de la base de datos que contenga las siguientes capas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Trayectorias ejecutadas y límites laterales de barrido - Estaciones de referencia GNSS utilizadas durante el vuelo 	
	c	Ficheros GNSS-IMU del vuelo originales y procesados	Ficheros RINEX de la estación base de referencia GNSS y del receptor conectado al sensor LIDAR, fichero de registros IMU y ficheros resultantes del procesado GNSS-IMU.	- Se suministrarán los ficheros IMU en el formato propio que se hayan generado - Sincronizados los tiempos de observación
	d	Ficheros de la trayectoria del sistema Lidar	Se entregarán los siguientes ficheros: 1 - Trayectoria GNSS/IMU por sesión de vuelo , con frecuencia de registro 2 - Trayectoria GNSS/IMU por pasada para los ajustes altimétricos de la nube LIDAR (con frecuencia de al menos 4 Hz)	Formato ASCII o .trj

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
e	Ficheros ajustados LAS del vuelo sin clasificar		<ul style="list-style-type: none"> - Los ficheros procederán de los datos originales de vuelo, ajustados al terreno con las pasadas transversales. - El corte de los ficheros se realizará de acuerdo con cuadrados UTM de 1 x 1 km, de acuerdo a la cuadrícula CUTM 1 km - Los puntos se entregarán inicialmente en la clase 0 - Cada fichero estará proyectado en su huso correspondiente. En los ficheros que exista cambio de huso, se proyectarán en ambos. 	<p>El formato de los ficheros será LAS versión 1.2 formato 1, indicando en el campo User_Data el identificador de la pasada</p> <p>En el fichero LAS se deberá recoger todos los parámetros definidos en el estándar establecido para este tipo de ficheros (http://www.lasformat.org), por ejemplo, se incluirán parámetros como el tiempo GNSS, la intensidad del pulso devuelto, el número de retornos, el ángulo de escaneo...</p> <p>El fichero LAS deberá disponer de las coordenadas X, Y (UTM huso correspondiente) y h (ELIPSOIDAL), en el Sistema Geodésico de Referencia oficial para el ámbito del trabajo</p>
f	Gráfico de distribución de los cortes de ficheros LAS de 1 x 1 km		Fichero Shape	
g	Mapa de las zonas sin representación LIDAR		Se entregará un fichero en formato Shp con la delimitación de las zonas en las que no se ha obtenido datos LIDAR.	
h	Certificado de calibración del sensor LIDAR		<ul style="list-style-type: none"> - Con las ofertas técnicas se entregará una copia - Antes de empezar el vuelo, se entregará una copia y se mostrará el original que incluya: <ul style="list-style-type: none"> • Certificado de calibración del sensor LIDAR, vigente en el momento de la realización del proyecto. • Vectores GNSS - sensor LIDAR 	
i	Calibración del sistema integrado sensor LIDAR-GNSS/ INS		<ul style="list-style-type: none"> Con las ofertas técnicas se entregará una copia - De la calibración del sistema integrado (sensor LiDAR-GNSS/INS) realizado en un polígono de calibración - Parámetros de calibración de los sensores LiDAR-GNSS/INS durante el proyecto Una vez realizado el vuelo de calibración se entregarán además: <ul style="list-style-type: none"> - Una memoria del vuelo de calibración en la que se describa la metodología empleada, los datos obtenidos en el ajuste, software empleado para realizarlo, la situación de la zona de calibración, de los puntos de control terreno empleados y estaciones de referencia GNSS utilizadas. - Datos de las trayectorias - Datos LAS - Fichero shape con situación de la zona de calibración, de los puntos de control terreno empleados y las estaciones de referencia GNSS utilizadas. 	Se entregará a la Dirección Técnica un nuevo certificado de calibración del sistema integrado, en el caso de que se produzca un cambio de aeronave.
j	Vectores de excentricidad		Se suministrará el vector de excentricidad de la antena del receptor con respecto al sensor Lidar, incluyendo un gráfico que muestre la dirección de los ejes	
k	Base de datos de estaciones GNSS utilizadas		Base de datos Access según el modelo proporcionado por la Dirección Técnica	
l	Ficheros de ajuste de pasadas y autocalibración		Ficheros en formato ASCII con la información relativa al ajuste de pasadas y proceso de autocalibración	
m	Informe descriptivo del proceso de vuelo LIDAR		Según modelo entregado por la Dirección Técnica	

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
8	GRABACIÓN Y ARCHIVO DE PRODUCTOS			
8.1.	Ejecución de los trabajos			
	a	Grabación productos y documentos	- Se realizará la grabación de todos los productos y documentos en discos duros SATA sin carcasa.	
	b	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.	
	c	Número de copias	- Se entregarán tres copias de cada producto, debiendo de utilizarse marcas diferentes de discos para la copia de los ficheros	
	d	Medios y estructura de almacenamiento	Los productos y documentos serán grabados de acuerdo con la estructura de archivo que aparece en el documento " Nomenclatura de carpetas y ficheros " (Carpetas / Subcarpetas / Ficheros)	
	e	Lotes de trabajo	La empresa entregará a la dirección técnica lotes de trabajo completos . Un lote de trabajo tendrá obligatoriamente la extensión geográfica correspondiente a uno de los bloques de aerotriangulación definidos previamente	Las entregas se realizarán secuencialmente , según vayan completándose los trabajos de cada una de las fases 1 (vuelo), 2 (apoyo y aerotriangulación), 3 (modelo digital de elevaciones) y 4 (ortoproyección) de cada uno de los bloques de aerotriangulación, debiendo evitarse las entregas de todo el material correspondiente a un proyecto de una sola vez .
8.2.	Productos a entregar			
	a	Listado de ficheros	Listado de los ficheros contenidos en cada medio de almacenamiento en formato ASCII (fichero .txt)	
	b	Informe descriptivo del proceso de archivo	Según modelo entregado por la Dirección Técnica	
9.	CONTROL DE CALIDAD			
9.1.	Ejecución de los trabajos			
	a	Control de calidad de los trabajos realizados	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.	
9.2.	Productos a entregar			
	a	Informe descriptivo del proceso de control de calidad	Según modelo entregado por la Dirección Técnica	
10.	ENVÍO DE PRODUCTOS			
10.1.	Productos a entregar			
	a	Informe descriptivo del envío de productos	Según modelo entregado por la Dirección Técnica	