



MINISTERIO DE FOMENTO

Especificaciones Técnicas para la realización del vuelo lidar que permita la obtención de información altimétrica en el ámbito de Andalucía

Versión 130730

Densidad puntos LIDAR: 0,5 puntos/m²

Descripción de este documento:

Título	Especificaciones Técnicas para la realización del vuelo lidar que permita la obtención altimétrica en el ámbito de Andalucía
Identificador	130730 Especificaciones vuelo lidar Andalucía
Autor	Instituto Geográfico Nacional (IGN) / Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) (M ^o Fomento)
Fecha	30/07/2013
Tema	Especificaciones Técnicas para el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea
Estado	Definitivo
Objetivo	Obtención del vuelo Lidar
Descripción	Listado resumido de especificaciones de obligado cumplimiento por las empresa contratistas en la realización de los trabajos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea
Documentos relacionados	Nomenclatura de carpetas y ficheros. Resumen de productos a entregar. Informes descriptivos de las distintas fases de producción
Período de validez	2013/2014



Apartado Ítem

Fase / Parámetro

Especificaciones

Detalles

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
1.	SISTEMA GEODÉSICO DE REFERENCIA			
	a	Sistema Geodésico de Referencia en la Península, Baleares, 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 Canarias	REGCAN95	Todo el trabajo se realizará en el sistema REGCAN2001, basándose en vértices REGCAN2001
	c	Altitudes elipsoidales	Se utilizarán únicamente alturas elipsoidales referidas a ETRS89 en todos los procesos de cálculo (elipsoide GRS80)	
	d	Proyección cartográfica	UTM	Referido al Huso 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 serán en archivos de 2x2 km, en los que la esquina superior izquierda sea múltiplo par de los kilómetros	
	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

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 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	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	El sensor tendrá una frecuencia de escaneado mínima de 70 Hz, debiendo alcanzar un mínimo de 40 Hz con un FOV de 50°	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	Mínima de 45 kHz, asumiendo un FOV de 50° y un máximo alcance de hasta 3000 metros.	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 0,5 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 0,40 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 0,5 puntos del primer retorno por metro cuadrado implica un espaciamiento entre puntos $\leq 1,41$ m Las zonas sin información se comprobarán estableciendo una malla de 4m x 4m. 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
	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

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	k	Ventana fotogramétrica	<ul style="list-style-type: none"> - 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 GPS	Uso obligatorio - 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)	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 de 0,5 puntos del primer retorno por metro cuadrado . 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. 2.1.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 pasadas longitudinales, sobrevolando 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 2.1.f y 2.2.e) El recubrimiento transversal resultante no debe ser inferior al 15 %	
	j	Longitud máxima de una pasada longitudinal	3 hojas MTN50	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 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

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	l	Longitud máxima de una pasada transversal de ajuste altimétrico	4 hojas MTN50	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 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 2.2.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 zonas con recubrimiento lateral <15°, o densidades promedio inferiores a la planificada.	grados sexagesimales
	r	Zona a recubrir	- La zona a volar cubrirá hojas 1:5.000 completas - 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 horizontal nadiral después del procesado	La precisión global horizontal nadiral después del procesado será inferior a 30 cm RMSE _{x,y} (1 sigma) y la vertical nadiral será inferior a 20cm 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 GPS en vuelo				
	a	Distancia entre receptores	< 40 km	
	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 40 km) previa aprobación de la Dirección Técnica	
	c	Precisión de Postproceso de la trayectoria	RMSE ≤10 cm (X,Y,Z)	
2.4. Procesado de los datos GPS 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 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
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 GPS-IMU del vuelo originales y procesados	Ficheros RINEX de la estación base de referencia GPS y del receptor conectado al sensor LIDAR, fichero de registros IMU y ficheros 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 tiempos de observación
	d	Ficheros de la trayectoria del sistema Lidar	- Trayectoria GPS/IMU por sesión de vuelo, con frecuencia de registro - Trayectoria GPS/IMU por pasada para los ajustes altimétricos de la nube LIDAR (con frecuencia de al menos 4 Hz) en formato ASCII o trj	
	e	Documentación del ajuste de fluctuaciones	- Informes sobre el resultado del ajuste de fluctuaciones realizado en cada pasada, con las correcciones aplicadas.	
	f	Ficheros ajustados LAS del vuelo sin clasificar	- 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 2 x 2 km - Los puntos se entregarán inicialmente en la clase 0 - Los puntos de intensidad <4 se clasificarán en la clase 7 (ruido) - Cada fichero estará proyectado en su huso correspondiente. En los ficheros que exista cambio de huso, se proyectarán en ambos.	El formato de los ficheros será LAS versión 1.1 formato 1 , indicando en el campo User_Data el identificador de la pasada 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
	g	Gráfico de distribución de los cortes de ficheros LAS de 2 x 2 km	Fichero Shape	
	h	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 en formato shape	

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
	i	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 GPS - sensor LIDAR 	
	j	Calibración del sistema integrado sensor LIDAR-GPS/ INS	<p>Con las ofertas técnicas se entregará una copia</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 <p>Una vez realizado el vuelo de calibración se entregarán además:</p> <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.
	k	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	
	l	Base de datos de estaciones GNSS permanentes	Base de datos Access según el modelo proporcionado por la Dirección Técnica	
	m	Fichero de ajuste de pasadas y autocalibración	Fichero sen formato ASCII con la información relativa al ajuste de pasadas y proceso de autocalibración	
	n	Informe descriptivo del proceso de vuelo	Según documento "110131 Informe VUELO COMBINADO.xls"	Deberá contener la información relativa al ajuste de pasadas y proceso de autocalibración

Apartado	Ítem	Fase / Parámetro	Especificaciones	Detalles
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	Previamente a la entrega, se comprobará que el modelo de los discos duros SATA se adaptan a los interfaces eSATA de 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, preferentemente 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 de carpetas y ficheros " (Carpetas / Subcarpetas / Ficheros)	
	e	Entregas parciales	La empresa irá realizando entregas parciales a la Dirección Técnica, de fases del trabajo terminadas, con ámbitos correspondientes a los bloques de aerotriangulación en los que se haya dividido la zona de trabajo, de forma que se puedan ir efectuando las tareas de control de calidad paralelamente. Se evitarán las entregas masivas a la finalización de los trabajos de todo el material completo.	Se remitirá el cuadro de control de envío de productos acompañando a cada entrega que se realice
	f	Nomenclatura de ficheros	Todos los ficheros a entregar deberán cumplir la nomenclatura detallada en el documento " 100909 Nomenclatura carpetas y ficheros VUELO 25cm-LIDAR.xls "	
	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. Las características las definirá la Dirección Técnica	
3.2.	Productos a entregar			
	a	Listado de los ficheros contenidos en cada medio de almacenamiento	Fichero ASCII con detalle de carpetas, subcarpetas y ficheros	Mediante comando MS-DOS: dir /s > [nombre de fichero].txt o cualquier otro procedimiento similar
	b	Informe descriptivo del proceso de archivo	Según documento "... Informe POSTPROCESO vuelo combinado.xls"	
4	CONTROL DE CALIDAD			
4.1.	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.	
4.2.	Productos a entregar			
	a	Informe descriptivo del proceso de control de calidad	Según documento "... Informe POSTPROCESO vuelo combinado.xls"	
5	ENVÍO DE PRODUCTOS			
5.1.	Productos a entregar			
	a	Cuadro de control de envío de productos	Según modelo del documento facilitado por la Dirección Técnica	