OF / 001

Sogamoso, 19 de diciembre de 2025

Ingeniero
JEFFERSON ARBEY MENDIVELSO GARCÍA
Secretario de Planeación y Gestión Territorial
Supervisor designado
Ciudad

Asunto: Informe Acta parcial N 1, CONTRATO DE MINIMA CUANTIA N C-MS-MC-049-2025

Un saludo

En el marco de las especificaciones técnicas del contrato del Asunto, así como las demás cláusulas contractuales del proceso y los contenidos enmarcados en la norma para la elaboración de estudios detallados de gestión del riesgo, me permito allegar a usted los insumos generados a la fecha para la caracterización del evento, y que de igual forma, sirvan como soporte en el marco del pago del acta parcial N 1.

Sin más, agradezco ampliamente su incondicional apoyo.
Cordialmente

Yerson López
R/L GAIA J&S S.A.S.
3112161523

REALIZAR UN ESTUDIO DETALLADO DE AMENAZA ORIENTADO AL CONOCIMIENTO DEL RIESGO PARA LA INCORPORACIÓN DE MEDIDAS NO ESTRUCTURALES EN EL ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE SOCOTA - BOYACÁ

INFORME EJECUTIVO PARCIAL 1

INVITACIÓN PÚBLICA No. PC-MS-MC-057-2025

CONTRATO DE MINIMA CUANTIA

GAIA J&S S.A.S

MUNICIPIO DE SOCOTA

19 DE DICIEMBRE DE 2025

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL CONTRATO

PROCESO N	PC-MS-MC-057-2025
CONTRATO N.	CONTRATO DE MINIMA CUANTIA N C-MS-MC-049-2025
CONTRATANTE	ALCALDIA DE SOCOTA BOYACÁ
NIT	800026911-1
CONTRATISTA	GAIA J&S S.A.S
NIT	901911733-8
R.L. CONTRATISTA	YERSON ARMANDO LÓPEZ RIAÑO
CEDULA	C.C. 1.057'585.875 de Sogamoso.
OBJETO	REALIZAR UN ESTUDIO DETALLADO DE AMENAZA ORIENTADO AL CONOCIMIENTO DEL RIESGO PARA LA INCORPORACIÓN DE MEDIDAS NO ESTRUCTURALES EN EL ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE SOCOTA – BOYACÁ
PLAZO DE EJECUCIÓN	EL TÉRMINO DE DURACIÓN DEL CONTRATO SERÁ DE veinte (20) días contados a partir del cumplimiento de los requisitos de forma consagrados en el Artículo 39 de la ley 80 de 1993, perfeccionamiento, ejecución y pago consagrados en el Artículo 41 de la ley 80 de 1993, Articulo 23 de la ley 1150 de 2007 y Art. 2.2.1.1.2.3.1 del Decreto 1082 de 2015, y la suscripción de la firma del Acta de Inicio.
VALOR	TREINTA Y DOS MILLONES PESOS M/CTE ($32.000.000.00) M/CTE
FORMA DE PAGO	El Municipio, cancelará al contratista el valor pactado Pagos parciales por 90% del valor total del contrato expedida por el supervisor del contrato y sean debidamente aprobadas por la secretaria de planeación municipal. Previa presentación de factura, certificación de cumplimiento del supervisor y el 10% con las firmas de las actas de cumplimiento y liquidación del contrato.

2. ESPECIFICACIONES TECNICAS

ITEM	PRODUCTO	DESCRIPCION
1	Análisis detallado de la amenaza	1. Área de estudio. Se referirá a las áreas con condiciones de riesgo y amenaza, por movimientos en masa. Estas áreas podrán ser precisadas con base en la geoforma de la zona objeto de análisis.

ITEM	PRODUCTO	DESCRIPCION
		2. Insumos. Se consideran como insumos mínimos que se elaboran y evalúan a la escala de trabajo, los siguientes: a) Geología para ingeniería; b) Geomorfología a nivel de elementos; c) Hidrogeología, con énfasis en comportamiento de los niveles freáticos; d) Evaluación del drenaje superficial; e) Sismología; f) Uso del Suelo; g) Exploración del subsuelo; h) Levantamiento topográfico y ortofotografía. 3. Alcance. El análisis de la amenaza a nivel detallado se realiza empleando por lo menos métodos determinísticos y modelos matemáticos, en función de la dinámica del movimiento en masa objeto de análisis. Como parte del análisis de amenaza se debe tener en cuenta las causas de la inestabilidad del terreno, considerando dentro de los agentes detonantes los siguientes factores: agua, sismo y procesos antrópicos (cortes, excavaciones, rellenos y construcciones en general). 4. Productos: Mapas de zonificación de amenaza por movimientos en masa. Se debe elaborar un documento técnico que contenga la metodología empleada y los resultados obtenidos.
2	Análisis de vulnerabilidad	Para evaluar la vulnerabilidad se consideran los siguientes aspectos: 1. De acuerdo con los resultados del estudio detallado de amenazas, se deben identificar y localizar en la cartografía correspondiente los elementos expuestos.

ITEM	PRODUCTO	DESCRIPCION
		2. Se debe establecer las características de los elementos expuestos a las amenazas identificadas, en cuanto al tipo de elemento, grado de exposición, resistencia que ofrece el elemento y distribución espacial. 3. Se deben identificar los diferentes tipos de daño o efecto esperado sobre los elementos expuestos que se pueden presentar como resultado del fenómeno natural. 4. Esta información debe zonificarse en un mapa a la misma escala del mapa de amenazas detallados estableciendo categorías de vulnerabilidad alta, media y baja, de acuerdo a las características de los elementos expuestos.
3	Evaluación del riesgo	La evaluación de riesgo es el resultado de relacionar la zonificación detallada de amenaza y la evaluación de la vulnerabilidad. Con base en ello, se categorizará el riesgo en alto, medio y bajo, en función del nivel de afectación esperada. Contenidos de la evaluación del riesgo. Los estudios de evaluación de riesgo deben acompañarse de los siguientes documentos: 1. Documento técnico que contenga metodología de evaluación empleada y los resultados. 2. Fichas de evaluación de vulnerabilidad. 3. Mapa de vulnerabilidad categorizada en alta, media y baja. 4. Mapa de riesgo, categorizado en alto, medio y bajo, señalando para el riesgo alto si es mitigable o no mitigable.
4	Medidas de tipo NO estructural	Las medidas no estructurales, orientadas a regular el uso, la ocupación y el aprovechamiento del suelo mediante la determinación de normas urbanísticas, proyectos para la implementación de sistemas de alertas

ITEM	PRODUCTO	DESCRIPCION
		tempranas en los casos que aplique, así como la socialización y apropiación cultural de los principios de responsabilidad y precaución.

3. COMPONENTES TÉCNICOS ASOCIADOS A LA PARCIAL 1

En el marco de la zonificación detallada de la amenaza, se parte de la generación de insumos, los cuales, son susceptibles de levantamiento primario en campo y se emplearan para la determinación de los factores condicionantes del evento.

Tal es el caso de las tomografías eléctricas resistivas y la ortofotografía.

3.1. Tomografías eléctricas resistivas

La zona de estudio se localiza en la vereda Güita, jurisdicción del municipio de Socotá, al norte del departamento de Boyacá, dentro del ámbito geográfico de la Cordillera Oriental colombiana. El territorio municipal presenta un relieve predominantemente montañoso, con laderas de pendiente moderada a alta y una red de drenaje encajada, condiciones que caracterizan gran parte del norte del departamento y que influyen de manera directa en la dinámica de los procesos de remoción en masa.

Desde el punto de vista territorial, la vereda Güita forma parte de un entorno rural con uso del suelo principalmente agropecuario, acompañado de infraestructura básica como viviendas dispersas, vías terciarias y obras menores de adecuación del terreno. Estas actividades se desarrollan sobre laderas naturales y zonas de transición hacia fondos de valle, donde la interacción entre topografía, escorrentía superficial e infiltración condiciona el comportamiento del terreno.

En este sector se han registrado eventos recientes de movimientos en masa, los cuales han generado afectaciones significativas sobre viviendas, vías rurales, infraestructura comunitaria y áreas productivas. De acuerdo con reportes institucionales, durante los meses de noviembre y diciembre de 2024 se presentaron al menos dos eventos principales, uno inicial en el sector conocido como *La Playa* y otro posterior en el sector de Güita, asociado al desplazamiento y desconfinamiento de materiales previamente movilizados. Estos eventos motivaron la activación de acciones de respuesta, evaluación técnica y medidas preventivas por parte de las autoridades locales y departamentales.

Ilustración 1. Panorámica deslizamiento vereda Güita municipio de Socotá.



Fuente: Autor

Las afectaciones reportadas evidencian que el fenómeno no corresponde a un evento puntual aislado, sino a un proceso de inestabilidad con evolución temporal, condicionado por factores propios del territorio, tales como la pendiente, el régimen de lluvias, la presencia de materiales superficiales poco consolidados y la dinámica hidrológica local. En este contexto, la caracterización de las condiciones físicas del subsuelo adquiere especial relevancia para apoyar el conocimiento de la amenaza y orientar los análisis posteriores del riesgo.

Para la caracterización de las condiciones físicas del subsuelo en el sector afectado por el movimiento en masa en la vereda Güita, municipio de Socotá, se aplicó el método de Tomografía Eléctrica de Resistividad (ERT), empleando un arreglo Schlumberger. Esta configuración fue seleccionada por su adecuada profundidad de investigación y su sensibilidad para identificar contrastes verticales en la respuesta eléctrica del terreno, asociados a variaciones en las propiedades físicas de los materiales.

El desarrollo metodológico comprendió el diseño del levantamiento geoeléctrico, la adquisición de datos en campo y el procesamiento e inversión de la información obtenida, siguiendo procedimientos técnicos estándar para estudios geoeléctricos. Cada una de estas etapas se describe a continuación.

3.1.1. Diseño del levantamiento

El levantamiento geoeléctrico se estructuró a partir de dos perfiles de tomografía eléctrica, dispuestos de manera transversal al cuerpo del deslizamiento, con el propósito de obtener información representativa sobre

la variación lateral y vertical de las propiedades físicas del subsuelo en los sectores más relevantes del área afectada.

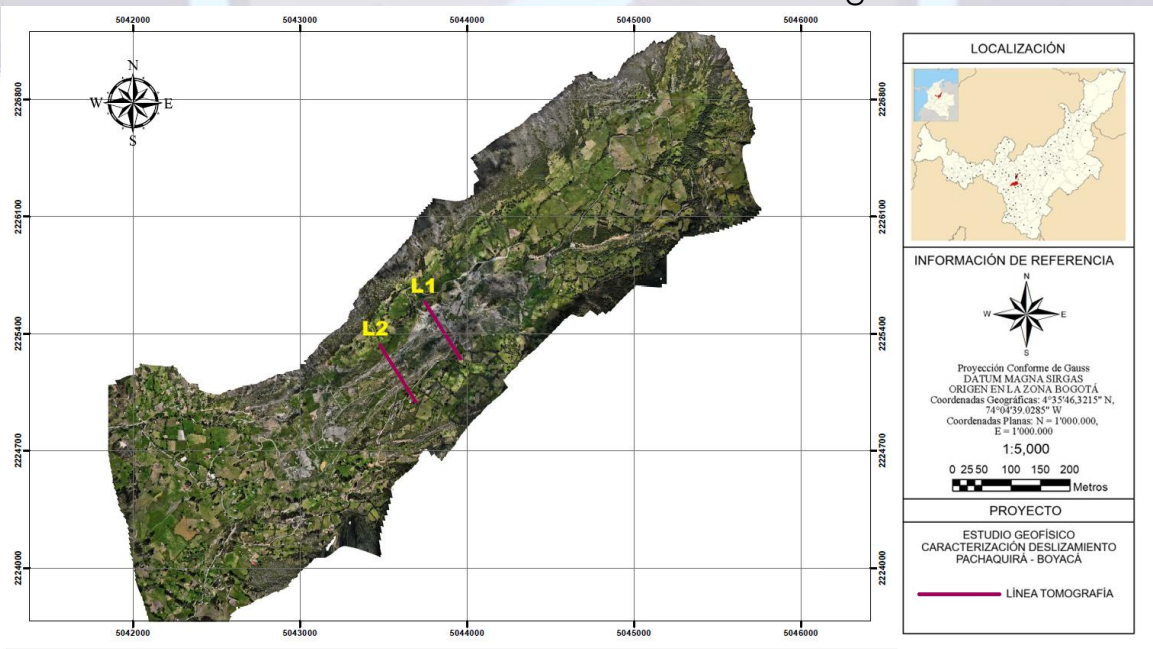
Cada perfil estuvo conformado por 48 electrodos con un espaciamiento de 10 metros, lo que corresponde a una longitud efectiva aproximada de 470 metros por línea y una profundidad de investigación potencial del orden de 70 a 90 metros, en función de las condiciones del terreno y de la configuración empleada.

Las líneas se dispusieron de la siguiente manera:

- **Línea 1 (L1):** Localizada en la **parte media–alta del deslizamiento**, con orientación transversal, con el objetivo de caracterizar las condiciones subsuperficiales del sector superior del cuerpo inestable y evaluar la continuidad lateral de las respuestas geoeléctricas en esta zona.

- **Línea 2 (L2):** Dispuesta en la **parte media–baja del deslizamiento**, también con orientación transversal, orientada a identificar la variación de las propiedades físicas del subsuelo hacia la zona de acumulación de materiales y su relación con las condiciones del terreno en este sector.

Ilustración 2. Localización líneas de tomografía.



Fuente: Autor

3.1.2. Adquisición de datos en campo

Las actividades de campo se desarrollaron siguiendo un protocolo técnico orientado a garantizar la calidad y confiabilidad de las mediciones geoeléctricas. En primera instancia, se realizó el trazado y marcación de los perfiles, verificando que la alineación de cada línea fuera consistente con la orientación definida en la etapa de diseño y que el espaciamiento entre electrodos se mantuviera uniforme a lo largo de toda la extensión del levantamiento.

Ilustración 3. Trazado Línea 1.



Fuente: Autor

Ilustración 4. Trazado Línea 2.



Fuente: Autor

Posteriormente se procedió a la instalación de los electrodos, garantizando su correcta inserción en el terreno y la conexión apropiada al resistivímetro. Antes de iniciar las mediciones, se evaluó la resistencia de contacto electrodo–suelo, un parámetro fundamental para minimizar errores y reducir la dispersión en las lecturas. En aquellos puntos donde la resistencia resultó elevada o inestable, se aplicaron procedimientos de mejora del contacto,

principalmente mediante humedecimiento local del suelo o el uso de solución salina.

Ilustración 5. Humedecimiento con solución salina



Fuente: Autor

Paralelamente, se llevó a cabo el registro topográfico y georreferenciación de los perfiles con equipo GPS, con el propósito de integrar la topografía real en las etapas posteriores de modelación. Esto permite que las secciones de resistividad representen de forma más precisa las condiciones geométricas del terreno.

Durante la adquisición de datos se prestó especial atención a la estabilidad de las lecturas y al comportamiento general del equipo. Cuando se detectaron valores anómalos o inconsistentes, se repitieron las mediciones bajo las mismas condiciones instrumentales para verificar la confiabilidad del dato. Asimismo, se tomó en consideración la presencia de posibles fuentes de interferencia externa, como cercas metálicas, líneas eléctricas o estructuras enterradas, ajustando la ubicación del cableado o modificando el protocolo de adquisición cuando fue necesario.

En conjunto, estas acciones garantizaron la obtención de un conjunto de datos robusto y adecuado para los procedimientos de procesamiento e inversión.

Ilustración 6. Adquisición de datos L1



Fuente: Autor

Ilustración 7. Adquisición de datos L2



Fuente: Autor

3.1.3. Procesamiento e inversión de datos

Una vez finalizada la adquisición, los datos crudos fueron sometidos a un proceso de revisión y depuración preliminar. Este procedimiento consistió en analizar cada lectura registrada para identificar valores atípicos, inconsistencias numéricas o efectos asociados a un mal contacto eléctrico en alguno de los electrodos. Todas las mediciones consideradas poco confiables fueron descartadas con el fin de evitar su influencia en las etapas posteriores del modelamiento.

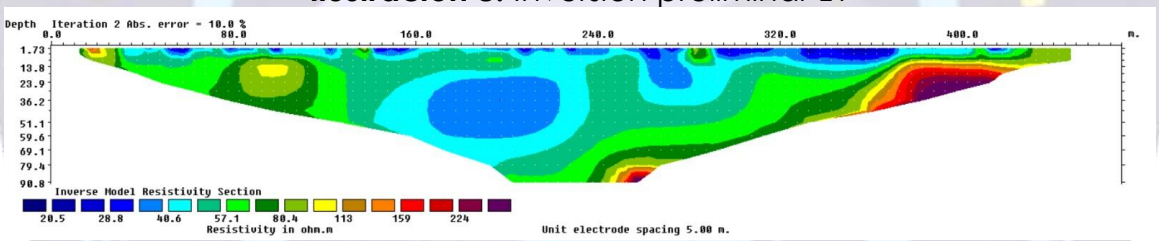
Posteriormente, los datos depurados se incorporaron al software especializado de inversión bidimensional **RES2DINV versión 4.8.10 (Geotomo Software).** El procesamiento e inversión de los datos se desarrolló dentro de un esquema de mínimos cuadrados no lineales, utilizando una malla de

elementos finitos que permitió reproducir adecuadamente la distribución espacial de los electrodos y la variación topográfica. Como parte de la regularización, se aplicó un suavizado espacial, lo que contribuyó a obtener modelos estables, físicamente consistentes y libres de oscilaciones artificiales.

Durante la etapa de inversión, RES2DINV ejecutó iteraciones sucesivas ajustando el modelo de resistividad hasta lograr que la respuesta sintética se aproximara a las mediciones reales dentro de un margen aceptable de error. La reducción progresiva del error cuadrático medio (RMS) permitió alcanzar un compromiso adecuado entre el ajuste a los datos y la estabilidad del modelo, garantizando que las soluciones obtenidas fueran coherentes tanto numérica como geológicamente.

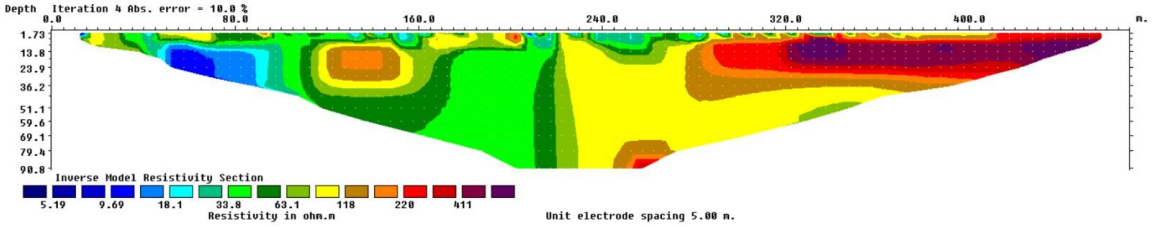
Una vez conseguido un nivel de ajuste satisfactorio, se generaron las secciones finales de resistividad 2D. Estas secciones constituyen el insumo principal para la interpretación geológica y geotécnica del área de estudio, permitiendo identificar contrastes en el subsuelo y definir zonas con diferentes propiedades hidrogeológicas y geomecánicas.

Ilustración 8. Inversión preliminar L1



Fuente: Autor

Ilustración 9. Inversión preliminar L1



Fuente: Autor

La inversión preliminar de los datos de Tomografía Eléctrica de Resistividad presenta resultados coherentes y estables, con valores de error absoluto del orden del 10 %, lo cual se considera aceptable para esta etapa del estudio y consistente con la complejidad del terreno y la geometría del levantamiento. Los modelos invertidos muestran una distribución continua

de resistividades, sin evidencias de artefactos numéricos dominantes ni oscilaciones no físicas asociadas al proceso de inversión.

En ambas secciones se reconocen contrastes resistivos bien definidos, con variaciones laterales y verticales que reflejan cambios significativos en las propiedades físicas del subsuelo. La geometría general de las anomalías es consistente entre iteraciones, lo que indica que la solución alcanzada es robusta desde el punto de vista geofísico y que los datos adquiridos en campo poseen una calidad adecuada para avanzar hacia etapas posteriores de análisis.

No obstante, dado que los modelos actuales se encuentran referidos a una geometría simplificada del terreno, las secciones obtenidas deben interpretarse como una representación preliminar de la distribución de resistividad, cuya posición y geometría real requieren ser ajustadas mediante la incorporación de la topografía y el análisis integrado con la información geológica disponible.

Como siguiente etapa del estudio, se incorporará la topografía real de los perfiles dentro del proceso de inversión, con el fin de ajustar la geometría de los modelos geoeléctricos y representar de manera más precisa las condiciones del terreno. Esta integración permitirá mejorar la ubicación en profundidad de las anomalías resistivas y reducir posibles distorsiones asociadas a la simplificación geométrica del modelo actual.

Posteriormente, con los modelos ajustados topográficamente, se realizará la interpretación geofísica integrada, correlacionando los contrastes de resistividad con la información geológica disponible y las observaciones de campo.

3.2. GENERACIÓN DE ORTOFOTO

Para la generación de la ortofoto se estableció un área de estudio de 400 hectáreas, se utilizo un aeronave no tripulada Mavic 3 E, y se proceso en software licenciado Metashape Agisoft.

Agisoft Metashape

Informe de procesamiento Para Estudio detallado de la amenaza orientado al conocimiento del riesgo en el municipio de socota

18 December 2025



Datos del levantamiento

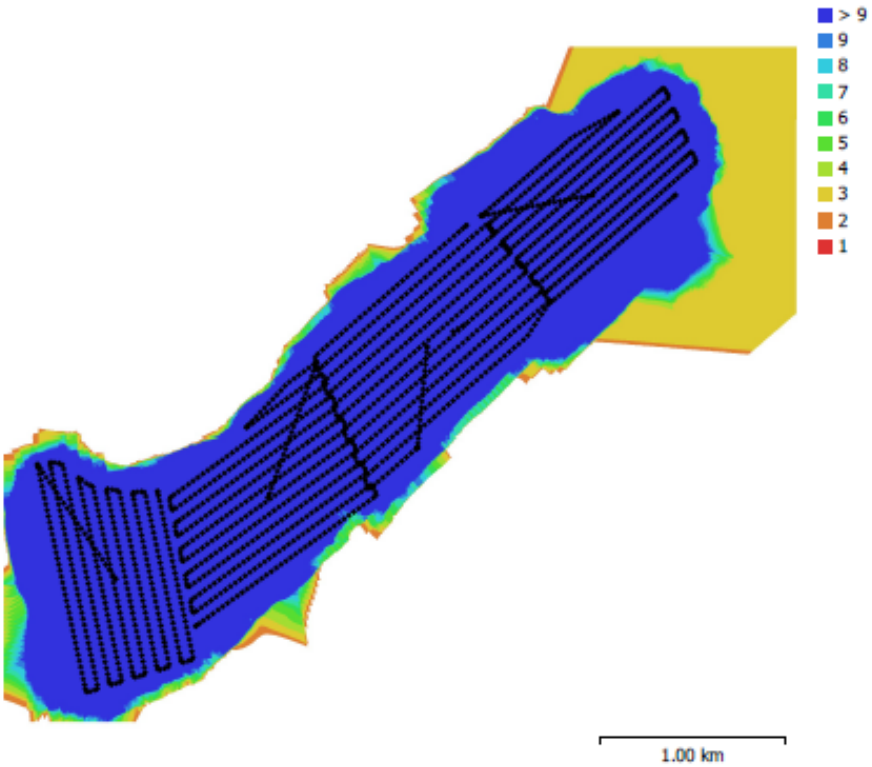


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes:	1,852	Imágenes alineadas:	1,852
Altitud media de vuelo:	266 m	Puntos de paso:	587,172
Resolución en terreno:	7.68 cm/pix	Proyecciones:	7,571,028
Área cubierta:	6.30 km^2	Error de reproyección:	0.871 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
M3E (12.29mm)	5280 x 3956	12.29 mm	3.36 x 3.36 micras	Sí

Tabla 1. Cámaras.

Calibración de cámara

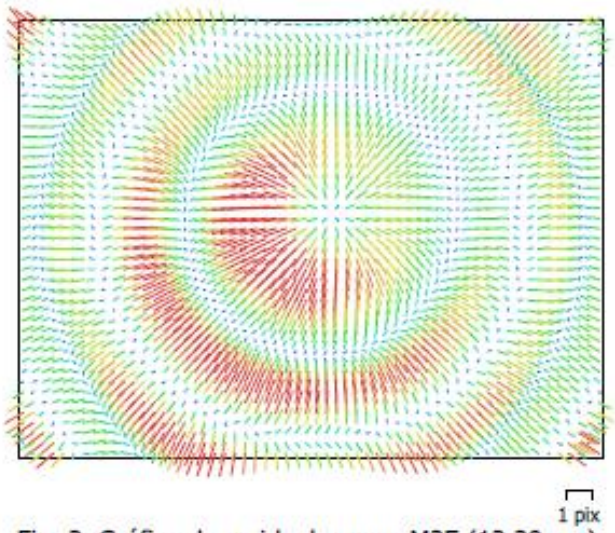


Fig. 2. Gráfico de residuales para M3E (12.29mm).

M3E (12.29mm)

1852 imágenes, precalibrada

Tipo	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel
Cuadro	**5280 x 3956**	**12.29 mm**	**3.36 x 3.36 micras**

	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	**3717.32**	0.023	1.00	0.06	-0.12	-0.13	0.09	-0.19	-0.03	0.04
Cx	**13.2909**	0.0052		1.00	-0.02	0.01	-0.02	0.02	0.31	0.00
Cy	**-59.7295**	0.0051			1.00	-0.00	0.01	-0.01	-0.00	0.16
K1	**-0.111926**	6e-06				1.00	-0.93	0.86	0.02	-0.05
K2	**0.0123814**	1.4e-05					1.00	-0.98	-0.01	0.02
K3	**-0.0259366**	1.1e-05						1.00	0.02	-0.03
P1	**-2.99999e-05**	2.3e-07							1.00	-0.01
P2	**-0.000516028**	2.2e-07								1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Posiciones de cámaras

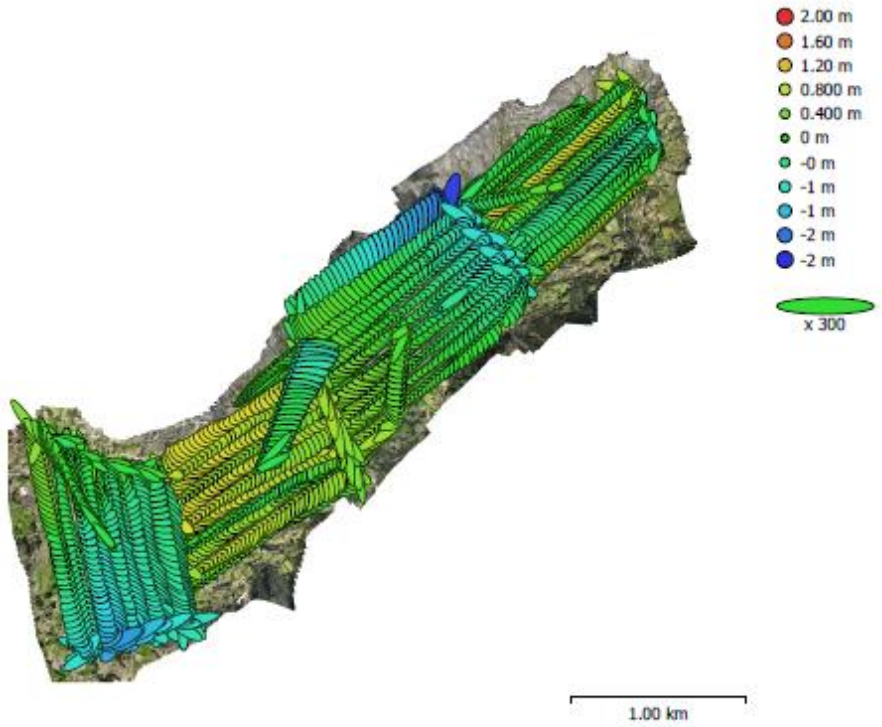


Fig. 3. Posiciones de cámaras y estimadores de error.
El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.
Posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Error combinado (cm)
19.7481	19.7923	53.3912	27.9593	60.2689

Tabla 3. Errores medios de las posiciones de cámaras.
X - Longitud, Y - Latitud, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

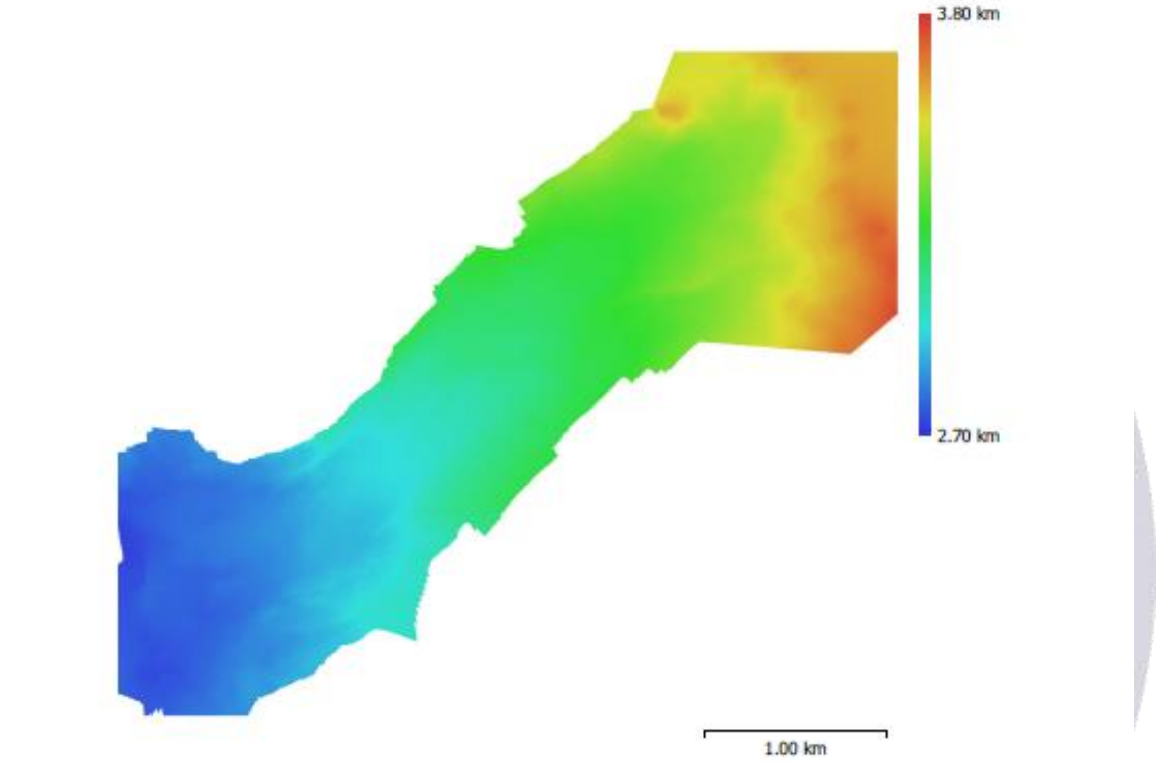


Fig. 4. Modelo digital de elevaciones.

Resolución:	30.7 cm/pix
Densidad de puntos:	10.6 puntos/m^2

Parámetros de procesamiento

Generales	
Imágenes	1852
Imágenes alineadas	1852
Sistema de coordenadas	WGS 84 (EPSG::4326)
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo
Puntos de paso	
Puntos	587,172 de 635,496
RMS error de reproyección	0.272772 (0.871192 pix)
Error de reproyección máximo	0.818332 (62.1415 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	3.01659 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	14.2149
Parámetros de orientación	
Precisión	Alta
Preselección genérica	Sí
Preselección de referencia	Origen
Puntos clave por foto	40,000
Límite de puntos clave por megapixel	1,000
Puntos de paso por foto	4,000
Excluir puntos de paso inmóviles	Sí
Emparejamiento guiado	No
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Tiempo búsqueda de emparejamientos	12 minutos 24 segundos
Uso de memoria durante el emparejamiento	3.15 GB
Tiempo de orientación	12 minutos 18 segundos
Uso de memoria durante el alineamiento	1.15 GB
Fecha de creación	2025:12:16 17:46:11
Versión del programa	2.2.0.19890
Tamaño de archivo	153.34 MB
Mapas de profundidad	
Número	1855
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Modo de filtrado	Agresivo
Límite máximo de redundancias	16
Tiempo de procesamiento	37 minutos 28 segundos
Uso de memoria	2.87 GB
Fecha de creación	2025:12:16 18:38:40
Versión del programa	2.2.0.19890
Tamaño de archivo	3.90 GB
Nube de puntos	
Puntos	92,775,486
Precisión de las coordenadas	7.68 cm
Atributos de los puntos	
Color	3 bandas, uint8
Normal	
Confianza	1 - 193
Clases de puntos	
Creado (nunca clasificado)	48,012,678
Terreno	44,514,500
Punto enterrado (ruido)	248,308
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Modo de filtrado	Agresivo
Límite máximo de redundancias	16
Tiempo de procesamiento	37 minutos 28 segundos
Uso de memoria	2.87 GB
Parámetros de generación de la nube de puntos	
Origen de datos	Mapas de profundidad
Tiempo de procesamiento	1 hora 1 minuto
Uso de memoria	10.52 GB
Parámetros de clasificación de puntos de terreno	
Ángulo máximo (deg)	41.5
Ángulo máximo de pendiente del terreno (deg)	74
Distancia máxima (m)	0.1
Tamaño de célula (m)	80
Tiempo de clasificación	7 minutos 38 segundos
Uso de memoria durante la clasificación	5.03 GB
Fecha de creación	2025:12:16 19:40:32
Versión del programa	2.2.0.19890
Tamaño de archivo	1.31 GB
MDE	
Tamaño	13,840 x 11,755
Resolución	30.7 cm/pix
Sistema de coordenadas	MAGNA-SIRGAS 2018 / Origen-Nacional (EPSG::9377)
Parámetros de reconstrucción	
Origen de datos	Nube de puntos
Interpolación	Habilitada
Clases fuente	Terreno
Tiempo de procesamiento	56 segundos
Uso de memoria	307.21 MB
Fecha de creación	2025:12:16 20:57:40
Versión del programa	2.2.0.19890
Tamaño de archivo	256.85 MB
Ortomosaico	
Tamaño	55,361 x 47,020
Resolución	7.68 cm/pix
Sistema de coordenadas	MAGNA-SIRGAS 2018 / Origen-Nacional (EPSG::9377)
Colores	3 bandas, uint8
Ortofotos individuales	19.91 GB
Parámetros de reconstrucción	
Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	MDE
Permitir el cierre de agujeros	Sí
Habilitar el filtro de efecto fantasma	No
Tiempo de procesamiento	19 minutos 30 segundos
Uso de memoria	2.23 GB
Fecha de creación	2025:12:16 21:13:55
Versión del programa	2.2.0.19890
Tamaño de archivo	21.14 GB
Sistema	
Nombre del programa	Agisoft Metashape Professional
Versión del programa	2.2.0 build 19890
OS	Windows 64 bit
RAM	31.63 GB