



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA

ANEXO A: Especificaciones Técnicas vuelo LIDAR

Plan Nacional de Ortofotografía Aérea

Organismos participantes:

Instituto Geográfico Nacional (IGN) / Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) (M. Ttes. Movilidad y Ag. Urbana)
 Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación (M. para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico)
 Dirección General del Agua (M. para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico)

Densidad de puntos: **5 puntos/m2**

Descripción de este documento:

Título	Especificaciones Técnicas para la realización del vuelo LIDAR que permita la obtención de datos altimétricos de precisión.
Identificador	Especificaciones_3ª Cobertura_PNOA-LIDAR_2022
Autor	Instituto Geográfico Nacional (IGN) / Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) (Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana)
Fecha	21/12/2022
Estado	Definitivo
Objetivo	Armonización de los procesos, datos y documentos realizados en el marco del PNOA, entre distintos organismos y empresas Ámbito: Canarias
Descripción	Listado de especificaciones de obligado cumplimiento para la realización del vuelo LIDAR por parte de las empresas contratistas en la realización de los trabajos del Plan Nacional de PNOA-LIDAR
Instituciones colaboradoras	Instituto Geográfico Nacional (IGN) / Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) (Mº Transportes, Movilidad y Agenda Urbana) Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico) Dirección General del Agua (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico) Tragsatec
Documentos relacionados	Nomenclatura_VUELO_LIDAR_combinado, ficheros_entrega, Plantilla_BBDD_Vuelo Planificado, Plantilla_trayectoria
Período de validez	2022 y posterior, hasta su sustitución por una nueva versión



Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
1.	SISTEMA GEODÉSICO DE REFERENCIA			
	a	Sistema Geodésico de Referencia en la Península, Illes Balears, Ceuta y Melilla	ETRS89	Todo el trabajo se realizará en ETRS89, basándose exclusivamente en vértices REGENTE de la Red Geodésica Nacional
	b	Sistema Geodésico de Referencia en las Islas Canarias	REGCAN95	Todo el trabajo se realizará en el sistema REGCAN95, basándose en vértices REGCAN95
	c	Altitudes elipsoidales	Los datos serán entregados en alturas elipsoidales referidas a ETRS89 (elipsoide GRS80)	
	d	Proyección cartográfica	UTM	Referido al huso correspondiente a cada zona
	e	Huso UTM a emplear	Cada cuadrícula se entregará en su huso oficial. Las cuadrículas que caigan entre dos husos, se entregarán en ambos	Independientemente de cómo se planifique y procese el vuelo.
	f	Distribución de hojas	La distribución serán en archivos de 1x1 km, en los que la esquina superior izquierda sea un número entero redondeado a kilómetros.	

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
2.	VUELO LIDAR			
2.1.	Sensor LIDAR y equipos auxiliares			
	a	Sensor	En las ofertas, se especificará detalladamente el sensor (marca y modelo) y accesorios (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)	El máximo FOV permitido planificar será de 50° efectivos	
	c	Frecuencia de escaneado	El sensor tendrá una frecuencia de escaneado que permita obtener una distribución homogénea de puntos en todo el ancho de la pasada.	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	Tendrá una frecuencia mínima tal que asumiendo un FOV de 50° permita obtener la densidad exigida según la configuración de vuelo planificado.	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	5 puntos del primer retorno por metro cuadrado	
	g	Resolución radiométrica de intensidades múltiples	Rango dinámico de al menos 12 bit	Los valores de intensidad se salvarán en 16 bits realizando en caso necesario una expansión lineal de los valores originales sin aplicar ajustes
	h	Capacidad de detectar múltiples retornos para un mismo pulso	Deberá ser capaz de detectar y registrar un mínimos 4 retornos para cada pulso con una discriminación vertical de 70 cm.	
	i	Plataforma giroestabilizada automática	No necesaria	Según instrucciones del fabricante del sensor
	j	Mecanismo de compensación de Roll	Obligatorio	

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	k	Ventana fotogramétrica	- Cristales que cumplan con las recomendaciones del fabricante del sensor (espesor, acabado y material). - Con sistema amortiguador que atenua las vibraciones del avión. - No obstruya el campo de visión para el FOV definido y la montura empleada.	Según instrucciones del fabricante del sensor
	l	Sistema de navegación basado en GNSS	Uso obligatorio - Equipo de GNSS doble frecuencia de al menos 2 Hz con capacidad de recepción al menos de constelaciones GPS, GLONASS y GALILEO - Sincronizado con la cámara mediante el registro de eventos	Debe permitir: - planificar el vuelo, determinando las trayectorias - navegación en tiempo real - control automático de captura de datos
	m	Sistema inercial (IMU/INS)	Uso obligatorio - Frecuencia de registro de datos ≥ 200 Hz - Deriva $< 0,1^\circ$ / hora	
	n	Sensor auxiliar de imagen	Cámara fotogramétrica digital MS (RGBI) de al menos 12 bit de rango dinámico y FOV $> 50^\circ$ que permita la captura de imagen con al menos un GSD de vuelo de 0,30 m	En las ofertas, se especificarán detalladamente las cámaras (marca y modelo) y accesorios (sensores, conos, plataformas, etc...) que se utilizarán en los trabajos
	ñ	Calibración del sensor principal y auxiliar	antigüedad certificado ≤ 24 meses La empresa deberá realizar un vuelo de calibración de los sensores LIDAR y cámara antes de iniciar el proyecto para asegurar la utilización de parámetros de calibración precisos durante a la ejecución del vuelo y su posterior procesado.	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. 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
2.2. Vuelo y cobertura de puntos LIDAR				
	a	Planificación del vuelo	La empresa adjudicataria entregará la planificación del vuelo antes de realizarlo, indicando la distribución de bloques de vuelo. Esta será remitido a la Dirección Técnica antes de la misión. Será entregada según el formato establecido por la Dirección Técnica. Según el documento " Plantilla_BBDD_Vuelo Planificado "	La dirección técnica podrá hacer observaciones a dicha planificación . Se deberán indicar las estaciones de referencia GNSS a utilizar durante el vuelo. Los solapes de las imágenes capturadas con el sensor auxiliar, estarán condicionados a la planificación con el sensor lidar
	b	Fechas	Inicio de ventana de vuelo 1 de octubre del 2023. No se establece fin de ventana de vuelo desde el punto de vista técnico. La restricción desde el punto de vista de contrato viene indicada en el PPT.	La captura de datos LiDAR e imagen deberá ser simultánea. El inicio de la ventana de vuelo se ha establecido por motivos logísticos, la empresa podrá solicitar adelantar el comienzo de la ventana de vuelo puesto que en los meses anteriores se cumplen el resto de especificaciones.
	c	Horario	Tal que la altura del Sol sobre el horizonte sea en general $\geq 35^\circ$ grados sexagesimales, permitiéndose hasta 25° por motivo de eficiencia en la ejecución del vuelo.	El intervalo horario podrá adaptarse a las especificaciones del fabricante y a las normas de aviación civil previa autorización de la Dirección Técnica Se podrá disminuir la altura solar mínima en función de las condiciones locales de la zona de vuelo (tipo de relieve), en general, previa aprobación de la Dirección Técnica.
	d	Condiciones meteorológicas	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. En general, el vuelo no podrá realizarse cuando existan nubes, niebla, bruma, nieve estacional, humo, polvo, zonas inundadas o factores medio ambientales que dificulten o degraden la precisión del sensor.	Se repetiran aquellas pasadas de vuelo, única y exclusivamente si se han visto afectados los datos LiDAR en cuanto alcance y precisión. No se repetiran pasadas por artefactos (sombras, nubes,...) en las imágenes capturadas por el sensor auxiliar.

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	e	Densidad LIDAR	<p>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 simultáneamente, salvo en masas de aguas, oclusiones o de nula reflexión:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La densidad promedio mínima exigida de cada pasada, que será de 5 puntos del primer retorno por metro cuadrado, sin considerar puntos de solape entre pasadas, repartidos de manera homogénea (ratio x/y prox. 1 ±10 %), para el 95% del ámbito - La densidad promedio mínima exigida por tramos, que será de 4 puntos del primer retorno por metro cuadrado, sin considerar puntos de solape entre pasadas, repartidos de manera homogénea (ratio x/y prox. 1 ±10 %), para el 95% del ámbito - La densidad promedio máxima permitida en el 80% de los tramos, que será de 7 puntos del primer retorno por metro cuadrado, sin considerar puntos de solape entre pasadas. <p>Las densidades máximas deberán obtenerse mediante captura directa del sensor, no permitiendo la eliminación de puntos para la obtención de las mismas.</p>	<p>Para el cálculo de la densidad promedio mínima por pasada, se tendrán en cuenta todos los puntos del primer retorno incluidos en la huella de la pasada.</p> <p>Para el cálculo de la densidad promedio mínima por tramo se tendrán en cuenta todos los puntos del primer retorno en tramos de 1 km de la longitud de la pasada</p> <p>La distribución homogénea de puntos se evaluará sobre el vuelo ejecutado teniendo en cuenta los condicionantes justificados de la operación.</p> <p>Las zonas sin información se comprobarán estableciendo una malla de 4m x 4m.</p>
	f	Reflectividad objeto	<p>El vuelo se planificará de tal forma que se obtenga respuesta en elementos artificiales o naturales que tengan una reflectividad >15%</p>	<p>Se deberá tener en cuenta el máximo rango de operación para esa reflectividad objeto ajustada a las condiciones de luminosidad</p>
	g	Velocidad del avión en el momento de captura de los datos LIDAR	<p>La velocidad se fijará en función de los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Especificaciones de captura de datos del sensor LIDAR (máximo FOV permitido, frecuencia de barrido y de pulso) - Densidad final de puntos que se pretende obtener. 	
	h	Altura de vuelo	<p>La altura de vuelo se fijará en función de los siguientes parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Velocidad del avión - Especificaciones de captura de datos del sensor LIDAR (máximo FOV permitido, reflectividad, frecuencia de barrido y escaneado) - Densidad final de puntos que se pretende obtener. 	
	i	Dirección de las pasadas	<p>La dirección de las pasadas será aquella que permita optimizar el vuelo y ajustarse a la orografía del terreno, cumpliendo con los las especificaciones. Preferiblemente la dirección será Este - Oeste</p> <p>Las pasadas transversales cruzarán las pasadas longitudinales.</p>	<p>La Dirección Técnica podrá autorizar alternativas, debidamente justificadas, para adaptarse a la orografía del terreno u otros factores.</p> <p>El identificador de las pasadas ha de ser único para todo el proyecto, del tal manera que exista coherencia entre la información de la base de datos de vuelo ejecutado, fichero de trayectorias e identificador de pasada para cada punto del fichero laz</p>
	j	Recubrimiento longitudinal (sensor auxiliar)	60%	<ul style="list-style-type: none"> - Variaciones admitidas +/-3% - En ningún caso quedarán zonas sin recubrir estereoscópicamente
	k	Recubrimiento transversal	<p>≥ 15% medio en zonas de poca orografía</p> <p>En terrenos con orografía acentuada, o zonas urbanas, se planificará con un recubrimiento tal que no más de un 5% de los tramos de pasada sean inferiores al 15% sin llegar a generar zonas sin información</p>	
	l	Zonas sin información	<p>En general, no se admitirán zonas sin información salvo causas justificadas por:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuerpos de agua - Zonas de baja reflectividad - Oclusiones - Que no se puedan salvar con pasadas alternativas 	<p>La Dirección Técnica analizará los casos sin información para valorar si están justificados.</p>
	m	Longitud máxima de una pasada longitudinal	<p>Vendrá definida por uno de los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Que la longitud no supere los 90 km - Que el tiempo de vuelo de una misma pasada no supere los 20 minutos 	<p>La longitud máxima de la pasada vendrá condicionada por la dilución de la precisión de los datos GPS/IMU y los efectos de la proyección UTM en el ajuste del bloque.</p>
	n	Pasadas transversales de ajuste altimétrico	<p>Las pasadas transversales servirán para ajustar de manera relativa el bloque.</p> <p>Las pasadas transversales se planificarán, en general, al inicio y final del bloque de vuelo.</p>	<p>La empresa de vuelo presentará una distribución de pasadas transversales al inicio de los trabajos para su aprobación por parte de la Dirección Técnica.</p> <p>Es recomendable que todas las pasadas longitudinales sean cruzadas por pasadas transversales.</p>

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	ñ	Longitud máxima de una pasada transversal de ajuste altimétrico	Vendrá definida por uno de los siguientes criterios: - Que la longitud no supere los 120 km - Que el tiempo de vuelo de una misma pasada no supere los 25 minutos	La longitud máxima de la pasada vendrá condicionada por la dilución de la precisión de los datos GPS/IMU.
	o	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
	p	Pasadas en zonas costeras	En las zonas costeras con acantilados cuya orientación coincida aproximadamente con la de la dirección de la pasada, se planificará la pasada tal que el eje de vuelo sea exterior-a la línea de costa.	
	q	Desviaciones de la trayectoria del avión	< 15 m de la planificada	En caso de desviaciones superiores a la indicada, se admitirán siempre que cumplan los requerimientos de estas especificaciones
	r	Desviaciones de la vertical del sensor LIDAR	< 5°	grados sexagesimales
	s	Deriva, Cambios de rumbo, falta de verticalidad	No implicarán áreas sin retorno o densidades promedio de acuerdo con lo expuesto en el apartado 2.2.e (densidad LIDAR) . Asimismo, este tipo de incidencias tampoco implicarán zonas con recubrimiento lateral inferior al permitido	
	t	Zona a recubrir	La Dirección Técnica entregará los ámbitos de trabajo que se deberán cubrir en formato .shp	- Estos ámbitos vendrán definidos a partir de ámbitos administrativos o subdivisiones de estos en lotes/bloques añadiendo un buffer de seguridad de 1.000 m - La huella de la cámara fotogramétrica deberá cubrir al menos la huella de la nube de puntos
2.3. Toma de datos GNSS en vuelo				
	a	Estaciones de referencia	Se utilizarán las estaciones de la red de Estaciones Permanentes del Instituto Geográfico Nacional u otras estaciones que se encuentren próximas (a menos de 40 km) previa aprobación de la Dirección Técnica	En caso de instalación de una estación temporal de referencia, ésta se enlazará con las redes geodésicas del Instituto Geográfico Nacional ERGNSS o REGENTE. Se permiten distancias hasta 70 km mediante el empleo de soluciones VRS o similares
	b	Precisión de Postproceso de la trayectoria	RMSE ≤5 cm (X,Y,Z)	
2.4. Procesado de los datos GNSS e IMU				
	a	Procesado de la trayectoria	Se procesará de forma absoluta la trayectoria de toda la misión.	
	b	Orientaciones	Se determinará la orientación del sensor LIDAR (posición y orientación) 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, los ángulos de la plataforma estabilizada (si existe), y los vectores de excentricidad del sistema.	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. Ajuste de los datos LIDAR				
	a	Campos de control	Será recomendable que haya campos de control tanto en las esquinas de bloque como en su interior, repartidos de manera homogénea	Los campos de control serán determinados por la Dirección Técnica, proporcionando los datos necesarios para realizar el ajuste altimétrico.
	b	Procedimiento de medida, cálculo y ajuste Características del software	Software con prestaciones acordes con los objetivos del proyecto Método automático de medición y cálculo, con posibilidad de analizar discrepancias relativas y absolutas en el ajuste. Con posibilidad de ajuste riguroso de Roll, Pitch, Heading, X, Y, Z y escala del espejo con parámetros GNSS/IMU-INS y posibilidad de autocalibración del sistema.	
	c	Patrón de ajuste	En métodos de comparación de nubes de puntos se establecerá una malla triangular de densidad adecuada a las características del terreno y el método de ajuste empleado. En caso de usar métodos de comparación de características, se definirá una densidad y longitud adecuadas a las características del terreno y el método de ajuste empleado. Se emplearán las zonas de solape entre pasadas longitudinales y entre pasadas longitudinales y transversales evitando los bordes de pasada.	En caso de requerir Shift y drift recomendable uso de puntos de enlace Para Shift recomendable tie lines

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	d	Ajuste del bloque	En general, se aplicarán ajustes de shift Z por pasada y fluctuaciones, y en caso necesario de Roll, Pitch y Heading por sesión de vuelo. En caso de que el Sw no permita esta parametrización, se entregará el informe de ajuste justificando el proceso realizado.	En los vuelos de calibración, se ajustarán los parámetros necesarios que serán aplicados posteriormente en el procesado del vuelo.
	e	Ajuste de Fluctuaciones	Se aplicarán las fluctuaciones necesarias para reducir los errores altimétricos de menor magnitud entre pasadas.	
	f	Geometría interna del bloque (RMSXY, RMSZ relativos)	RMSE X,Y ≤ 8 cm RMSE Z ≤ 3 cm	Resultados obtenidos en el informe del ajuste
	g	Exactitud altimétrica de la nube de puntos	RMSEz ≤ 0,10 m	Se obtendrá a partir de las discrepancias con campos de control y puntos de chequeo en zonas sin vegetación.
	h	Precisión altimétrica de la nube de puntos	RMSEz ≤ 0,10 m	Se obtendrá a partir de las discrepancias entre pasadas en zonas sin vegetación. No se tendrán en cuenta zonas de vegetación cerrada y pendientes acentuadas, donde los errores se estima que puedan alcanzar valores de hasta 3 x RMSE
	i	Error máximo altimétrico de la nube de puntos	≤ 0,20 m en el 95% de los casos No podrá haber, en general, puntos con un error superior a 0,40 m salvo causas justificadas	
	j	Precisión planimétrica de la nube de puntos	RMSE X,Y ≤ 0,25 m	Se obtendrá a partir de las discrepancias entre pasadas.
	k	Error máximo planimétrico de la nube de puntos	≤ 0,50 m en el 95% de los casos No podrá haber, en general, puntos con un error superior a 1,00 m salvo causas justificadas	
2.6. Procesado de las imágenes digitales				
	a	Radiometría	Las imágenes procesadas deben hacer un uso efectivo de todos los bit 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 bit que mantendrá su aspecto, debiendo ser el número de niveles digitales vacíos inferior al 25% y las saturaciones en los extremos del histograma para cada banda inferiores al 0,5%	
	b	Orientación de las imágenes	Los ficheros TIFF mantendrán la orientación original de la toma fotográfica, debiendo contener los ficheros TFW los parámetros de la orientación del fotograma.	
	c	Precisión de la orientación directa de las imágenes	Precisión en la orientación directa: RMSEX,Y: 1,5 X GSD RMSEZ: 2 x GSD Libre de Y-Paralajes (< Tamaño del pixel del sensor)	
	d	Ortofoto Expedita	GSD _{DF} : 25cm Se generará empleando los datos de orientación directa, utilizando el método de equilibrado radiométrico automático, mosaciadas y cortadas según división de hojas 1:5.000. Esta ortofoto se empleará para evaluar la nube de puntos. Formato GeoTIFF 8 bit sin compresión	Se ortoproyectarán todos los fotogramas para utilizar sólo la parte más central de cada uno Se recomienda el trazado automático de líneas de mosaico mediante el método Most Nadir El corte se realizará según distribución de hojas 1:5.000 que entregará la dirección técnica. Rectángulo circunscrito con rebase de 100 metros con respecto a las 4 esquinas teóricas, debiendo ser las coordenadas de las esquinas múltiplos de 10 metros. Se considera esquina superior izquierda de la imagen, la esquina superior izquierda del pixel superior izquierdo
	e	Exactitud planimétrica de la ortofoto expedita	RMSE X,Y ≤ 2 X GSD_{VF}	

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
2.7. Productos a entregar del vuelo LIDAR				
	a	Planificación del vuelo	Bases de datos según el documento: " Plantilla_BBDD_Vuelo Planificado " que entregará la Dirección Técnica. Deberá contener al menos la información incluida en la plantilla, pudiéndose añadir información. Fichero shape generado a partir de la base de datos que contenga las siguientes capas: - Trayectorias planificadas y límites laterales de barrido - Estaciones de referencia GNSS a utilizar durante el vuelo	
	b	Vuelo ejecutado	1) Bases de datos Acces según el documento: " Plantilla_BBDD_Vuelo Ejecutado " que entregará la Dirección Técnica. Deberá contener al menos la información incluida en la plantilla, pudiéndose añadir información. 2) Fichero shape generado a partir de la base de datos que contenga las trayectorias ejecutadas	
	c	Ficheros GNSS y IMU	Ficheros RINEX de la estación base de referencia GNSS y de la antena del avión. Ficheros del sensor IMU y ficheros resultantes del procesado en el formato propio del equipo.	
	d	Trayectorias	- Trayectorias GNSS/IMU por pasada en formato .trj con el formato establecido en el documento " Plantilla_trayectoria ". - En caso de no disponer de .trj por la metodología seguida, se podrán entregar las trayectorias en formato ASCII siguiendo la estructura del documento " Plantilla_trayectoria ". - En caso de que la metodología empleada no permita generar trayectorias por pasadas se analizará con la Dirección Técnica la forma de entrega	La empresa de vuelo entregará como documentación referente a las trayectorias toda la que proporcione el sistema de navegación, incluyendo como mínimo los campos: Tiempo - Ynave - Xnave - Hnave - Roll - Picht - Heading (consecutivos y en ese orden) y sus correspondientes valores de precisión. La escala de tiempo empleada será GPS estándar Time La Dirección Técnica proporcionará el documento " Plantilla_trayectoria ".
	e	Ficheros LAZ originales antes del ajuste	La empresa entregará una copia de los ficheros originales antes del ajuste	
	f	Ficheros ajustados LAZ	- Nube puntos ajustada en formato LAZ. Las pasadas transversales deberán ser entregadas en una carpeta independiente a las pasadas longitudinales - Los puntos se entregarán inicialmente en la clase 0. Los puntos considerados como ruido se entregarán en la clase 7. - Los puntos del primer retorno tendrán el color procedente del sensor fotogramétrico, preferiblemente de los fotogramas del vuelo . El orden de las bandas será RGBI. - Cada fichero estará proyectado en su huso correspondiente. En los ficheros que exista cambio de huso, se proyectará en ambos husos . La Dirección Técnica definirá el ámbito de cuadrículas LAZ de cada huso - La escala temporal y la identificación de las pasadas de vuelo deben ser coherentes entre los ficheros LAZ y los ficheros con las trayectorias	El formato de los ficheros será LAZ versión 1.4 formato 8 , indicando en el campo User_Data el identificador de la pasada. El identificador de la pasada de cada punto deberá coincidir con el fichero de pasadas trj o ascii 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 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 h (ELIPSOIDAL) , en el Sistema Geodésico de Referencia oficial para el ámbito del trabajo

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	g	Certificado de calibración del sensor LIDAR	- Se deberá realizar una entrega junto a las ofertas técnicas. Debe estar vigente a fecha de presentación de la oferta. - En la entrega final del proyecto deberá ser también incluido.	
	h	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	Con las ofertas técnicas se entregará una copia que incluya: - Certificado de calibración de la cámara y todos sus objetivos completo y vigente en el momento de la realización del proyecto. - Antes de empezar el vuelo, se podrá requerir la entrega de una copia y se mostrará el original
	i	Calibración del sistema integrado sensor LIDAR-GNSS/ INS	Se entregará una memoria de los vuelos de calibración en la que se describa la metodología empleada, los parámetros de calibración del sistema integrado LIDAR-GNSS/IMU-INS obtenidos el software empleado para realizarlo, la situación de la zona de calibración, de los puntos de control terreno empleados y estaciones de referencia GNSS utilizadas.	
	j	Lever arms	Se entregará en fichero .txt: Vector sensor LIDAR - Antena GNSS Vectores IMU-INS LIDAR y IMU-INS Cámara.	
	k	Informe del ajuste de datos LiDAR	Se entregará el reporte del Software de ajuste de datos LiDAR empleado	
	l	Fotogramas digitales de 16 bits en formato TIFF	- Ficheros de 4 bandas con máxima resolución geométrica, en ficheros de 16 bits. - Formato TIFF 6 plano (no "Tiled"), sin encabezero GeoTIFF (para evitar discrepancias con el TFW correspondiente)	
	m	Base de datos de vuelo fotogramétrico	Se suministrará base de datos de vuelo según especificaciones de PNOA-LIDAR	
	n	Ficheros TFW de georreferenciación aproximada de cada fotograma digital	- 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 ó REGCAN95). - El tamaño de pixel de cada imagen será el promedio del tamaño del pixel del fotograma - La georreferenciación se realizará en proyección UTM, en el huso en el que se encuentre el fotocentro al que corresponda el fotograma. - El fichero TFW contendrá los parámetros de orientación de la imagen para visualizarla con su orientación correcta	- El cálculo del TFW aproximado se realizará teniendo en cuenta la posición (X,Y,Z) del punto de disparo , la altitud promedio correspondiente a cada fotograma, el tamaño de pixel del sensor y la distancia focal.
	ñ	Ortofotos expeditas de 4 bandas (RGBI)	- Ficheros de 4 bandas Rojo, Verde, Azul, Infrarrojo cercano, con máxima resolución geométrica, después del "pansharpening" si fuera necesario, en ficheros de 8 bit (unsigned).	
3	GRABACIÓN Y ARCHIVO DE PRODUCTOS			
3.1.	Ejecución de los trabajos			
	a	Grabación productos y documentos	Se realizará la grabación de todos los productos y documentos en discos duros SATA Las entregas parciales se podrán realizar mediante la transferencia de ficheros por FTP (File Transfer Protocol) previo acuerdo con la Dirección Técnica	
	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, preferiblemente de marcas diferentes.	
	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_VUELO_LIDAR_combinado " (Carpetas / Subcarpetas / Ficheros)	El documento " Nomenclatura_VUELO_LIDAR_combinado " será proporcionado por la Dirección Técnica
	e	Formatos de ficheros	Los ficheros entregados deberán tener los formatos, campos.... definidos por la Dirección Técnica en el documento " Ficheros_entrega "	El documento " Ficheros_entrega " será proporcionado por la Dirección Técnica
	f	Entregas parciales	La Dirección Técnica podrá solicitar entregas parciales	

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	g	Embalaje de los dispositivos de almacenamiento en cajoneras de plástico	Los dispositivos entregados estarán provistos de un sistema de embalaje y almacenamiento que los proteja del polvo, que permita su apilamiento y evite golpes o cualquier otra circunstancia que pueda deteriorarlos.	