



**Especificaciones Técnicas para  
 VUELO FOTOGAMÉTRICO DIGITAL con VUELO LIDAR**



**Versión 110131**

**Organismos participantes:**

Ministerio de Fomento  
 Ministerio de Economía y Hacienda  
 Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino  
 Ministerio de Ciencia e Innovación  
 Ministerio de Defensa  
 Ministerio de Interior  
 Ministerio de Vivienda  
 Comunidades Autónomas

Tamaño de píxel: **0,25 m**

Densidad puntos LIDAR: **0,5 puntos/m<sup>2</sup>**

**Descripción de este documento:**

Título	Especificaciones Técnicas para el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA)
Identificador	110131 Especificaciones PNOAVUELO COMBINADO.xls
Autor	Equipo Técnico Nacional Equipos Técnicos Autonómicos
Fecha	2011-01-31
Tema	Especificaciones Técnicas para el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea
Estado	Definitivo
Objetivo	Armonización de los procesos, datos y documentos realizados en el marco del PNOA, entre distintos organismos y empresas
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 de la Biodiversidad (Mº Medio Ambiente y Medio Rural y Marino) Dirección General del Agua (Mº Medio Ambiente y Medio Rural y Marino)
Difusión	Equipos Técnicos de las Comunidades Autónomas Equipos Técnicos de los organismos de la AGE participantes Empresas contratistas
Documentos relacionados	Nomenclatura de carpetas y ficheros. Informes descriptivos de las distintas fases de producción
Período de validez	2011 y posterior, hasta su sustitución por una nueva versión



Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
<b>1. SISTEMA GEODÉSICO DE REFERENCIA</b>				
	a	Sistema Geodésico de Referencia en la Península, Baleares, Ceuta y Melilla	<b>ETRS89</b>	Todo el trabajo se realizará en <b>ETRS89, basándose exclusivamente en vértices REGENTE</b> de la Red Geodésica Nacional
	b	Sistema Geodésico de Referencia en Canarias	<b>REGCAN95</b>	Todo el trabajo se realizará en el sistema REGCAN95, basándose en vértices REGCAN95
	c	Altitudes elipsoidales	<b>Se utilizarán únicamente alturas elipsoidales referidas a ETRS89 en todos los procesos de cálculo (elipsoide GRS80)</b>	
	d	Proyección cartográfica	<b>UTM</b>	Referido al <b>Huso</b> correspondiente a cada zona
	e	Huso UTM a emplear	Cada hoja se realizará en su Huso Las hojas que caigan entre dos Husos, se entregarán en ambos	
	f	Distribución de hojas	La distribución 1:5.000 empleada será la división en <b>8 x 8 de las hojas MTN50</b> oficiales	El corte de hojas se obtendrá aplicando con un <b>rebase de 50 metros</b> con respecto a las cuatro esquinas teóricas, redondeado a múltiplos de 10 m. Las coordenadas de las esquinas de hoja serán las oficiales <b>aprobadas por el Consejo Superior Geográfico (Comisión de Normas Cartográficas)</b>  La Dirección Técnica facilitará los <b>listados de coordenadas</b> correspondientes a: - Esquinas de hojas - Cortes de hojas (con el rebase mínimo)
	g	Modelo de geoide	Para realizar la transformación de cotas elipsoidales a ortométricas, se utilizará el modelo de geoide EGM2008-REDNAP (Adaptación del geoide mundial EGM08 a España)	La Dirección Técnica entregará las herramientas de transformación y los ficheros del modelo de geoide
<b>2. VUELO FOTOGRAMÉTRICO</b>				
<b>2.1. Cámara fotogramétrica y equipos auxiliares</b>				
	a	Cámara	<b>Fotogramétrica digital.</b>	En las ofertas, <b>se especificarán detalladamente las cámaras (marca y modelo) y accesorios</b> (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 10.000 filas, y la imagen multispectral una resolución al menos 5 veces inferior	aproximadamente
	c	Campo de visión transversal	<b>Mayor de 50° y menor de 80° sexagesimales</b>	aproximadamente
	d	Calibración de la cámara	antigüedad <b>≤ 24 meses</b>	Realizada por el <b>fabricante</b> de la cámara ó <b>centro autorizado</b> por el mismo Las empresas licitantes <b>entregarán copia de los certificados de calibración con las ofertas</b>
	e	Control automático de la exposición	<b>obligatorio</b>	
	f	Resolución espectral del sensor	- <b>1 banda situada en el pancromático</b> - <b>4 bandas situadas en el azul, verde, rojo e infrarrojo cercano</b>	
	g	Resolución radiométrica	<b>De al menos 12 bits por banda</b>	
	h	Sistema FMC	<b>En las cámaras de formato matricial</b> , 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

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	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 <b>amortiguador que atenua las vibraciones del avión.</b> - <b>No obstruya el campo de visión para el FOV definido y la montura empleada.</b>	según instrucciones del fabricante de la cámara
	k	Sistema de navegación basado en GPS	<b>Uso obligatorio</b> - <b>Equipo de GPS doble frecuencia de al menos 1 ó 2 Hz</b> - <b>Sincronizado con la cámara mediante el registro de eventos</b>	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 <b>cámaras matriciales</b> en caso de <b>la solución GPS no sea absoluta</b> , será necesaria la realización de <b>pasadas transversales</b> de modo que queden garantizadas las precisiones de aerotriangulación del punto 3.2. del apartado de Aerotriangulación de las especificaciones técnicas para "Postproceso de vuelo fotogramétrico digital combinado con vuelo LIDAR"
	l	Sistema inercial (IMU/INS)	<b>Uso obligatorio</b> - <b>Frecuencia de registro de datos <math>\geq 200</math> Hz</b> - <b>Deriva <math>&lt; 0,1^\circ</math> / hora</b>	Debido a la obligatoriedad del uso de sistemas IMU / INS, no será necesario realizar pasadas transversales. En las cámaras matriciales en caso de <b>fallo del sist. Inercial durante el vuelo</b> , será necesaria la realización de <b>pasadas transversales</b> de modo que queden garantizadas las precisiones de aerotriangulación del punto 3.2. del apartado de Aerotriangulación de las especificaciones técnicas para "Postproceso de vuelo fotogramétrico digital combinado con vuelo LIDAR"
<b>2.2.</b>	<b>Vuelo y cobertura fotográfica</b>			
	a	Planificación del vuelo	La empresa adjudicataria <b>entregará la planificación del vuelo antes de realizarlo</b>	La <b>Dirección Técnica</b> podrá hacer <b>observaciones</b> a dicha <b>planificación</b> . Se deberán indicar las estaciones de referencia GPS a utilizar durante el vuelo.
	b	Fechas	En Península, Baleares, Ceuta y Melilla del 1 de mayo al 30 de septiembre. En Canarias, las que garanticen que la altura del Sol sea $> 40^\circ$	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 <b>altura del Sol</b> sobre el horizonte sea $\geq 40$ <b>grados sexagesimales</b>	<b>Evitar horas</b> que propicien <b>reflexiones especulares</b> y " <b>hot spot</b> " en la zona útil de cada fotograma
	d	Condiciones meteorológicas	- Tiempo <b>claro</b> , sin nubes, niebla, bruma, nieve, zonas inundadas y en general cualquier condición meteorológica adversa  - <b>Evitar vuelos al mediodía en julio y agosto</b> en días de "calima"	
	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 0,22 m +/- 10 % 2) No habrá mas de un <b>10 %</b> de fotogramas en cada pasada con píxel medio del fotograma mayor de <b>0,25 m</b>	En <b>zonas montañosas con fuertes pendientes</b> , estos porcentajes se podrán variar, previa aprobación de la planificación de vuelo por la Dirección Técnica y <b>siempre que el tamaño medio del píxel para toda la pasada, sea <math>&lt; 0,25</math> m</b>
	f	Dirección de las pasadas	Dirección <b>Este - Oeste</b> (siguiendo paralelos)  Se podrán proponer otras configuraciones de vuelo diferentes a la Dirección Técnica, la cual decidirá si son viables las propuestas realizadas	No se permitirán discrepancias $> 3^\circ$ entre pasadas consecutivas
	g	Recubrimiento longitudinal	<b>60%</b>  En zonas de <b>montaña</b> y de <b>costa</b> , 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	- Variaciones admitidas +/-3% - En ningún caso quedarán <b>zonas sin recubrir estereoscópicamente</b>

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	h	Recubrimiento transversal	<p>≥ <b>25% medio</b>                      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 20%</p>	- Margen de <b>recubrimiento mínimo del 15% en el extremo Norte y Sur</b> de la zona de trabajo.
	i	Número de pasadas por hoja MTN25	<p>- <b>Uniformemente distribuidas</b> por Hoja MTN25 en toda la zona a volar</p> <p>- El <b>recubrimiento transversal</b> resultante no debe ser inferior al 25 %</p>	En <b>zonas de montaña</b> , y en función del análisis de la Planificación del vuelo, se añadirán <b>pasadas intercaladas</b> , y/o se <b>aumentarán el número de pasadas</b> por hoja MTN25 a 5 ó 6
	j	Longitud máxima de una pasada longitudinal	<b>3 hojas</b> MTN50	No se realizarán pasadas más largas para <b>evitar variaciones cromáticas</b> excesivas en los mosaicos y disminuir los efectos de la proyección UTM en el ajuste del bloque.
	k	Pasadas interrumpidas	En cámaras de <b>formato matricial</b> , deberán conectarse al menos con <b>4 fotogramas comunes</b> . En cámaras de <b>barrido lineal</b> , deberán conectarse al menos con una <b>longitud equivalente a 1 ancho de traza</b> en todos los ángulos de toma (escenas frontal (forward), trasera (backward) y nadiral (nadir))	Para garantizar al menos <b>2 pares estereoscópicos comunes</b> . <b>Ambas tomas se deberán realizar con la misma cámara.</b>
	l	Superficie de agua en cada fotograma	<b>&lt; 20%</b>	Cuando sea necesario se <b>incrementará</b> 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 GPS/INS
	m	Desviaciones de la trayectoria del avión	<b>&lt; 50 m</b> de la planificada	En el caso de realizar vuelo simultáneo con LIDAR, las desviaciones deberán ser <15 m
	n	Desviaciones de la vertical de la cámara	<b>&lt; 4°</b>	grados sexagesimales
	o	Diferencias de verticalidad entre fotogramas consecutivos	<b>&lt; 4°</b>	grados sexagesimales
	p	Deriva no compensada	<b>&lt; 3°</b>	grados sexagesimales
	q	Cambios de rumbo entre fotogramas consecutivos	<b>&lt; 3°</b>	grados sexagesimales
	r	Zona a recubrir	- La zona a volar cubrirá hojas 1:5.000 completas - Se detalla en gráfico que proporcionará la Dirección Técnica	- Se mantendrá un <b>margen de recubrimiento mínimo del 15%</b> en los extremos Norte y Sur de la zona de trabajo - Existencia de al menos <b>2 fotocentros en los principios y finales de pasada</b> que coincidan con los extremos Este y Oeste de la zona de trabajo. - En caso de utilización de <b>cámara con sensor lineal</b> , la pasada realizada tendrá un exceso <b>longitudinal equivalente al ancho de barrido en todos los ángulos de la toma</b>
<b>2.3.</b>	<b>Toma de datos GPS en vuelo</b>			
	a	Distancia entre receptores	<b>&lt; 40 km</b>	
	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 <b>40 km</b> ) 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	<b>RMSE ≤10 cm (X,Y,Z)</b>	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.

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
<b>2.4. Procesado de los datos GPS e IMU</b>				
	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 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 GPS, 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	Las alturas calculadas serán elipsoidales
	c	Precisión de los ángulos de actitud	<b>La precisión angular</b> en la determinación de la actitud para vuelos con GPS/IMU, no debe conducir a errores angulares superiores a 0,005° (Balanceo y Cabeceo, Roll and Pitch) y 0,008° (Guiñada, Yaw).	Precisión absoluta
<b>2.5. Procesado de las imágenes digitales</b>				
	a	Radiometría	Las imágenes procesadas deben hacer un <b>uso efectivo de todos los bits</b> 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 <b>0,5% para cada banda en los extremos del histograma</b>	
	b	Orientación de las imágenes.	Pasadas <b>Este - Oeste</b> : 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, <b>el borde superior de las imágenes de fotogramas en formato comprimido (ECW) será el más próximo al N</b> , debiéndose aplicar un <b>giro de 180°</b> a las imágenes que no cumplan este requisito. El giro será de 180° para evitar que aparezcan <b>cuñas blancas</b> en la imagen, si se aplica el correspondiente a los parámetros de orientación.	
<b>2.6. Productos a entregar del vuelo fotogramétrico</b>				
	a	Planificación del vuelo	1) Bases de datos Access según el modelo proporcionado por la Dirección Técnica, con la información correspondiente a <b>líneas de vuelo, fotogramas, coordenadas de puntos principales</b> .  2) <b>Fichero shape</b> generado a partir de la base de datos correspondiente a la <b>zona de vuelo</b> , que contenga las siguientes capas:  - <b>Puntos principales</b> , asociados a la base de datos del vuelo, con su número de fotograma respectivo - <b>Estaciones de referencia GPS a utilizar</b> durante el vuelo - <b>Huellas de fotogramas</b> , 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 del vuelo realizado	1) Bases de datos Access según el modelo proporcionado por la Dirección Técnica, con la información correspondiente a <b>líneas de vuelo, fotogramas, coordenadas de puntos principales</b> .  2) <b>Fichero shape</b> generado a partir de la base de datos correspondiente a la <b>zona de vuelo</b> , que contenga las siguientes capas:  - <b>Puntos principales</b> , asociados a la base de datos del vuelo, con su número de fotograma respectivo - <b>Estaciones de referencia GPS utilizadas</b> durante el vuelo - <b>Huellas de fotogramas</b> , asociados a la base de datos del vuelo, con su número de fotograma respectivo.	

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	c	Gráfico de seguimiento del vuelo	Se entregará <b>obligatoriamente con una periodicidad semanal</b> , un fichero shape que represente la progresión del vuelo realizado.	
	d	Ficheros GPS-IMU del vuelo originales y procesados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Ficheros RINEX</b> de la <b>estación base de referencia</b> GPS y del receptor conectado a la cámara, con el <b>registro de eventos</b> correspondiente, fichero de registros IMU y <b>ficheros</b> resultantes del procesado GPS-IMU.</li> <li>- Ficheros de texto con los <b>registros de la plataforma giroestabilizada</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sincronizados los <b>tiempos de observación</b>, con intervalo máximo de 1 segundo</li> <li>- Mediante un informe se indicarán las estaciones de referencia que se han utilizado en cada día de cálculo</li> </ul>
	e	Fotogramas digitales RGBI de 8 bits en formato TIFF	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ficheros de 4 bandas Rojo, Verde, Azul, Infrarrojo cercano, con máxima resolución geométrica, después del "pansharpening" si fuera necesario, en ficheros de 8 bits.</li> <li>- En sensores lineales, 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 <b>L1</b></li> <li>- <b>las tomas RGBI deben ser nadirales</b></li> <li>- Formato TIFF 6 plano (no "Tiled"), sin cabecero GeoTIFF (para evitar discrepancias con el TFW correspondiente)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En sensores lineales, se realizarán <b>cortes de la imagen</b> de la pasada cuyo <b>tamaño</b> de fichero sea aproximadamente de <b>1 GB</b></li> </ul>
	f	Ficheros TFW de georreferenciación aproximada de cada fotograma digital de 8 bits	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para cada fichero de imagen digital, se calculará un fichero TFW de georreferenciación aproximada del mismo, basándose en los datos GPS/IMU de vuelo (ETRS89 ó REGCAN95).</li> <li>- El tamaño de píxel de cada imagen será el promedio del tamaño de píxel de toda la pasada</li> <li>- La georreferenciación se realizará en proyección UTM, en el <b>huso en el que se encuentre la hoja MTN50</b> a la que corresponda el fotograma.</li> <li>- El fichero TFW contendrá los parámetros de orientación de la imagen para visualizarla con su <b>orientación correcta</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El cálculo del <b>TFW aproximado</b> se realizará teniendo en cuenta la posición (X,Y,Z) del <b>punto de disparo</b>, la altitud del <b>punto nadiral</b> y el tamaño de píxel.</li> <li>- Estos ficheros se entregarán junto con los fotogramas digitales, <b>tan pronto como estén disponibles, para permitir la utilización del vuelo.</b></li> </ul>
	g	Fotogramas RGBI en formato ECW georreferenciado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se entregará una versión de cada fotograma, a plena resolución, comprimido en formato ECW, procedente del fotograma digital de 8 bits del apartado 2.6.e.</li> <li>El ECW tendrá una georreferenciación aproximada, y un factor de compresión nominal de 1:10</li> </ul>	El fichero ECW contendrá en la cabecera la información del <b>sistema geodésico de referencia</b> (ETRS89/REGCAN95) y de la <b>proyección cartográfica</b> (NUTM27, NUTM28, NUTM29, ...)
	h	Base de datos de estaciones GNSS utilizadas	Base de datos Access según el modelo proporcionado por la Dirección Técnica	
	i	Certificado de calibración de las cámaras y objetivos empleados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Con las ofertas técnicas se entregará una copia</li> <li>- Antes de empezar el vuelo, se entregará una copia y se mostrará el original</li> <li>Que incluya:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Certificado de calibración de la cámara y todos sus objetivos completo y vigente en el momento de la realización del proyecto.</li> <li>• Vectores GNSS - Cámara-plataforma</li> </ul> </li> </ul>	
	j	Calibración del sistema integrado Cámara digital GPS/ INS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Con las ofertas técnicas se entregará una copia</li> <li>- De la calibración del sistema integrado cámara-GNSS/ INS realizado en un polígono de calibración</li> <li>- Parámetros de calibración de los sensores cámara-GNSS/ INS utilizados durante el proyecto</li> </ul>	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.
	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 descriptivo del proceso de vuelo	Según documento "110131 Informe VUELO COMBINADO.xls"	

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
<b>3.</b>	<b>VUELO LIDAR</b>			
<b>3.1.</b>	<b>Sensor LIDAR y equipos auxiliares</b>			
	a	Sensor	<b>Sensor LIDAR.</b>	En las ofertas, <b>se especificará detalladamente el sensor (marca y modelo) y accesorios</b> (sistema GPS/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)	<b>El máximo FOV permitido planificar será de 50° efectivos</b>	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	<b>El sensor tendrá una frecuencia de escaneado mínima de 70 Hz, debiendo alcanzar un mínimo de 40 Hz con un FOV de 50°</b>	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.	<b>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.</b>	
	e	Frecuencia de pulso	<b>Mínima de 45 kHz, asumiendo un FOV de 50° y un máximo alcance de hasta 3000 metros.</b>	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 <b>velocidad adecuada</b> para garantizar un mínimo distanciamiento entre líneas de barrido (amplitud de barrido, o máximo espaciado entre puntos en la dirección de vuelo), que <b>permita obtener</b> de manera homogénea por todo su ámbito la <b>densidad promedio exigida de 0,5 puntos del primer retorno por metro cuadrado sin considerar puntos de solape entre pasadas.</b>  Para el cálculo de la <b>densidad promedio</b> por pasada, se tendrán en cuenta todos los puntos del primer retorno incluidos en la huella de la pasada.  Para el cálculo de la <b>densidad mínima</b> , se tendrán en cuenta todos los puntos del primer retorno en tramos de 2 km de la longitud de la pasada.  <b>En ningún caso se admitirá una densidad inferior a 0,40 puntos por metro cuadrado</b>	El cálculo de la densidad promedio se realizará despreciando un 2% del ancho de barrido en cada extremo  La densidad de 0,5 puntos del primer retorno por metro cuadrado implica un espaciado entre puntos $\leq 1,41$ m  <b>Las zonas sin información</b> se comprobarán estableciendo una malla de 4 m x 4 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	<b>antigüedad <math>\leq 12</math> meses</b> 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.	<b>- El sensor deberá ser calibrado, probado y certificado por el fabricante o por un centro autorizado.</b> - 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 <b>entregarán copia de los certificados de calibración con las ofertas</b>
	h	Resolución radiométrica de intensidades múltiples	<b>Rango dinámico de al menos 8 bits</b>	
	i	Capacidad de detectar múltiples retornos para un mismo pulso	<b>Deberá ser capaz de detectar y registrar hasta 4 retornos para cada pulso con una discriminación en distancia vertical de al menos 4 m.</b>	
	j	Plataforma giroestabilizada automática	No necesaria	Según instrucciones del fabricante del sensor
	j	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
	k	Ventana fotogramétrica	- Cristales que cumplan con las recomendaciones del fabricante del sensor (espesor, acabado y material). - Con sistema <b>amortiguador que atenué las vibraciones del avión.</b> <b>- No obstruya el campo de visión para el FOV definido y la montura empleada.</b>	Según instrucciones del fabricante del sensor

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	l	Sistema de navegación basado en GPS	<b>Uso obligatorio</b> - Equipo de GPS 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
	m	Sistema inercial (IMU/INS)	<b>Uso obligatorio</b> - Frecuencia de registro de datos $\geq 200$ Hz - Deriva $< 0,1^\circ$ / hora	
<b>3.2.</b>	<b>Vuelo y cobertura de puntos LIDAR</b>			
	a	Planificación del vuelo	La empresa adjudicataria <b>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.</b>	La <b>dirección técnica</b> podrá hacer <b>observaciones</b> a dicha <b>planificación</b> . Se deberán indicar las estaciones de referencia GNSS a utilizar durante el vuelo.
	b	Fechas	<b>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.</b>	
	c	Horario	Si se realiza simultáneo con fotografía aérea, tal que la <b>altura del Sol</b> sobre el horizonte sea $\geq 40$ <b>grados sexagesimales</b> 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 de <b>0,5 puntos del primer retorno por metro cuadrado</b> . Salvo en masas de aguas, oclusiones o de nula reflexión.  Ningún punto del terreno estará más alejado de otro donde haya incidido el pulso del rayo láser, más de 1,5 veces el espaciado promedio entre puntos de la malla (espaciado promedio $\leq 1,41$ m (ver apdo. 3.1.f) )	
	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	Dirección Este-Oeste siguiendo pasadas paralelas en el caso de realizar vuelo combinado.  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	$\geq 15\%$ <b>medio en zonas de poca orografía</b> 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 <b>recubrimiento mínimo del 15% en el extremo superior e inferior</b> 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 <b>recubrimiento transversal</b> resultante no debe ser inferior al 15 %	
	j	Longitud máxima de una pasada longitudinal	<b>4 hojas MTN50</b>	La longitud máxima de la pasada vendrá condicionada por la dilución de la precisión de los datos GPS/IMU.



Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	k	Pasadas transversales de ajuste altimétrico	Al inicio del proyecto se realizarán <b>pasadas transversales</b> , tomando medidas en una serie de <b>campos de control</b> , que servirán <b>para ajustar las pasadas transversales y longitudinales al terreno</b> .	<b>Los campos de control serán determinados por la Dirección Técnica</b> , proporcionando los datos necesarios para realizar el ajuste altimétrico
	l	Longitud máxima de una pasada transversal de ajuste altimétrico	<b>3 hojas MTN50</b>	La longitud máxima de la pasada vendrá condicionada por la dilución de la precisión de los datos GPS/IMU.
	m	Pasadas interrumpidas	Deberán conectarse al menos con <b>un tramo de pasada común con una longitud equivalente a 1 ancho de traza</b>	Para garantizar una zona amplia con <b>recubrimiento común</b>
	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	<b>&lt; 15 m</b> de la planificada	
	p	Desviaciones de la vertical del sensor LIDAR	<b>&lt; 5°</b>	grados sexagesimales
	q	Deriva, Cambios de rumbo, falta de verticalidad	No implicarán <b>áreas sin retorno</b> de acuerdo con lo expuesto en el apartado 3.2.e ("Ningún punto del terreno estará más alejado de otro donde haya incidido el pulso del rayo láser, más de 1,5 veces el espaciamiento promedio entre puntos de la malla"). Asimismo, este tipo de incidencias tampoco implicarán <b>zonas con recubrimiento lateral &lt;15°, o densidades promedio inferiores a la planificada</b> .	grados sexagesimales
	r	Zona a recubrir	- La zona a volar cubrirá <b>hojas 1:5.000 completas</b> - Se detallará en gráfico que proporcionará la Dirección Técnica	- Tendrá un <b>exceso longitudinal</b> equivalente al ancho de barrido - El <b>exceso transversal</b> mínimo será equivalente al recubrimiento transversal
	s	Precisión global horizontal nadiral después del procesado	<b>La precisión</b> global horizontal nadiral después del procesado será inferior a 30 cm RMSE <sub>X,Y</sub> (1 sigma) y la vertical nadiral será inferior a 20cm RMSE <sub>Z</sub> (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	<b>RMSEZ ≤ 0,20 m</b>	
	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 <b>0,60 m</b>	
	v	Discrepancia altimétrica entre pasadas	≤ 0,40 m	
<b>3.3.</b>	<b>Toma de datos GPS en vuelo</b>			
	a	Distancia entre receptores	<b>&lt; 40 km</b>	
	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 ( <b>a menos de 40 km</b> ) previa aprobación de la Dirección Técnica	
	c	Precisión de Postproceso de la trayectoria	<b>RMSE ≤10 cm (X,Y,Z)</b>	
<b>3.4.</b>	<b>Procesado de los datos GPS e IMU</b>			
	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 <b>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</b>	Las alturas calculadas serán elipsoidales
	c	Precisión de los ángulos de actitud	<b>La precisión angular</b> en la determinación de la actitud para vuelos con GPS/IMU, no debe conducir a errores angulares superiores a 0,005° (Balanceo y Cabeceo, Roll and Pitch) y 0,008° (Guiñada, Yaw).	Precisión absoluta

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
<b>3.5.</b>	<b>Productos a entregar del vuelo LIDAR</b>			
	a	Planificación del vuelo	1) Bases de datos Access según el modelo proporcionado por la Dirección Técnica, que incluirá las <b>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.</b>  2) Fichero shape generado a partir de la base de datos que contenga las siguientes capas:  - <b>Trayectorias planificadas y límites laterales de barrido</b> - Estaciones de referencia GNSS <b>a utilizar</b> 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	1) Bases de datos Access según el modelo proporcionado por la Dirección Técnica, que incluirá las <b>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.</b>  2) Fichero shape generado a partir de la base de datos que contenga las siguientes capas:  - <b>Trayectorias ejecutadas y límites laterales de barrido</b> - Estaciones de referencia GNSS <b>utilizadas</b> durante el vuelo	
	c	Ficheros GPS-IMU del vuelo originales y procesados	<b>Ficheros RINEX</b> de la <b>estación base de referencia</b> GPS y del receptor conectado al sensor LIDAR, fichero de registros IMU y <b>ficheros</b> resultantes del procesado GPS-IMU.	- Se suministrarán los ficheros IMU en el formato propio que se hayan generado y en formato de intercambio a establecer por la Dirección Técnica - Sincronizados los <b>tiempos de observación</b>
	d	Ficheros de la trayectoria del sistema Lidar	Se entregarán los siguientes ficheros:  1 - Trayectoria GPS/IMU <b>por sesión de vuelo</b> , con frecuencia de registro  2 - Trayectoria GPS/IMU <b>por pasada</b> para los ajustes altimétricos de la nube LIDAR (con frecuencia de al menos 4 Hz)	Formato <b>ASCII</b> o <b>.trj</b>
	e	Ficheros ajustados LAS del vuelo sin clasificar	- Los ficheros procederán de los <b>datos originales de vuelo, ajustados al terreno con las pasadas transversales.</b>  - El corte de los ficheros se realizará de acuerdo con cuadrados UTM de 2 x 2 km  - <b>Los puntos se entregarán inicialmente en la clase 0</b>  - <b>Los puntos</b> de intensidad <4 se clasificarán en la <b>clase 7 (ruido)</b>  - <b>Cada fichero estará proyectado en su huso correspondiente. En los ficheros que exista cambio de huso, se proyectarán en ambos.</b>	El <b>formato</b> de los ficheros será <b>LAS versión 1.1 formato 1</b> , indicando en el campo User_Data el identificador de la pasada  En el fichero LAS se deberá recoger <b>todos los parámetros definidos en el estándar establecido para este tipo de ficheros (<a href="http://www.lasformat.org">http://www.lasformat.org</a>)</b> , por ejemplo, se incluirán parámetros como el tiempo GPS, la intensidad del pulso devuelto, el número de retornos, el ángulo de escaneo...  El fichero LAS deberá disponer de las coordenadas X, Y (UTM huso correspondiente) y <b>h (ELIPSOIDAL)</b> , en el Sistema Geodésico de Referencia oficial para el ámbito del trabajo
	f	Gráfico de distribución de los cortes de ficheros LAS de 2 x 2 km	Fichero Shape	
	g	Mapa de las zonas sin representación LIDAR	Se entregará un fichero en formato Shp con la delimitación de las <b>zonas en las que no se ha obtenido datos LIDAR.</b>	
	h	Certificado de calibración del sensor LIDAR	- Con las ofertas técnicas se entregará una copia  - Antes de empezar el vuelo, se entregará una copia y se mostrará el original que incluya: • Certificado de calibración del sensor LIDAR, vigente en el momento de la realización del proyecto. • Vectores GPS - sensor LIDAR	

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	i	Calibración del sistema integrado sensor LIDAR-GPS/ INS	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: 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	Según documento "110131 Informe VUELO COMBINADO.xls"	Deberá contener la información relativa al <b>ajuste de pasadas y proceso de autocalibración</b>
<b>4</b>	<b>GRABACIÓN Y ARCHIVO DE PRODUCTOS</b>			
<b>4.1.</b>	<b>Ejecución de los trabajos</b>			
	a	Grabación productos y documentos	- Se realizará la grabación de todos los productos y documentos en <b>discos duros SATA sin carcasa</b> - <b>Las entregas parciales se podrán realizar mediante la transferencia de ficheros por FTP (File Transfer Protocol) previo acuerdo con la Dirección Técnica</b>	Previamente a la entrega, se comprobará que el modelo de los discos duros SATA se adaptan a los interfaces <b>eSATA</b> de la dirección técnica. Los discos irán identificados con el nombre del proyecto y el contenido de cada uno.
	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 dos copias de cada producto, debiendo de utilizarse marcas diferentes de discos para cada 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 " <b>Nomenclatura de carpetas y ficheros</b> " (Carpetas / Subcarpetas / Ficheros)	
	e	Entregas parciales	La empresa entregará a la Dirección Técnica con una <b>periodicidad semanal</b> , todos los productos que hayan sido generados en este período de tiempo. En caso de que por circunstancias meteorológicas o de cualquier otro tipo no se haya generado ningún producto, la empresa informará y <b>justificará documentalmente</b> esta circunstancia a la Dirección Técnica.  Si la entrega parcial se realiza a través de <b>ftp</b> , los productos aportados <b>no podrán ser modificados</b> sin autorización de la Dirección Técnica.	Se remitirá el <b>cuadro de control de envío de productos</b> acompañando a cada entrega que se realice
	f	Nomenclatura de ficheros	Todos los ficheros a entregar deberán cumplir la nomenclatura detallada en el documento " <b>110131 Nomenclatura carpetas y ficheros VUELO 25cm-LIDAR.xls</b> "	
<b>4.2.</b>	<b>Productos a entregar</b>			
	a	Listado de los ficheros contenidos en cada medio de almacenamiento	Según detallará la dirección técnica	
	b	Informe descriptivo del proceso de archivo	Según documento "110131 Informe VUELO COMBINADO.xls"	

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
<b>5</b>	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>			
<b>5.1.</b>	<b>Ejecución de los trabajos</b>			
	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.	
<b>5.2.</b>	<b>Productos a entregar</b>			
	a	Informe descriptivo del proceso de control de calidad	Según documento "110131 Informe VUELO COMBINADO.xls"	
<b>6</b>	<b>ENVÍO DE PRODUCTOS</b>			
<b>6.1.</b>	<b>Productos a entregar</b>			
	a	Cuadro de control de envío de productos	Según modelo del documento facilitado por la Dirección Técnica	
<b>PRODUCTOS COMPLEMENTARIOS A GENERAR EN EL IGN</b>				
Algunos de estos productos han dejado de ser incluidos en las especificaciones técnicas. No obstante, toda aquella Comunidad Autónoma que lo desee, puede seguir generándolos				
Todos estos productos están a disposición de cualquier organismo que lo solicite.				
<b>7</b>	<b>METADATOS ISO 19115</b>			
<b>7.1.</b>	<b>Ejecución de los trabajos</b>			
	a	Datos a cumplimentar	Se crearán los ficheros XML según el perfil NEM (Núcleo Español de Metadatos) de la norma ISO 19115, según las indicaciones de la Dirección Técnica	Se utilizarán programas que garanticen el cumplimiento de la norma ISO 19115 y el perfil NEM, tal como CATMDEDIT u otros.
<b>7.2.</b>	<b>Productos a entregar</b>			
	a	Metadatos ISO de los productos de la fase de vuelo fotogramétrico	Metadatos con la información del vuelo fotogramétrico relativa a cada una de las subzonas consideradas en el proyecto PNOA	Se entiende por subzona la unidad de extensión de territorio que se adjudica a una empresa contratista para la realización de los trabajos PNOA (Consultar el documento "Nomenclatura de carpetas y ficheros")
	b	Metadatos ISO de los productos de la fase de vuelo lidar	Metadatos con la información del vuelo lidar relativa a cada una de las subzonas consideradas en el proyecto PNOA	Se entiende por subzona la unidad de extensión de territorio que se adjudica a una empresa contratista para la realización de los trabajos PNOA (Consultar el documento "Nomenclatura de carpetas y ficheros")