GOBIERNO DE CALDAS	ACTA RESUMEN Y ORDENACIÓN DEL GASTO No. TRES (03) PARCIAL	Código: FO-GD-02-018 Versión: 28 Fecha de Modificacion: 05/02/2026

SECRETARÍA	INFRAESTRUCTURA	FECHA ACTA	martes, 25 de agosto de 2026

Número Radicado en SECOP: Contrato, Convenio, Proceso o Constancia Art 19 Decreto 1510/2013	SECOP ii: MIC-SI-016-2026 (CO1.PCCNTR.9487930)	Número Radicado Interno del Contrato:	07052026-1082
Numero de identificacion del contratista - NIT	901.781.516-1	No. Ficha BPIN (**Solo para proyectos Regalías Anexar copia**)	
CONTRATISTA	VISION LIDAR SAS (REPRESENTADO LEGALMENTE POR CINDY TATIANA CALVO GONZALEZ)		
CONTRATO CEDIDO A:	N/A		
CODIGO VIA	3301CL09 Y 3302	NOMBRE DE LA VIA	EJECUCION: VIA SALAMINA-SAN FELIX (MUNICIPIO DE SALAMINA) Y AGUADAS-ARMA -LA PINTADA (MUNICIPIO AGUADAS), MARULANDA-SAN FELIX (MUNICIPIO MARULANDA)
Actividad Económica	7112	Tipo de Contrato	CONTRATO DE CONSULTORIA
Objeto del Contrato:	LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS DE LOS PREDIOS REQUERIDOS POR LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA PARA LA REALIZACION DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL.		

Valor del Contrato	Valor Adición	Valor Anticipo
$ 148.826.925,00	N/A	N/A

APORTANTES	%	VALOR	TIPO DE ENTIDAD			
Aporte Departamento:	100%	$ 148.826.925	PUBLICA	Duración Contrato: SEIS (06) MESES	Fecha de Iniciación	MAYO 11 DE 2026
Aporte Convenio No					Fecha de Terminación de ejecución	NOVIEMBRE 10 DE 2026

N° FACTURA	N° PEDIDO - RPC	ITEM	VALOR ORDENADO	AMORTIZACIÓN	VALOR NETO	FONDO	CEN GEST	POS PRE	A FUNCIONAL	ELEMENTO PEP
FVE-12	4500030593	1	$ 68.166.936,00	$ 0,00	$ 68.166.936,00	O-CZP0001	16INF	2320202008	C240231455302AAA	INF-P-2600068.01.03
VALOR ACTA			$ 68.166.936,00	$ -	$ 68.166.936,00					

RESUMEN DEL CONTRATO			RESUMEN DEL ANTICIPO		
Valor del Contrato:		**$ 148.826.925,00**	Valor del Anticipo:		
Adición del Contrato					
Valor Acta Nro. 1	$ 42.284.005,00		Amortización Acta 1		
Valor Acta Nro. 2	$ 34.870.105,00		Amortización Acta 2		
Valor Acta Nro. 3	$ 68.166.936,00		Amortización Acta 3		
Valor Acta Nro. 4			Amortización Acta 4		
Valor Acta Nro. 5			Amortización Acta 5		
Valor Acta Nro. 6			Amortización Acta 6		
Valor Acta Nro. 7			Amortización Acta 7		
Valor Acta Nro. 8			Amortización Acta 8		
Valor Acta Nro. 9			Amortización Acta 9		
Saldo del Contrato:	$ 3.505.879,00		Saldo por Amortizar:		
SUMAS IGUALES	**$ 148.826.925,00**	**$ 148.826.925,00**	**SUMAS IGUALES**	**$ 0,00**	**$ 0,00**

OBSERVACION: (se diligencia cuando se requiera)

Nota: EL (LA) CONTRATISTA HA ACREDITADO EL PAGO DE LA SEGURIDAD SOCIAL INTEGRAL Y APORTES PARAFISCALES CONFORME A LAS NORMAS VIGENTES , EL CUAL HA SIDO VERIFICADO POR PARTE DEL ORDENADOR, SUPERVISOR Y/O INTERVENTOR EN CUMPLIMIENTO DEL ARTICULO 23 DE LA LEY 1150 de 2007 PARAGRAFO 1° ("El servidor público que sin justa causa no verifique el pago de los aportes a que se refiere el presente artículo, incurrirá en causal de mala conducta, que será sancionada con arreglo al régimen disciplinario vigente." y del artículo 23 del Decreto 1703/2002 Cotizaciones en contratación no laboral para efectos de lo establecido en el artículo 271 de la Ley 100 de 1993, en los contratos en donde este involucrada la ejecución de un servicio por una persona natural en favor de una persona natural o persona jurídica de derecho publico o privado, la parte contratante deberá verificar la afiliación y pago de aportes al Sistema General de Seguridad Social

Firma

Nombre: JORGE RICARDO GUTIERREZ CARDONA

Secretario de Infraestructura

Ordenador del gasto

Firma

Nombre: ANDRES OSORIO BERMUDEZ

Supervisor contrato

Firma

Nombre

Interventor (a) - (NO APLICA)

DIAN

FACTURA ELECTRÓNICA DE VENTA

VISIÓN LIDAR

Representación Gráfica

Datos del Documento

Código Único de Factura - CUFE :
27ce1e259b0e0375eb637e390dc033a204291945a74f94d7a0ee791802de454d7bf85022ab8efce606b62781f682f423

Número de Factura: FVE-12
Fecha de Emisión: 25/08/2026
Fecha de Vencimiento: 25/08/2026
Tipo de Operación: 10 - Estándar

Forma de pago: Contado
Medio de Pago: Débito Ahorro
Orden de pedido:
Fecha de orden de pedido:

Datos del Emisor / Vendedor

Razón Social: VISIÓN LIDAR S.A.S.
Nombre Comercial: VISIÓN LIDAR S.A.S.
Nit del Emisor: 901781518
Tipo de Contribuyente: Persona Jurídica
Régimen Fiscal: R-99-PN
Responsabilidad tributaria: ZZ - No aplica
Actividad Económica:

País: Colombia
Departamento: Caldas
Municipio / Ciudad: Manizales
Dirección: CR 23 73 39
Teléfono / Móvil: 3136286970
Correo: OPERACIONES@VISIONLIDAR.CO

Datos del Adquiriente / Comprador

Nombre o Razón Social: DEPARTAMENTO DE CALDAS
Tipo de Documento: NIT
Número Documento: 890801052
Tipo de Contribuyente: Persona Jurídica
Régimen fiscal: R-99-PN
Responsabilidad tributaria: ZZ - No aplica

País: Colombia
Departamento: Caldas
Municipio / Ciudad: Manizales
Dirección: Carrera 21 entre Cales 22 y 23 Manizales, Caldas, Colombia
Teléfono / Móvil: 68982444
Correo: hgutierreza@caldas.gov.co

Detalles de Productos

Nro.	Código	Descripción	U/M	Cantidad	Precio unitario	Descuento detalle	Recargo detalle	IMPUESTOS				Precio unitario de venta
								IVA	%	INC	%	
1	VLDR13	Acta Parcial 03 al contrato de consultoria Nro 070 520261082 Objeto LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS DE LOS PREDIOS REQUERIDOS POR LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA PARA LA REALIZACION DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL	NIU	1,00	$ 57.283.139,50	$ 0,00	$ 0,00	$ 10.883.796,51	19.00			$ 57.283.139,50

Datos Totales

Documento generado el:
25/08/2026 16:44:51
Documento validado por la DIAN:
25/08/2026 16:44:51
XML Generado por: Solución Gratuita DIAN
800197268
PDF Generado por: Solución Gratuita DIAN
Nit:800197268

MONEDA	COP
TASA DE CAMBIO	0

Subtotal	57283139.5
Descuento detalle	0,00
Recargo detalle	0,00
Total Bruto Factura	57283139.5
IVA	10883796.51
INC	0,00
Bolsas	0,00
Otros impuestos	0
Total impuesto (=)	10883796.51
Total neto factura (=)	68166936.01
Descuento Global (-)	0,00
Recargo Global (+)	0,00
Total factura (=) COP $	$ 68166936.01

Valores informativos

ANTICIPOS	
Anticipos	0

RETENCIONES	
Rete fuente	0,00
Rete IVA	0,00
Rete ICA	0,00

MONEDA	COP
TASA DE CAMBIO	

Subtotal	57.283.139,50
Descuento detalle	0,00
Recargo detalle	0,00
Total Bruto Factura	57.283.139,50
IVA	10.883.796,51
INC	0,00
Bolsas	0,00
Otros impuestos	0,00
Total impuesto (=)	10.883.796,51
Total neto factura (=)	68.166.936,01
Descuento Global (-)	0,00
Recargo Global (+)	0,00
Total factura (=) COP $	$ 68.166.936,01

Valores informativos

ANTICIPOS	
Anticipos	0,00

RETENCIONES	
Rete fuente	0,00
Rete IVA	0,00
Rete ICA	0,00

Numero de Autorización: 18764082120799 Rango desde: 1 Rango hasta: 100 Vigencia: 2026-10-24

Certificado
Bancario

Lunes, 4 de mayo de 2026

A quien pueda interesar

BANCOLOMBIA S.A. se permite informar que VISION LIDAR S.A.S identificado(a) con NIT 901781516, a la fecha de expedición de esta certificación, tiene con el banco los siguientes productos:

Producto	No. Producto	Fecha Apertura	Estado
CUENTA DE AHORROS	37300003304	2024/09/19	ACTIVA

***Importante:** Esta constancia solo hace referencia a los productos mencionados anteriormente.

*Si desea verificar la veracidad de esta información, puede comunicarse con la Sucursal Telefónica Bancolombia los siguientes números: Medellín - Local: (60-4) 510 90 00 - Bogotá - Local: (60-1) 343 00 00 - Barranquilla - Local: (60-5) 361 88 88 - Cali - Local: (60-2) 554 05 05 - Resto del país: 01800 09 12345. Sucursales Telefónicas en el exterior: España (34) 900 995 717 - Estados Unidos (1) 1 866 379 97 14.

Catalina Cortés Uribe
Gerente Servicios Contact Center & BPO

Bancolombia

CONSTANCIA DE CUMPLIMIENTO DE OBLIGACIONES CONEL SISTEMA INTEGRAL DE SEGURIDAD SOCIAL Y PARAFISCALES

La suscrita, **Cindy Tatiana Calvo González**, identificada con cédula de ciudadanía No. 1.053.818.164, en calidad de Representante Legal de la empresa **VISION LIDAR S.A.S.**, identificada con **NIT 904781518-1**, hace constar que la empresa se encuentra al día en el cumplimiento de todas sus obligaciones relacionadas con el. Sistema integral de Seguridad Social, incluyendo aportes a salud, pensión, riesgos laborales y parafiscales, de acuerdo con la normativa legal vigente en Colombia.

Lo anterior en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 50 de la Ley 789 de 2002 y el artículo 23 de la Ley 1150 de 2007.

La presente constancia se expide y se firma en la ciudad de Manizales, a los veinticinco (25) días del mes de agosto de 2026.

CINDY TATIANA CALVO GONZÁLEZ
C.C. 1.053.818.164 de Manizales
Rep. Legal: VISION LIDAR SAS


REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA
NUMERO 1.053.818.164
CALVO GONZALEZ
APELLIDOS
CINDY TATIANA
NOMBRES
FIRMA
REPUBLICA DE COLOMBIA


FECHA DE NACIMIENTO 30-MAR-1992
MANIZALES
(CALDAS)
LUGAR DE NACIMIENTO
1.70
ESTATURA
O+
G.S. RH
F
SEXO
30-ABR-2010 MANIZALES
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION
REGISTRADOR NACIONAL
INDICE DERECHO
A-0900100-00369150-F-1053818164-20120404
0029615888A 2
37129502

CONSTANCIA

Yo, **ANDRES OSORIO BERMUDEZ**, identificado con la cedula de ciudadanía Nro.1.053.850.977, profesional universitario adscrito a la Unidad de Ingeniería de la secretaria de Infraestructura de la Gobernación de Caldas actuando como supervisor del contrato Nro. 07052026-1082

HAGO CONSTAR QUE

Después de verificar los costos y gastos que guardan relación de causalidad con el contrato de obra Nro. 07052026-1082, suscrito entre el Departamento de Caldas y VISION LIDAR SAS (REPRESENTADO LEGALMENTE POR CINDY TATIANA CALVO GONZALEZ) y que tiene por objeto "LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS DE LOS PREDIOS REQUERIDOS POR LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA PARA LA REALIZACION DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL., presenta un IVA del 19 por ciento por el ingreso efectivamente percibido o facturado en el Acta tres (03) parcial de fecha 24 de agosto de 2026 por valor de $ 68.166.936.00 teniendo en cuenta, los estudios previos, las condiciones del proceso del Proceso de Mínima Cuantía MIC-SI-016-2026 y la propuesta presentada así:

MUNICIPIO DE SALAMINA:

COSTO DIRECTO:	26.199.173.11
IVA 19%:	4.977.842.89
TOTAL:	31.177.016.00

MUNICIPIO DE AGUADAS:

COSTO DIRECTO:	24.285.016.81
IVA 19%:	4.675.903.19
TOTAL:	29.285.920.00

MUNICIPIO DE MARULANDA:

COSTO DIRECTO:	6.473.949.58
IVA 19%:	1.230.050.42
TOTAL:	7.704.000.00

Dado en Manizales, a los veinticinco (25) días del mes de agosto 2026

Atentamente,

ANDRES OSORIO BERMUDEZ
Supervisor del Contrato

DIAN

Formulario del Registro Único Tributario

001

2. Concepto 0 1 Inscripción

4. Número de formulario 14967605080

(415)7707212489984(8020) 000001496760508 0

5. Número de Identificación Tributaria (NIT)	6. DV	12. Dirección seccional		14. Buzón electrónico
9 0 1 7 8 1 5 1 8	1	Impuestos y Aduanas de Manizales	1 0	

IDENTIFICACIÓN

24. Tipo de contribuyente	25. Tipo de documento	26. Número de Identificación	
Persona jurídica 1			

Lugar de expedición 28. País	29. Departamento	30. Ciudad/Municipio

31. Primer apellido	32. Segundo apellido	33. Primer nombre	34. Otros nombres

35. Razón social
VISIÓN LIDAR S.A.S.

36. Nombre comercial	37. Sigla

UBICACIÓN

38. País	39. Departamento	40. Ciudad/Municipio
COLOMBIA 1 6 9	Caldas 1 7	Manizales 0 0 1

41. Dirección principal
CR 23 73 39

42. Correo electrónico OPERACIONES@VISIONLIDAR.CO

43. Código postal	44. Teléfono 1	45. Teléfono 2
	3 1 3 6 2 8 6 9 7 0	3 1 0 3 7 5 6 9 3 2

CLASIFICACIÓN

Actividad económica						Ocupación	
Actividad principal		Actividad secundaria		Otras actividades			
46. Código	47. Fecha inicio actividad	48. Código	49. Fecha inicio actividad	50. Código 1	2	51. Código	52. Número establecimientos
7 1 1 2	2 0 2 3 1 2 1 3	4 3 9 0	2 0 2 3 1 2 1 3				0

Responsabilidades, Calidades y Atributos

53. Código 5 7 1 4 4 2 4 8 5 5

05- Impto. renta y compl. régimen ordinar
07- Retención en la fuente a título de rent
14- Informante de exogena
42- Obligado a llevar contabilidad
48 - Impuesto sobre las ventas - IVA
55 - Informante de Beneficiarios Finales

Usuarios aduaneros	Exportadores
54. Código	55. Forma / 56. Tipo / Servicio 1 2 3 / 57. Modo / 58. CPC

IMPORTANTE: Sin perjuicio de las actualizaciones a que haya lugar, la inscripción en el Registro Único Tributario -RUT-, tendrá vigencia indefinida y en consecuencia no se exigirá su renovación

Para uso exclusivo de la DIAN

59. Anexos SI [ ] NO [X] 60. No. de Folios: 0

La información suministrada a través del formulario oficial de inscripción, actualización, suspensión y cancelación del Registro Único Tributario (RUT), deberá ser exacta y veraz; en caso de constatar inexactitud en alguno de los datos suministrados se adelantarán los procedimientos administrativos sancionatorios o de suspensión, según el caso, Parágrafo del artículo 1.6.1.2.6 del Decreto 1625 del 2016. De igual manera al formalizar el trámite el usuario fue informado y acepta la política de tratamiento de datos ley 1581 de 2012.

Firma del solicitante:

Sin perjuicio de las verificaciones que la DIAN realice.

Firma autorizada:

984. Nombre CALVO GONZALEZ CINDY TATIANA

985. Cargo REPRESENTANTE

COPIA CERTIFICADO DOCUMENTO SIN COSTO

DIAN

Formulario del Registro Único Tributario

001

Espacio reservado para la DIAN

4. Número de formulario: 14967605080

(415)7707212489984(8020) 000001496760508 0

5. Número de Identificación Tributaria (NIT)	6. DV	12. Dirección seccional		14. Buzón electrónico
9 0 1 7 8 1 5 1 8	1	Impuestos y Aduanas de Manizales	1 0	

Características y formas de las organizaciones

62. Naturaleza	2	63. Formas asociativas	1 2	64. Entidades o institutos de derecho público de orden nacional, departamental, municipal y descentralizados	
65. Fondos		66. Cooperativas		67. Sociedades y organismos extranjeros	
68. Sin personería jurídica		69. Otras organizaciones no clasificadas		70. Beneficio	1

Constitución, Registro y Última Reforma

Documento	1. Constitución	2. Reforma
71. Clase	0 4	
72. Número	1	
73. Fecha	2 0 2 3 1 2 0 6	
74. Número de notaría		
75. Entidad de registro	0 3	
76. Fecha de registro	2 0 2 3 1 2 1 4	
77. No. Matrícula mercantil	0 0 0 0 0 2 3 4 0 5 4	
78. Departamento	1 7	
79. Ciudad/Municipio	0 0 1	
Vigencia		
80. Desde	2 0 2 3 1 2 1 4	
81. Hasta	9 9 9 9 1 2 3 1	

Composición del Capital

82. Nacional	1 0 0 %
83. Nacional público	0 . 0 %
84. Nacional privado	1 0 0 . 0 %
85. Extranjero	0 %
86. Extranjero público	0 . 0 %
87. Extranjero privado	0 . 0 %

Entidad de vigilancia y control

88. Entidad de vigilancia y control

Estado y Beneficio

Item	89. Estado actual	90. Fecha cambio de estado	91. Número de Identificación Tributaria (NIT)	92. DV
1				-
2				-
3				-
4				-
5				-

Vinculación económica

93. Vinculación económica	94. Nombre del grupo económico y/o empresarial	95. Número de Identificación Tributaria (NIT) de la Matriz o Controlante	96. DV.

97. Nombre o razón social de la matriz o controlante

170. Número de identificación tributaria otorgado en el exterior	171. País	172. Número de identificación tributaria sociedad o natural del exterior con EP	

173. Nombre o razón social de la sociedad o natural del exterior con EP

COPIA CERTIFICADO DOCUMENTO SIN COSTO

DIAN

Formulario del Registro Único Tributario
Representación

001

Espacio reservado para la DIAN

4. Número de formulario: 14967605080

(415)7707212489984(8020) **000001496760508 0**

5. Número de Identificación Tributaria (NIT)	6. DV	12. Dirección seccional		14. Buzón electrónico
9 0 1 7 8 1 5 1 8	1	Impuestos y Aduanas de Manizales	1 0	

Representación

1

98. Representación	99. Fecha inicio ejercicio representación
REPRS LEGAL PRIN 1 8	2 0 2 3 1 2 1 4

100. Tipo de documento	101. Número de identificación	102. DV	103. Número de tarjeta profesional
Cédula de Ciudadani 1 3	1 0 5 3 8 1 8 1 6 4		

104. Primer apellido	105. Segundo apellido	106. Primer nombre	107. Otros nombres
CALVO	GONZALEZ	CINDY	TATIANA

108. Número de Identificación Tributaria (NIT)	109. DV	110. Razón social representante legal

2

98. Representación	99. Fecha inicio ejercicio representación

100. Tipo de documento	101. Número de identificación	102. DV	103. Número de tarjeta profesional

104. Primer apellido	105. Segundo apellido	106. Primer nombre	107. Otros nombres

108. Número de Identificación Tributaria (NIT)	109. DV	110. Razón social representante legal

3

98. Representación	99. Fecha inicio ejercicio representación

100. Tipo de documento	101. Número de identificación	102. DV	103. Número de tarjeta profesional

104. Primer apellido	105. Segundo apellido	106. Primer nombre	107. Otros nombres

108. Número de Identificación Tributaria (NIT)	109. DV	110. Razón social representante legal

4

98. Representación	99. Fecha inicio ejercicio representación

100. Tipo de documento	101. Número de identificación	102. DV	103. Número de tarjeta profesional

104. Primer apellido	105. Segundo apellido	106. Primer nombre	107. Otros nombres

108. Número de Identificación Tributaria (NIT)	109. DV	110. Razón social representante legal

5

98. Representación	99. Fecha inicio ejercicio representación

100. Tipo de documento	101. Número de identificación	102. DV	103. Número de tarjeta profesional

104. Primer apellido	105. Segundo apellido	106. Primer nombre	107. Otros nombres

108. Número de Identificación Tributaria (NIT)	109. DV	110. Razón social representante legal

COPIA CERTIFICADO DOCUMENTO SIN COSTO

GOBIERNO DE CALDAS	ACTA NRO TRES (03) PARCIAL AL CONTRATO DE CONSULTORIA NRO. 07052026-1082 RADICADO SECRETARIA JURIDICA Nro. 07052026-1082

Secretaria : INFRAESTRUCTURA

Fecha acta AGOSTO 25 DE 2026

Concepto	Descripción			
No. Radicado Contrato de Obra	07052026-1082	Acto Administrativo:	N/A	
No. Pedido en SAP:	4500030593			
NIT o RUT:	901.781.518 - 1			
Contratista:	VISION LIDAR S.A.S			
Representante Legal:	CINDY TATIANA CALVO GONZALEZ			
Valor del Contrato ($):	$ 148.826.925,00	Aporte Departamento	$ 148.826.925,00	
Valor Adición	$ 0,00	Aporte otras entidades	N/A	
Objeto del contrato	LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS DE LOS PREDIOS REQUERIDOS POR LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA PARA LA REALIZACION DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL			
Disponibilidad presupuestal	3500048215	FONDO	O-CZP0001	
Duración del contrato (Plazo):	SEIS (06) MESES DESDE LA SUSCRIPCION DEL ACTA DE INICIO, PREVIO CUMPLIMIENTO DE LOS REQUSITOS DE PERFECCIONAMIENTO Y EJECUCION.			
Fecha de iniciación	MAYO 11 DE 2026	Fecha de terminación	NOVIEMBRE 10 DE 2026	
Supervisor Departamento	ANDRES OSORIO BERMUDEZ			

CONSULTORIA EJECUTADA POR MONTO AGOTABLE (PRESUPUESTO POR UNIDAD, DE ACUERDO A ESTUDIOS PREVIOS Y PROPUESTA PRESENTADA:

N°	ITEM DE PAGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
	81101500	LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS DE LOS PREDIOS REQUERIDOS POR LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA PARA LA REALIZACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL	VALOR PRESUPUESTO TOTAL POR UNIDAD (MONTO AGOTABLE):			
1		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL – 1 KMT (12 METROS ANCHO)	Km lineal	0,00	2.510.595,00	0,00
2		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL – 1 KMT (24 METROS ANCHO)	Km lineal	0,00	5.021.190,00	0,00
3		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL – 1 KMT (36 METROS ANCHO)	Km lineal	0,00	6.276.488,00	0,00
4		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL – 1 KMT (45 METROS ANCHO)	Km lineal	0,00	9.414.732,00	0,00
5		LEVANTAMIENTO LIDAR + FOTOGRAMETRIA – 1 KMT (45 METROS ANCHO)	Km lineal	0,00	6.605.300,00	0,00
6		CONSTRUCCION DE MOJON GEODESICO	Und	0,00	963.000,00	0,00
			LOS MOJONES GEODESICOS FUERON INSTALADOS EN LA VIA: SALAMINA-PACORA (2,00 MOJONES),			
7		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACION Y GNSS	Ha	0,00	2.092.163,00	0,00
8		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON LIDAR Y PUNTOS DE CONTROL	Ha	0,00	2.043.679,00	0,00
					PRESUPUESTO TOTAL POR UNIDAD (INCLUIDO IVA 19%)	0,00

MAYOR CONSULTORIA EJECUTADA POR MONTO AGOTABLE (PRESUPUESTO POR UNIDAD:

N°	ITEM DE PAGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
	81101500	LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS DE LOS PREDIOS REQUERIDOS POR LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA PARA LA REALIZACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL	VALOR PRESUPUESTO TOTAL POR UNIDAD (MONTO AGOTABLE):			
1		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL – 1 KMT (12 METROS ANCHO)	Km lineal	0,00	2.510.595,00	0,00
2		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL – 1 KMT (24 METROS ANCHO)	Km lineal	0,00	5.021.190,00	0,00
3		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL – 1 KMT (36 METROS ANCHO)	Km lineal	0,00	6.276.488,00	0,00
4		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL – 1 KMT (45 METROS ANCHO)	Km lineal	0,00	9.414.732,00	0,00
5		LEVANTAMIENTO LIDAR + FOTOGRAMETRIA – 1 KMT (45 METROS ANCHO)	Km lineal	4,72	6.605.300,00	31.177.016,00
6		CONSTRUCCION DE MOJON GEODESICO	Und	8,00	963.000,00	7.704.000,00

7		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACION Y GNSS	Ha	0,00	2.092.163,00	0,00
8		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON LIDAR Y PUNTOS DE CONTROL	Ha	14,33	2.043.679,00	29.285.920,00
					PRESUPUESTO TOTAL POR UNIDAD (INCLUIDO IVA 19%)	**68.166.936,00**

Valor Acta PARCIAL	X	TOTAL	**$68.166.936,00**
Amortización Anticipo			$0,00
Valor Ordenación del Gasto:			**$68.166.936,00**

RESUMEN DEL CONTRATO		
Valor Inicial del Contrato		148.826.925,00
Valor adicional		
Valor Acta No. 1:	42.284.005,00	
Valor Acta No. 2:	34.670.105,00	
Valor Acta No. 3:	68.166.936,00	
Saldo del contrato	3.505.879,00	
Sumas Iguales	148.826.925,00	148.826.925,00

RESUMEN DEL ANTICIPO		
Valor del Anticipo:		0,00
Amortización del Anticipo Acta 1:	0,00	
Amortización del Anticipo Acta 2:	0,00	
Saldo por amortizar:	0,00	
Sumas Iguales:	0,00	0,00

SE HACE CONSTAR

Que **VISION LIDAR S.A.S**, representado legalmente por **CINDY TATIANA CALVO GONZALEZ**, ejecuta parcialmente para el Departamento de Caldas el, **OBJETO DE ESTE CONTRATO DE CONSULTORIA A ENTERA SATISFACCION Y DENTRO DEL PLAZO PREVISTO.**

Dando cumplimiento al articulo 50 de la ley 789 de 2.002, modificado por el Articulo 1° de la ley 828 de 2.003 y al Articulo 27 del Decreto 2170 de 2.002, la suscrita Interventoría verificó el cumplimiento de éstas obligaciones por parte del contratista.

Firma
JORGE RICARDO GUTIERREZ CARDONA
Secretaria de Infraestructura
Ordenador del Gasto

Firma
VISION LIDAR S.A.S
Contratista

Firma
ANDRES OSORIO BERMUDEZ
Supervisor contrato

GOBIERNO DE CALDAS

RESUMEN DE ACTIVIDADES 03 PARCIAL

CONTRATO DE CONSULTORIA NRO: 07052026-1082

OBJETO: LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS DE LOS PREDIOS REQUERIDOS POR LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA PARA LA REALIZACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

CONTRATISTA: VISION LIDAR S.A.S

SUPERVISOR: ANDRES OSORIO BERMUDEZ

CONSULTORIA CONTRATADA SEGÚN PROPUESTA Y ESTUDIO PREVIO							CONSUL. CONTRATO ADICIONAL	
CONSULTORIA CONTRATADA CONTRATO INICIAL								
Nº	ITEM DE PAGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	CANT.	VR.TOTAL
	81101500	LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS DE LOS PREDIOS REQUERIDOS POR LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA PARA LA REALIZACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL	VALOR PRESUPUESTO TOTAL POR UNIDAD (MONTO AGOTABLE):			148.846.925,00		
1		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL – 1 KMT (12 METROS ANCHO)	Km lineal	9,00	2.510.595,00	22.595.355,00		
2		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL – 1 KMT (24 METROS ANCHO)	Km lineal	3,00	5.021.190,00	15.063.570,00		
3		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL – 1 KMT (36 METROS ANCHO)	Km lineal	3,00	6.276.488,00	18.829.464,00		
4		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL – 1 KMT (45 METROS ANCHO)	Km lineal	2,50	9.414.732,00	23.536.830,00		
5		LEVANTAMIENTO LIDAR + FOTOGRAMETRIA – 1 KMT (45 METROS ANCHO)	Km lineal	2,51	6.605.300,00	16.551.938,00		

CONSULTORIA EJECUTADA+ MAYOR CANTIDAD+NO PREVISTA EJECUTADA													
DESCRIPCION													
CONSUL. EJECUTADA 01		MAYOR CANTIDAD		CONSUL. EJECUTADA 02		MAYOR CANTIDAD		CONSUL. EJECUTADA 03		MAYOR CANTIDAD		TOTAL CONSUL. EJECUTADA	
CANT.	VR.TOTAL	CANT.	VR.TOTAL	CANT.	VR.TOTAL	CANT.	VR.TOTAL	CANT.	VR.TOTAL	CANT.	VR.TOTAL	CANT.	VR.TOTAL
VALOR PRESUPUESTO TOTAL POR UNIDAD (MONTO AGOTABLE): $ 148.826.925.00													
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,51	16.579.303,00	0,09	594.477,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,72	31.177.016,00	7,32	48.350.796,00
VIA AGUADAS - ARMA - LA PINTADA								VIA SALAMINA - SAN FELIX (ABSCISAS K8+181 – K8+612, K5+654 – K5+913, K10+970 - K15+000					

6		CONSTRUCCION DE MOJON GEODESICO	Und	20,00	963.000,00	19.260.000,00		
7		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACION Y GNSS	Ha	6,00	2.092.163,00	12.552.978,00		
8		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON LIDAR Y PUNTOS DE CONTROL	Ha	10,00	2.043.679,00	20.436.790,00		
			PRESUPUESTO TOTAL POR UNIDAD (INCLUIDO IVA 19%)			148.826.925,00		

7,00	6.741.000,00	0,00	0,00	2,00	1.926.000,00	0,00	0,00		0,00	8,00	7.704.000,00	17,00	16.371.000,00
LOS MOJONES GEODESICOS FUERON INSTALADOS EN LAS VIAS AGUADAS-ARMA-LA PINTADA (5,00 MOJONES), LA MICA-NAJANJAL-ARMA (2,00 MONES) Y SALAMINA-PACORA (2,00 MOJONES).				LOS MOJONES GEODESICOS FUERON INSTALADOS EN LA VIA: SALAMINA-PACORA (2,00 MOJONES).				LOS MOJONES GEODESICOS FUERON INSTALADOS EN LA VIA: MARULANDA-SAN FELIX (7 MOJONES) Y EN CENTRO POBLADO ARMA (1 MOJON)					
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,00	20.436.790,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,12	32.944.105,00	0,00	0,00	14,33	29.285.920,00	40,45	82.666.815,00
								LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CENTRO POBLADO ARMA, MUNICIPIO AGUADAS)					
TOTAL	43.757.093,00	TOTAL	594.477,00	TOTAL	1.926.000,00	TOTAL	32.944.105,00	TOTAL	0,00	TOTAL	68.166.936,00	TOTAL	147.388.611,00

VALOR ACTA TRES PARCIAL	$	68.166.936,00
AMORTIZACION ANTICIPO	$	0,00
SALDO A FAVOR DEL CONTRATISTA	$	68.166.936,00

VISION LIDAR SAS
CONTRATISTA

ANDRES OSORIO BERMUDEZ
SUPERVISOR CONTRATO

GOBIERNO DE CALDAS	PREACTA NRO TRES (03) PARCIAL AL CONTRATO DE CONSULTORIA NRO. 07052026-1082 RADICADO SECRETARIA JURIDICA Nro. 07052026-1082

Secretaria : INFRAESTRUCTURA

Fecha Preacta AGOSTO 24 DE 2026

Concepto	Descripción			
No. Radicado Contrato de Obra	07052026-1082	Acto Administrativo:	N/A	
No. Pedido en SAP:	4500030593			
NIT o RUT:	901.781.518 - 1			
Contratista:	VISION LIDAR S.A.S			
Representante Legal:	CINDY TATIANA CALVO GONZALEZ			
Valor del Contrato ($):	$ 148.826.925,00	Aporte Departamento	$ 148.826.925,00	
Valor Adición	$ 0,00	Aporte otras entidades	N/A	
Objeto del contrato	LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS DE LOS PREDIOS REQUERIDOS POR LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA PARA LA REALIZACION DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL			
Disponibilidad presupuestal	3500046215	FONDO	O-CZP0001	
Duración del contrato (Plazo):	SEIS (06) MESES DESDE LA SUSCRIPCION DEL ACTA DE INICIO, PREVIO CUMPLIMIENTO DE LOS REQUSITOS DE PERFECCIONAMIENTO Y EJECUCION.			
Fecha de iniciación	MAYO 11 DE 2026	Fecha de terminación	NOVIEMBRE 10 DE 2026	
Supervisor Departamento	ANDRES OSORIO BERMUDEZ			

CONSULTORIA EJECUTADA SEGÚN PRESUPUESTO POR MONTO AGOTABLE (PRESUPUESTO POR UNIDAD + MAYOR CANTIDAD:

Nº	ITEM DE PAGO	DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	MEDIDAS
	81101500	**LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS DE LOS PREDIOS REQUERIDOS POR LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA PARA LA REALIZACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL**			
1		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL – 1 KMT (12 METROS ANCHO)	Km lineal	0,00	0,00
2		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL – 1 KMT (24 METROS ANCHO)	Km lineal	0,00	0,00
3		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL – 1 KMT (36 METROS ANCHO)	Km lineal	0,00	0,00
4		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL – 1 KMT (45 METROS ANCHO)	Km lineal	0,00	0,00
5		LEVANTAMIENTO LIDAR + FOTOGRAMETRIA – 1 KMT (45 METROS ANCHO)	Km lineal	4,72	0,00
6		CONSTRUCCION DE MOJON GEODESICO	Und	8,00	VER INFORME ANEXO PRESENTADO POR EL CONTRATISTA
7		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACION Y GNSS	Ha	0,00	0,00
8		LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON LIDAR Y PUNTOS DE CONTROL	Ha	14,33	VER INFORME ANEXO PRESENTADO POR EL CONTRATISTA

VISION LIDAR SAS
EL CONTRATISTA

ANDRES OSORIO BERMUDEZ
EL SUPERVISOR

GOBIERNO DE CALDAS	INFORME DE INTERVENTORIA/SUPERVISION CONTRATO	Código: FO-FT-02-005 Versión: 07 Fecha de modificación: 19/01/2016

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA
INFORME DE SUPERVISION 03 PARCIAL

CONTRATO	07052026-1082		RADICADO JURID. NRO:		07052026-1082	
OBJETO:	LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS DE LOS PREDIOS REQUERIDOS POR LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA PARA LA REALIZACION DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL					
NOMBRE DEL CONTRATISTA	VISION LIDAR S.A.S					
NOMBRE DEL SUPERVISOR (E.)	ANDRES OSORIO BERMUDEZ					
PLAZO INICIAL DEL CONTRATO	SEIS (06) MESES DESDE LA SUSCRIPCION DEL ACTA DE INICIO, PREVIO CUMPLIMIENTO DE LOS REQUSITOS DE PERFECCIONAMIENTO Y EJECUCION.				MODIFICATORIO 01	N/A
VALOR DEL CONTRATO INCLUIDO A.U (32%)	$ 148.826.925		% IVA INCLUIDO	19%		
VALOR TOTAL	$ 148.826.925					

LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS DE LOS PREDIOS REQUERIDOS POR LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA PARA LA REALIZACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL	CANT.	V*/UNIT.	PORCENTAJE	DIFER.	CANT.	V*/UNIT.	PORCENTAJE
	VALOR PRESUPUESTO TOTAL CONTRATADO POR UNIDAD (MONTO AGOTABLE): $ 34.927.147,00				VALOR PRESUPUESTO TOTAL EJECUTADO POR UNIDAD (MONTO AGOTABLE): $ 81.147.675,00		
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL – 1 KMT (12 METROS ANCHO)	1,00	2.510.595,00	7,19%	-7,19%	0,00	0,00	0,00%
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL – 1 KMT (24 METROS ANCHO)	1,00	5.021.190,00	14,38%	-14,38%	0,00	0,00	0,00%
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL – 1 KMT (36 METROS ANCHO)	1,00	6.276.488,00	17,97%	-17,97%	0,00	0,00	0,00%
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CONVENCIONAL – 1 KMT (45 METROS ANCHO)	1,00	9.414.732,00	26,96%	-26,96%	0,00	0,00	0,00%
LEVANTAMIENTO LIDAR + FOTOGRAMETRIA – 1 KMT (45 METROS ANCHO)	1,00	6.605.300,00	18,91%	119,52%	7,32	48.350.796,00	138,43%
CONSTRUCCION DE MOJON GEODESICO	1,00	963.000,00	2,76%	44,11%	17,00	16.371.000,00	46,87%
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON ESTACION Y GNSS	1,00	2.092.163,00	5,99%	-5,99%	0,00	0,00	0,00%
LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON LIDAR Y PUNTOS DE CONTROL	1,00	2.043.679,00	5,85%	230,83%	40,45	82.666.815,00	236,68%
VALOR PRESUPUESTO TOTAL POR UNIDAD (MONTO AGOTABLE):		**34.927.147,00**				**147.388.611,00**	

INFORMACIÓN DE CONTRATO	
CONTRATISTA	VISION LIDAR S.A.S
VALOR DEL CONTRATO	$ 148.826.925
VALOR ADICIONAL	$ 0
VALOR TOTAL	$ 148.826.925
PLAZO INICIAL	SEIS (06) MESES DESDE LA SUSCRIPCION DEL ACTA DE INICIO, PREVIO CUMPLIMIENTO DE LOS REQUSITOS DE PERFECCIONAMIENTO Y EJECUCION.
FECHA INICIACION	MAYO 11 DE 2026
FECHA TERMINACION	NOVIEMBRE 10 DE 2026

INTERVENTORIA/SUPERVISION
EL CONTRATO NO CONTO CON INTERVENTORIA EXTERNA). LA SUPERVISION ESTA A CARGO DEL ING. ANDRES OSORIO BERMUDEZ, PROFESIONAL UNIVERSITARIO, ADSCRITO A LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA

ACTIVIDADES REALIZADAS

DURANTE LA EJECUION DEL CONTRATO DE CONSULTORIA SE HAN REALIZADO: LEVANTAMIENTO LIDAR + FOTOGRAMETRIA – 1 KMT (45 METROS ANCHO), CONSTRUCCION DE MOJON GEODESICO (LOS MOJONES GEODESICOS FUERON INSTALADOS EN LAS VIAS: AGUADAS-ARMA-LA PINTADA Y MARUALNDA - SAN FELIX, LA MICA-NAJANJAL-ARMA Y SALAMINA - PACORA), LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO CON LIDAR Y PUNTOS DE CONTROL

ANDRES OSORIO BERMUDEZ
Supervisor contrato

GOBIERNO DE CALDAS	INFORME DE INTERVENTORIA/SUPERVISION 03 PARCIAL AL CONTRATO DE OBRA 07052026-1082 COPIA CONTROLADA SIG	Código: FO-FT-02-005 Versión: 07 Fecha de Modificación: 19/01/2016

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA

FECHA
AGOSTO 24 DE 2026

ACTA NRO. 03 PARCIAL — **INFORME AMBIENTAL DE INTERVENTORIA/SUPERVISION**

CONTRATO	**07052026-1082**	**CONSULTORIA**	**X**	**OBRA:**	
Nro. CONTRATO RADICADO:	**07052026-1082**				

OBJETO DEL CONTRATO:	LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS DE LOS PREDIOS REQUERIDOS POR LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA PARA LA REALIZACION DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL
CONTRATISTA:	VISION LIDAR S.A.S
SUPERVISOR	ANDRES OSORIO BERMUDEZ

PREGUNTAS	SI	NO	N/A	OBSERVACIONES
El personal que labora en la obra utiliza uniformes y equipos de protección personal			X	
Los vehículos que transportan los sobrantes y escombros de construcción cuentan con el distintivo en las puertas laterales donde se indica el nombre de contratista, la entidad contratante y la obra para la cual labora			X	
La vía en el sector donde se realizan las obras se encuentran libres de escombros			X	
Se acumulan escombros, sobrantes de excavación y materiales en zonas verdes o sobre las cunetas.			X	
Los escombros de construcción permanecen en la obra por más de 24 horas			X	
Se cubren los materiales almacenados temporalmente con un material impermeable			X	
Existe un cerramiento con malla fina sintética o doble cinta reflectiva para los materiales almacenados temporalmente en la obra			X	
Se lleva a cabo una recolección periódica de basuras y desperdicios			X	
Existe un cerramiento del frente de la obra con malla fina sintética o cinta reflectiva			X	
La obra cuenta con valla publicitaria			X	
Se instalaron vallas informativas al transito vehicular 100 metros antes de la llegada a la obra			X	
La disolución de la liga asfáltica se realiza con calentadores portátiles que utilicen gas como combustible o por el contrario debidamente adecuados con resistencias eléctricas			X	
En la obra se realizan quemas a cielo abierto			X	
Se mezclan concretos en plataformas metálicas o geotextil			X	
Las baterías de las máquinas son reemplazadas en un taller autorizado			X	
El cambio de aceites se realiza en la obra			X	
Se utilizan compresores neumáticos para la limpieza de la superficie de la obra			X	
El establecimiento de la maquinaria o el almacenamiento de combustibles se realizó en zonas públicas			X	
Las labores de reparación y mantenimiento de maquinaria se realiza en centros autorizados			X	
Se usan baños portátiles			X	
Se entrega volantes informativos para la comunidad			X	
Se tiene el manual de mínimas implicaciones ambientales en la obra			X	
Se afectan corredores de fauna nativa		X		
Se afecta el hábitat de fauna y flora propia de la región		X		
Se hace control de emisión de gases a equipos mecánicos utilizados en obra			X	
Se hace control a la posible quema de desechos de materiales provenientes de la obra			X	
Se hace control en vaciados de concreto (esparcimiento de partículas de cemento)			X	
Se hace control de desechos tóxicos que puedan generar contaminación del aire			X	
Se hace control de desechos orgánicos que puedan producir CO_2 por descomposición			X	
se requiere concesión de aguas para aprovechamiento en la obra		X		
Se alteran los valores escénicos de la unidad paisajística de la región		X		

OBSERVACIONES:

ANDRES OSORIO BERMUDEZ
SUPERVISOR

VISION LIDAR S.A.S.
NIT 901.781.518-1 | operaciones@visionlidar.co

INFORME TÉCNICO

Levantamiento Topográfico y LiDAR — Corredor San Félix – Marulanda

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Proyecto	MIC-SI-016-2026
Contrato	Levantamientos topográficos de los predios requeridos por la Secretaría de Infraestructura para la realización de proyectos de infraestructura vial
Vía	San Félix – Marulanda (Vía 33CL03)
Tramo levantado	Tramo principal, K0+00 – K4+000 (4 km) — uno de los 3 tramos totales del corredor
Municipios	San Félix y Marulanda, Departamento de Caldas
Contratante	Secretaría de Infraestructura – Gobernación de Caldas
Contratista	Visión LiDAR S.A.S.
Fechas de ejecución en campo	16, 17 y 18 de julio de 2026
Sistema de referencia	MAGNA-SIRGAS / Origen Único Nacional — EPSG:9377
Modelo geoidal	GEOCOL2004
Estación CORS de referencia	PLTR (Manizales, Caldas)
Software utilizado	LiDAR360 V8 (Framework + Terrain) | LiDAR360MLS | Emlid Studio | FOIF Solutions | DJI Terra | ArcGIS Pro | Civil 3D

Elaboró: Olga Lucía Tello Cuéllar – Matrícula CPNT 01-2390
Revisó: Visión LiDAR S.A.S. – Equipo técnico
Fecha de emisión: 7/08/2026

1. Introducción

El presente informe técnico documenta el levantamiento topográfico y LiDAR ejecutado por Visión LiDAR S.A.S. sobre el tramo principal de 4 km del corredor vial San Félix – Marulanda (Vía 33CL03), en el departamento de Caldas, en cumplimiento del contrato MIC-SI-016-2026 suscrito con la Gobernación de Caldas – Secretaría de Infraestructura, cuyo objeto es la realización de levantamientos topográficos de los predios requeridos para la ejecución de proyectos de infraestructura vial en el departamento.

El levantamiento se desarrolló en campo entre el 16 y el 18 de julio de 2026, comprendiendo la construcción y georreferenciación de una red de ajuste GNSS materializada por cinco mojones geodésicos (GPS1 a GPS5) y la materialización de diez puntos de control complementarios (GCP1 a GCP10), distribuidos a lo largo del corredor con el fin de fortalecer la geometría de la red GNSS y servir de apoyo tanto al levantamiento LiDAR aerotransportado mediante dron (sensor DJI Zenmuse L2 sobre plataforma DJI Matrice 350 RTK) como al levantamiento LiDAR de mano (escáner LiGrip O2 Lite).

La metodología empleada integró técnicas geodésicas de alta precisión, mediante observación GNSS estática procesada contra la estación CORS PLTR (Manizales, Caldas), con tecnología LiDAR aerotransportada y LiDAR de mano, orientada a obtener un levantamiento de detalle con precisión centimétrica sobre la totalidad del corredor.

Los trabajos se ajustan a los lineamientos técnicos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC-6271 (Estudios Topográficos), al sistema de referencia oficial MAGNA-SIRGAS con Origen Único Nacional (EPSG:9377), y a las especificaciones técnicas particulares definidas en el contrato MIC-SI-016-2026 y sus anexos.

2. Localización

2.1 Localización general

El área de levantamiento se localiza sobre el corredor vial Marulanda – San Félix (Vía 33CL03), en el departamento de Caldas, correspondiente al tramo principal de 4 km levantado dentro del proyecto (uno de los tres tramos totales contemplados en el corredor). El corredor se desarrolla en terreno de montaña, con un rango altimétrico observado en los puntos de control geodésico que va desde aproximadamente 2,919 hasta 3,048 m s.n.m., de acuerdo con las alturas ortométricas obtenidas en la red geodésica (ver sección 7).

Departamento	Caldas
Municipios	San Félix y Marulanda

Vía	Marulanda San Félix (Vía 33CL03)
Tramo levantado	Tramo principal — Km 10+970 - Km 15+000 - 4 km (K0+00 – K4+000)
Rango altimétrico observado	≈ 2,919 – 3,048 m s.n.m.
Sistema de referencia	MAGNA-SIRGAS / Origen Único Nacional — EPSG:9377

2.2 Clasificación vial y coordenadas de referencia del tramo

A continuación se presenta la clasificación funcional de la vía intervenida, junto con las coordenadas de referencia del tramo.

Municipio	Marulanda
Categoría Vial	Segundo
Código	33CL03
Nombre de la Vía	Marulanda – San Félix
Sistema de coordenadas	EPSG:4326 (WGS84)
Punto inicio Km 10+970	Long -75.315767 / Lat 5.295376
Punto Final Km 15+000	Long -75.315579 / Lat 5.295601

3. Objetivo y Alcance

El presente informe documenta el levantamiento topográfico y LiDAR del tramo principal de 4 km del corredor vial San Félix – Marulanda, con el fin de generar información geoespacial de alta precisión que sustente las decisiones técnicas de la Secretaría de Infraestructura del Departamento de Caldas. Los productos contemplados dentro del alcance del proyecto son:

- Red geodésica de apoyo (5 mojones GPS + 10 GCP) georreferenciada en EPSG:9377.
- Nube de puntos LiDAR aérea, clasificada, obtenida mediante DJI Zenmuse L2 sobre plataforma DJI Matrice 350 RTK.
- Modelo Digital del Terreno (MDT) del corredor, construido en Civil 3D a partir del DEM.
- Curvas de nivel en formato DXF — equidistancia 0.5 m y 1.0 m.
- Perfiles transversales del corredor
- Superficie topográfica y cartografía del corredor para Civil 3D.
- Superfucie en land xml
- Ortomosaico 2.31 Gsd

4. Metodología General

La ejecución del levantamiento integró técnicas geodésicas de alta precisión (observación GNSS estática) con tecnología LiDAR aerotransportada mediante dron y LiDAR de mano mediante escáner portátil, desarrolladas en campo entre el 16 y el 18 de julio de 2026.

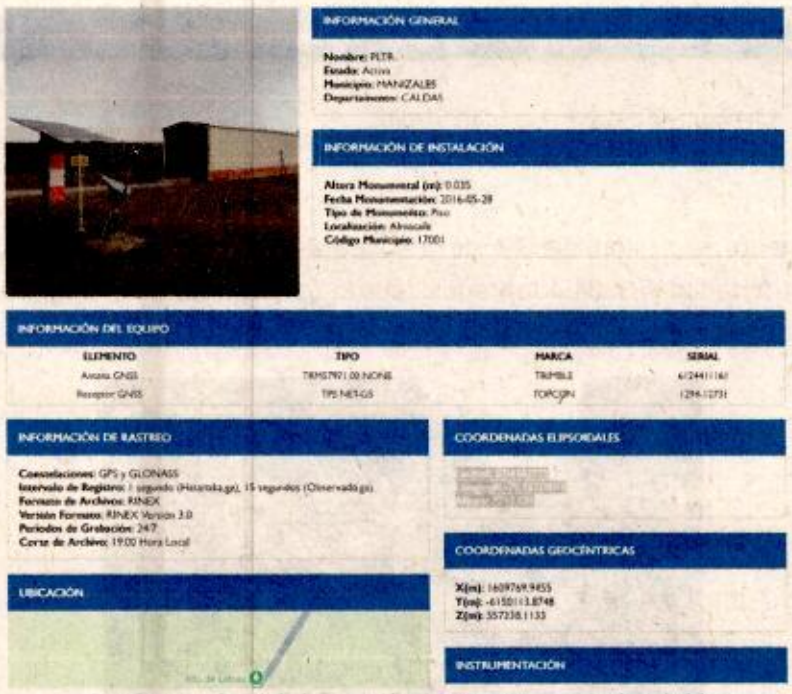
4.1 Procedimiento de campo

Durante los tres días de campo se realizó la construcción y georreferenciación de los cinco mojones geodésicos (GPS1 a GPS5), la materialización de los diez puntos de control complementarios (GCP1 a GCP10), las observaciones GNSS estáticas sobre la totalidad de los puntos de la red (ver trazabilidad detallada en las secciones 5 y 6), el vuelo LiDAR aerotransportado sobre el corredor y el escaneo LiDAR de mano mediante LiGrip O2 Lite.

4.2 Estación CORS de referencia — PLTR

Se utilizó la estación CORS PLTR (Manizales, Caldas) como referencia absoluta para el procesamiento de la red GNSS, por ser la estación activa más cercana al área de levantamiento, a una distancia aproximada de 27–28 km.

Municipio	Manizales, Caldas
Distancia al proyecto	≈ 27–28 km
Receptor	Topcon TPS NET-G5
Antena	Trimble TRM57971.00
Constelaciones	GPS y GLONASS
Formato	RINEX 3.0
Latitud	5.04382722° N
Longitud	-75.33210015° W
Altura elipsoidal	3710.535 m



Ficha técnica oficial de la estación CORS PLTR (Manizales, Caldas).

4.3 Modelo geoidal aplicado

Las alturas elipsoidales obtenidas mediante observación GNSS fueron transformadas a alturas ortométricas mediante el modelo geoidal oficial GEOCOL2004, aplicando la herramienta de ajuste de plano geoidal de LiDAR360, con un RMSE de ajuste de 0.021 m para el sector del proyecto.

5. Red Geodésica de Apoyo — Mojones GPS

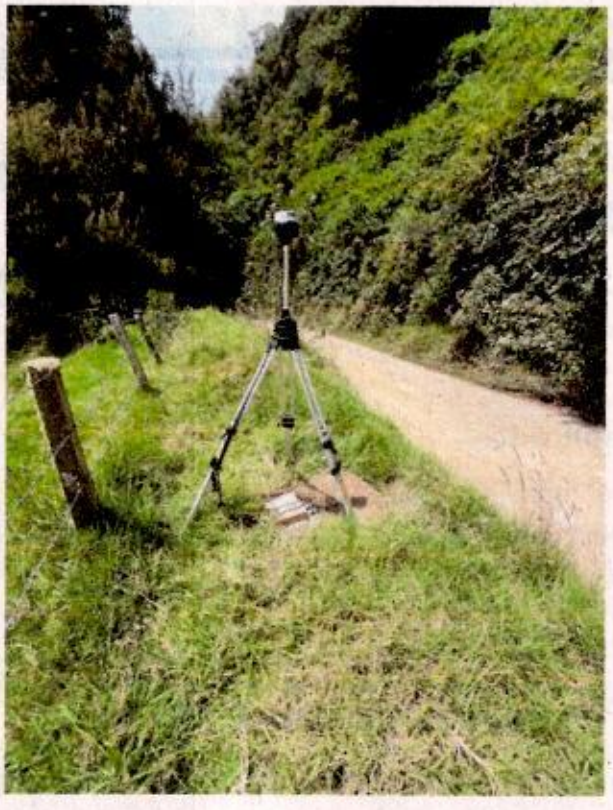
Se establecieron cinco mojones geodésicos (GPS1 a GPS5), materializados mediante bloques de concreto fundidos in situ, cada uno con placa circular de identificación grabada con el nombre del punto. Estos mojones constituyen puntos de control permanentes disponibles para futuros levantamientos sobre el corredor San Félix – Marulanda.

5.1 GPS3 — Mojón principal (base de referencia)

GPS3 fue establecido como mojón principal del proyecto, utilizado como base de referencia fija para el postproceso de la totalidad de las sesiones estáticas realizadas sobre los demás puntos de la red. Se realizaron tres mediciones independientes sobre este punto, los días 16, 17 y 18 de julio de 2026, procesadas contra la estación CORS PLTR.

Fecha	Hora inicio – fin	Duración	Solución	Ratio	Observación
17/07/2026	13:49:32 – 22:41:06	8h 51min	Fix	31.6	Adoptada — mayor duración de observación

Se adoptó finalmente la sesión del 17 de julio de 2026 por presentar mayor duración de observación. Coordenadas WGS84 adoptadas: latitud 5.298233035° N, longitud -75.325278073° W, altura elipsoidal 2991.0503 m.



GPS3 — equipo GNSS en posición de medición sobre el mojón.

5.2 GPS1, GPS2, GPS4, GPS5 — Mojones de apoyo

GPS1

Se realizó una medición estático – rápida (receptor Emlid RS2, software Emlid Studio, 18/07/2026 17:28:59–17:38:02, Fix, Ratio 385.3, 12 satélites) fue la adoptada.



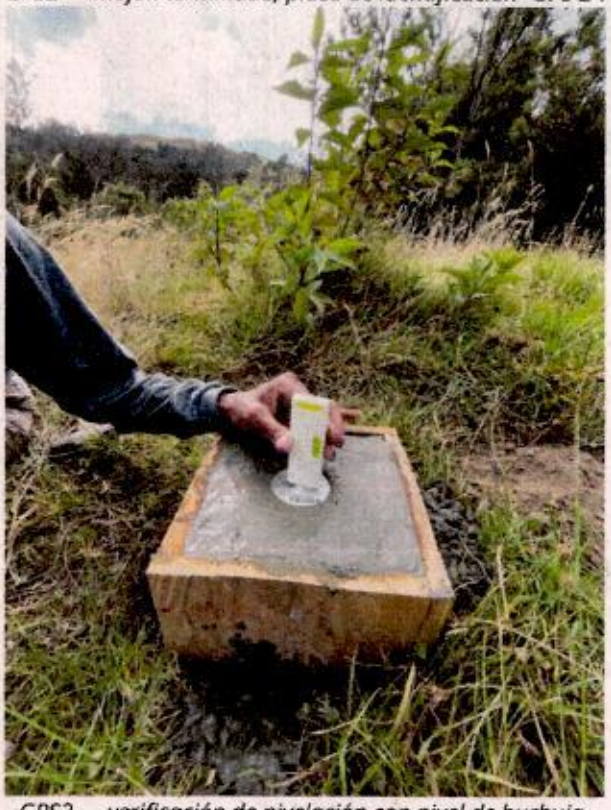
GPS1 — mojón terminado, placa de identificación "GPS 1".

GPS2

Se realizó medición sobre mojón GPS2 (receptor FOIF A90, software FOIF Solutions), el 17/07/2026. (archivo GP211991, 18:33:49–18:44:42, Ratio 25.9, RMS 7.34 mm).



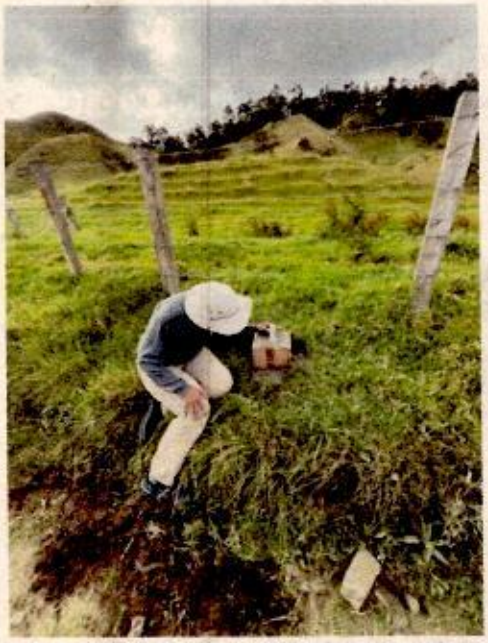
GPS2 — mojón terminado, placa de identificación "GPS 2".



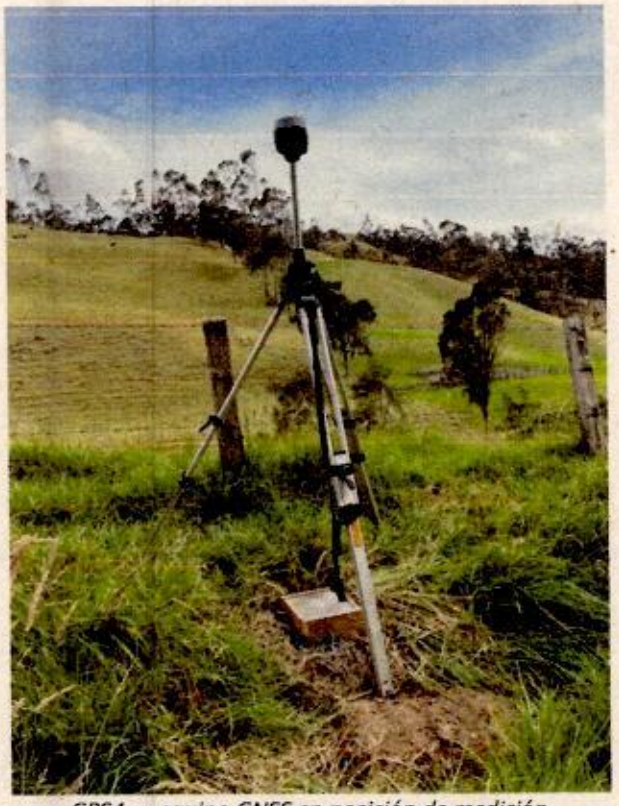
GPS2 — verificación de nivelación con nivel de burbuja.

GPS4

Se realizó una única sesión sobre GPS4 (receptor FOIF A90, software FOIF Solutions, 17/07/2026 14:21:21–22:31:23), con línea base GPS4→GPS3 de 906.35 m, solución Fixed, RMS 17.08 mm



GPS4 — mojón terminado, placa "GPS 4", e instalación de equipo en campo.



GPS4 — equipo GNSS en posición de medición.

GPS5

Se realizó una única sesión sobre GPS5 (receptor FOIF A90, software FOIF Solutions, 16/07/2026 20:09:03–23:01:09, ≈2h 52min), con línea base GPS5→GPS3 (medición del día 1) de 1578.83 m, solución Fixed, RMS 12.97 mm y Ratio de 11.3.



GPS5 — instalación del mojón.



GPS5 — equipo GNSS en medición y mojón terminado, placa "GPS 5".

5.3 Coordenadas finales de los mojones GPS (EPSG:9377)

Punto	Este (m)	Norte (m)	Altura (m)	Función
GPS3	4 742 386.003	2 143 928.766	2991.0500	Mojón principal — base de referencia (CORS PLTR)
GPS1	4 743 530.905	2 143 728.025	2929.6053	Mojón de apoyo
GPS2	4 742 980.033	2 144 303.072	2970.5242	Mojón de apoyo
GPS4	4 741 497.423	2 144 101.862	3025.8124	Mojón de apoyo
GPS5	4 740 813.982	2 143 802.426	3048.3381	Mojón de apoyo

6. Puntos de Control Geodésico (GCP)

Como complemento a los mojones GPS1 a GPS5, se establecieron diez puntos de control geodésico adicionales (GCP1 a GCP10), distribuidos a lo largo de los 4 km del corredor, con el fin de fortalecer la geometría de la red GNSS y servir de apoyo para la referenciación y control de calidad de la nube de puntos LiDAR, tanto aérea como de mano.

6.1 Puntos con doble determinación

Seis puntos de la red (GCP1, GCP5, GCP6, GCP8, GCP9 y GCP10) fueron observados en dos sesiones independientes durante la jornada del 17 de julio de 2026, ambas procesadas contra la base GPS3. Estos seis puntos, junto con GPS3, conforman el subconjunto que se incorporó al ajuste de red LTOP4GeoSuite (ver sección 6.3), cuyo resultado ajustado es el valor adoptado como definitivo en cada caso — no una u otra medición individual por separado.

GCP1

Medición 1: 14:57:40 – 15:06:00 (Ratio 4.1, 13 satélites). Medición 2: 17:42:27 – 17:50:41 (Ratio 17.4, 11 satélites).

Medición	Hora	Ratio	Este (m)	Norte (m)	Altura elip. (m)
1	14:57:40 – 15:06:00	4.1	4740812.79696	2143803.80988	3047.8297
2	17:42:27 – 17:50:41	17.4	4740812.77956	2143803.81006	3047.8186

GCP5

Medición 1: 15:52:25 – 16:00:36 (Ratio 9.9, 10 satélites). Medición 2: 18:03:59 – 18:12:23 (Ratio 32.2, 13 satélites).

Medición	Hora	Ratio	Este (m)	Norte (m)	Altura elip. (m)
1	15:52:25 – 16:00:36	9.9	4742312.09356	2143914.67789	2993.7252
2	18:03:59 – 18:12:23	32.2	4742312.06674	2143914.64880	2993.6896

GCP6

Medición 1: 16:11:58 – 16:20:19 (Ratio 4.1, 13 satélites). Medición 2: 18:17:28 – 18:27:19 (Ratio 999.9, 13 satélites).

Medición	Hora	Ratio	Este (m)	Norte (m)	Altura elip. (m)
1	16:11:58 – 16:20:19	4.1	4742614.55514	2144244.27659	2968.6441
2	18:17:28 – 18:27:19	999.9	4742614.54865	2144244.26069	2968.6253

GCP8

Medición 1: 17:17:35 – 17:25:48 (Ratio 3.1, 12 satélites). Medición 2: 18:49:50 – 18:58:15 (Ratio 10.6, 8 satélites).

Medición	Hora	Ratio	Este (m)	Norte (m)	Altura elip. (m)
1	17:17:35 – 17:25:48	3.1	4743193.52410	2143969.25426	2939.4708
2	18:49:50 – 18:58:15	10.6	4743193.51724	2143969.23007	2939.4538

GCP9

Medición 1: 16:47:51 – 16:55:54 (Ratio 9.8, 15 satélites). Medición 2: 19:02:31 – 19:10:48 (Ratio 3.1, 11 satélites).

Medición	Hora	Ratio	Este (m)	Norte (m)	Altura elip. (m)
1	16:47:51 – 16:55:54	9.8	4743426.36751	2143840.12904	2919.5635
2	19:02:31 – 19:10:48	3.1	4743426.40795	2143840.12480	2919.5721

GCP10

Medición 1: 17:00:40 – 17:08:42 (Ratio 3.5, 16 satélites). Medición 2: 19:30:13 – 19:38:37 (Ratio 3.1, 12 satélites.

Medición	Hora	Ratio	Este (m)	Norte (m)	Altura elip. (m)
1	17:00:40 – 17:08:42	3.5	4743484.04424	2143646.76227	2935.1392
2	19:30:13 – 19:38:37	3.1	4743484.06440	2143646.72803	2935.1041

En los seis casos, la coordenada final adoptada corresponde al resultado del ajuste de red LTOP (sección 6.3), consolidada en la tabla de coordenadas finales (sección 6.4).

6.2 Puntos con determinación única

Los puntos GCP2, GCP3, GCP4 y GCP7 fueron determinados mediante una única sesión de observación, procesada contra GPS3, con soluciones Fixed y ratios altos que confirman buena calidad de la medición:

Punto	Fecha / hora	Duración	Ratio	Observación
GCP2	17/07/2026, 15:14:09 – 15:22:32	8m 23s	81.7	N/A
GCP3	17/07/2026, 15:20:09 – 16:30:11	≈1h 10min	166.6	Altura de antena 2.000 m exactos
GCP4	17/07/2026, 15:30:37 – 15:39:03	8m 26s	999.9	Ratio saturado — Fixed de máxima confianza
GCP7	17/07/2026, 16:58:29 – 17:06:36	8m 7s	999.9	Ratio saturado — Fixed de máxima confianza

6.3 Ajuste de Red LTOP4GeoSuite

LTOP4GeoSuite es un software especializado de ajuste de redes geodésicas por mínimos cuadrados. A diferencia del procesamiento de líneas base individuales (una base fija — un punto rover, procesado de forma aislada), LTOP toma el conjunto completo de observaciones GNSS entre varios puntos simultáneamente y calcula la solución que, en su conjunto, minimiza el error total de la red, redistribuyendo las inconsistencias entre todas las observaciones en lugar de dejarlas concentradas en una sola línea base. El resultado no es solo un conjunto de coordenadas ajustadas, sino también un análisis estadístico riguroso de la calidad interna de la red (test de hipótesis, elipses de error, redundancia), lo cual permite detectar mediciones erróneas u observaciones inconsistentes antes de aceptar la red como válida.

Para este proyecto, la red ajustada (nombre de proyecto SanFelixMaru2, red "Red") se procesó el 31.07.2026 con LTOP4GeoSuite versión 2023.1.0, incorporando GPS3 como base fija y los seis puntos con doble determinación (GCP1, GCP5, GCP6, GCP8, GCP9, GCP10) como incógnitas del ajuste, usando como observaciones sus coordenadas planimétricas y altimétricas GNSS derivadas de las dos sesiones de cada punto.

Estadísticas planimétricas

El test de Chi-Cuadrado es una prueba estadística global que verifica si las discrepancias (residuales) entre las observaciones y el ajuste son estadísticamente compatibles con las precisiones a priori asignadas a cada observación, a un nivel de confianza de 1σ. Si el test es

superado ("Pasado"), se concluye que no hay evidencia de errores groseros o de una subestimación sistemática de las precisiones de los equipos.

Estadística	Valor	Resultado
Valor prueba Chi-Cuadrado (1σ)	not calc. cc	Pasado
Error medio máximo	13.7 mm	—

Mediciones con Wi > Tolerancia (planimetría): los test estadísticos mostraron que todas las mediciones están dentro de las tolerancias en planimetría — es decir, ningún punto individual mostró un residual (Wi, estadístico de Baarda) que superara el umbral de tolerancia, lo cual habría señalado una observación sospechosa de contener un error grosero.

Estadísticas altimétricas

Estadística	Valor	Resultado
Valor prueba Chi-Cuadrado (1σ)	not calc. cc	Pasado
Error máximo medio de altura	11.7 mm	—

Mediciones con Wi > Tolerancia (altimetría): los test estadísticos mostraron que todas las mediciones están dentro de las tolerancias en altimetría.

Estadísticas de grupos de observación

La siguiente tabla detalla, para cada tipo de observación, la cantidad de datos usados en el ajuste; el error a priori (la desviación estándar inicial asumida para el tipo de equipo/observación, en mm); el error final obtenido tras el ajuste; el cociente entre error final y error a priori (un cociente mayor a 1 indica que el ajuste encontró un error real ligeramente mayor al esperado inicialmente; menor a 1, que el ajuste resultó más preciso de lo esperado); y la redundancia, el número de observaciones "de sobra" disponibles para la validación estadística — a mayor redundancia, más robusto el control de calidad del ajuste.

Tipo	Cantidad	Error a priori	Error final	Cociente	Redundancia
Coordenadas planimétricas GNSS	28	10.0 mm	13.7 mm	1.37	12.000
Coordenadas altimétricas GNSS	14	20.0 mm	11.7 mm	0.59	6.000

El cociente de 1.37 en planimetría indica que el error real de las observaciones GNSS horizontales fue levemente superior al estimado a priori (10.0 mm), consistente con el error medio máximo de 13.7 mm ya reportado; aun así, el test de Chi-Cuadrado se superó, por lo que esta diferencia se considera dentro de rango normal y no señala error grosero. En altimetría, el cociente de 0.59 indica que el ajuste resultó más preciso de lo asumido inicialmente (20.0 mm a priori vs. 11.7 mm final).

Elipses de error planimétrico

Las elipses de error resumen gráficamente la incertidumbre horizontal de cada punto ajustado, calculadas a partir de la matriz de covarianza de sus coordenadas XY, a un nivel de confianza de 1σ (68%). El semieje mayor (Error A) es la desviación estándar máxima en el plano horizontal; el semieje menor (Error B), la desviación estándar mínima, ortogonal al semieje mayor; y el azimut (Azimuth A) es el ángulo del semieje mayor medido desde el norte geográfico, en gones (400 gon = 360°).

Punto	Error A	Error B	Azimuth A
GCP1	13.67 mm	13.67 mm	100.00 gon
GCP5	13.67 mm	13.67 mm	100.00 gon
GCP6	13.67 mm	13.67 mm	100.00 gon
GCP8	13.67 mm	13.67 mm	100.00 gon
GCP9	13.67 mm	13.67 mm	100.00 gon
GCP10	13.67 mm	13.67 mm	100.00 gon

Al ser Error A = Error B en los seis puntos, las elipses resultan en círculos perfectos — es decir, la incertidumbre horizontal es igual en todas las direcciones, sin un eje de mayor debilidad geométrica particular. Esto es consistente con una configuración de red donde todos los puntos observados dependen de la misma base (GPS3) con esquemas de observación similares.

Errores altimétricos

Punto	Error H
GCP1	11.73 mm
GCP5	11.73 mm
GCP6	11.73 mm
GCP8	11.73 mm
GCP9	11.73 mm
GCP10	11.73 mm

Coordenadas finales ajustadas por LTOP

Punto	Este (m)	Norte (m)	Altura (m)
GPS3 (base fija)	4742386.00300	2143928.76600	2991.05000
GCP1	4740812.78750	2143803.81000	3047.82450
GCP5	4742312.07950	2143914.66350	2993.70750
GCP6	4742614.55100	2144244.26900	2968.63450
GCP8	4743193.51950	2143969.24200	2939.46250

Punto	Este (m)	Norte (m)	Altura (m)
GCP9	4743426.38700	2143840.12700	2919.56800
GCP10	4743484.05300	2143646.74500	2935.12150

Determinaciones y trazabilidad de equipos

Las observaciones GNSS que alimentaron este ajuste se realizaron con receptores FOIF A90 (S/N A90189405011, A90189405032 y A90189405140) y Emlid Reach RS2 (S/N 8243C2262899D632 y 8243112DE6EE8635), todos con certificado de calibración vigente a la fecha del levantamiento (FOIF A90: certificaciones AG Técnicos S.A.S. No. 2324, 2325 y 2327, emitidas el 27 de febrero de 2026; Emlid RS2: certificado 3dMappingTools.com del 14 de marzo de. Las precisiones nominales de fábrica de estos equipos en modo estático (FOIF A90: 2.5 mm + 0.5 ppm horizontal, 5 mm + 0.5 ppm vertical; Emlid RS2: 3 mm + 0.1 ppm horizontal, 5 mm + 0.5 ppm vertical) son coherentes con el error a priori planimétrico de 10.0 mm asumido en el ajuste, y con el error final obtenido de 13.7 mm.

6.4 Coordenadas finales de la red — GPS y GCP (EPSG:9377)

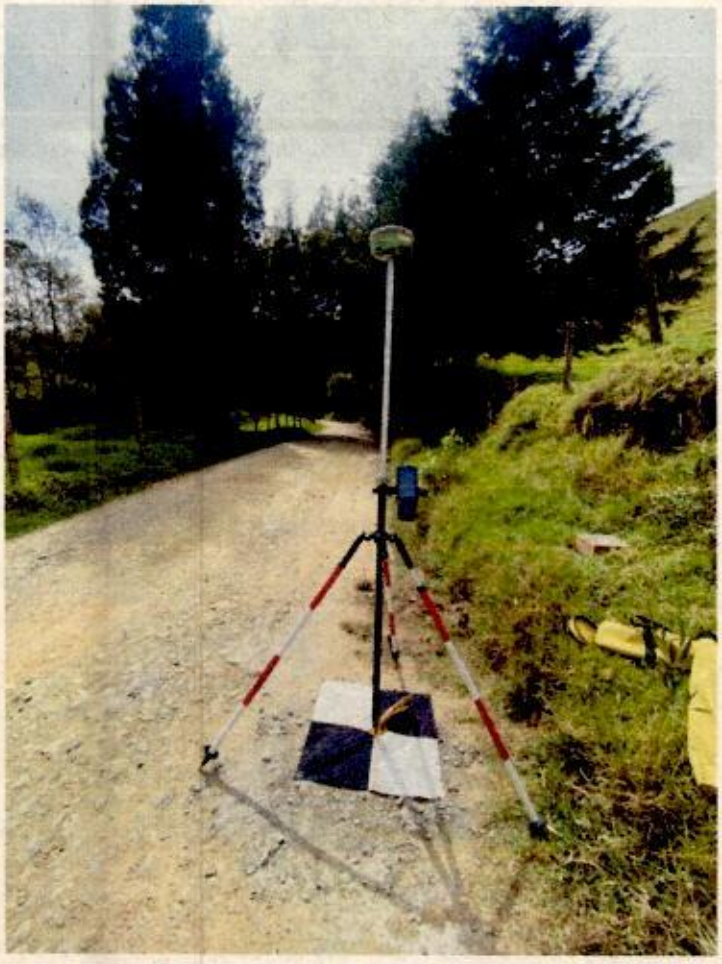
Tabla consolidada de la red geodésica completa (5 mojones GPS + 10 puntos GCP), en el sistema de referencia MAGNA-SIRGAS / Origen Único Nacional (EPSG:9377):

Punto	Tipo	Este (m)	Norte (m)	Altura (m)	Fuente	Calidad
GPS3	GPS (principal)	4 742 386.003	2 143 928.766	2991.0500	LTOP (base, CORS PLTR)	—
GPS1	GPS	4 743 530.905	2 143 728.025	2929.6053	CMT12	385.3
GPS2	GPS	4 742 980.033	2 144 303.072	2970.5242	CMT12	25.9
GPS4	GPS	4 741 497.423	2 144 101.862	3025.8124	CMT12	3.1
GPS5	GPS	4 740 813.982	2 143 802.426	3048.3381	CMT12	11.3
GCP1	GCP	4 740 812.788	2 143 803.810	3047.8245	LTOP (ajustado)	13.7/11.7 mm
GCP2	GCP	4 741 146.877	2 144 159.779	3027.0709	CMT12	81.7
GCP3	GCP	4 741 409.474	2 144 091.795	3024.5344	CMT12	166.6
GCP4	GCP	4 741 881.610	2 143 841.979	3014.9319	CMT12	999.9
GCP5	GCP	4 742 312.080	2 143 914.664	2993.7075	LTOP (ajustado)	13.7/11.7 mm
GCP6	GCP	4 742 614.551	2 144 244.269	2968.6345	LTOP (ajustado)	13.7/11.7 mm
GCP7	GCP	4 742 971.100	2 144 308.186	2970.0166	CMT12	999.9

Punto	Tipo	Este (m)	Norte (m)	Altura (m)	Fuente	Calidad
GCP8	GCP	4 743 193.520	2 143 969.242	2939.4625	LTOP (ajustado)	13.7/11.7 mm
GCP9	GCP	4 743 426.387	2 143 840.127	2919.5680	LTOP (ajustado)	13.7/11.7 mm
GCP10	GCP	4 743 484.053	2 143 646.745	2935.1215	LTOP (ajustado)	13.7/11.7 mm

6.5 Registro fotográfico de campo — Puntos GCP

Se presenta a continuación el registro fotográfico disponible de las ocupaciones GNSS sobre los puntos GCP1 a GCP10



Registro fotográfico — GCP1: equipo en estación, centrado sobre el punto y verificación de nivel.



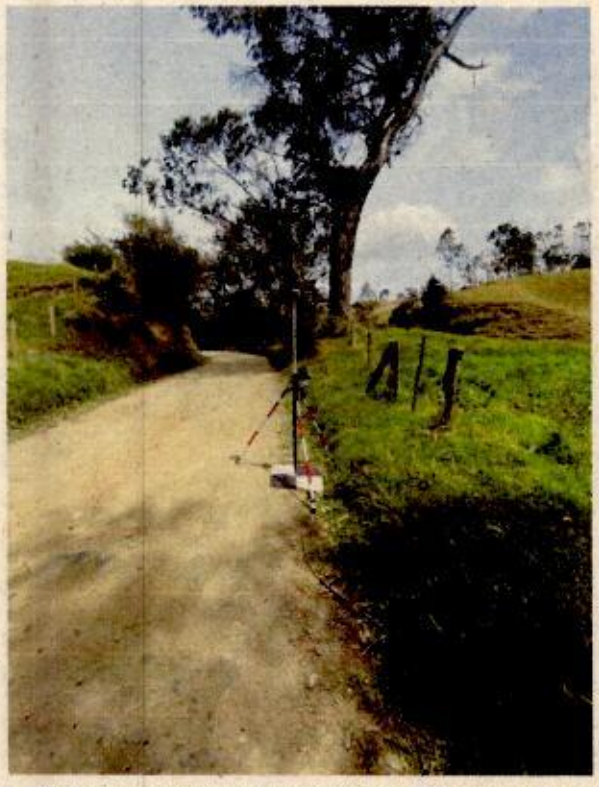
Registro fotográfico — GCP2: equipo en estación, centrado sobre el punto y verificación de nivel.



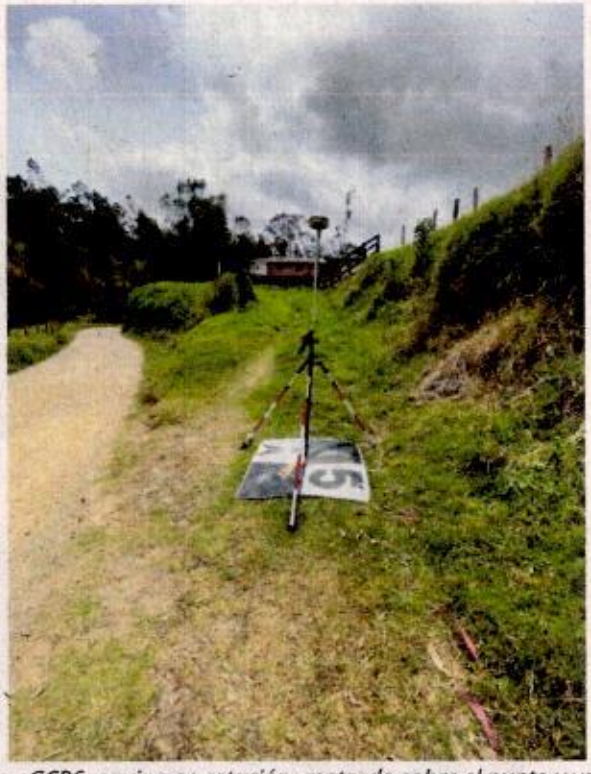
Registro fotográfico — GCP3: equipo en estación, centrado sobre el punto y verificación de nivel.



Registro fotográfico — GCP4: equipo en estación, centrado sobre el punto y verificación de nivel.



Registro fotográfico — GCP5: equipo en estación, centrado sobre el punto y verificación de nivel.



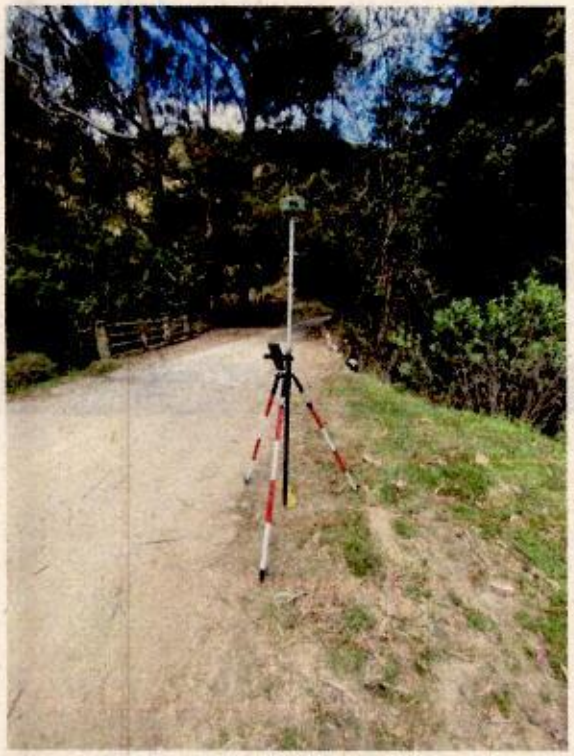
Registro fotográfico — GCP6: equipo en estación, centrado sobre el punto y verificación de nivel.



Registro fotográfico — GCP7: equipo en estación, centrado sobre el punto y verificación de nivel.



Registro fotográfico — GCP8: equipo en estación, centrado sobre el punto y verificación de nivel.



Registro fotográfico — GCP9: equipo en estación, centrado sobre el punto y verificación de nivel.



Registro fotográfico — GCP10: equipo en estación, centrado sobre el punto y verificación de nivel.

7. Equipos Utilizados

Para las observaciones GNSS estáticas de los mojones GPS1 a GPS5 y los puntos de control GCP1 a GCP10 se emplearon receptores FOIF A90 y Emlid RS2, multiconstelación de doble frecuencia. El procesamiento de línea base se realizó con los software FOIF Solutions y Emlid Studio.

Equipo	Función
Receptor GNSS FOIF A90	Observación estática — mojones y GCP (S/N A90189405011, A90189405032, A90189405140)
Receptor GNSS Emlid RS2	Observación estática — mojones y GCP (software Emlid Studio; S/N

Equipo	Función
	8243C2262899D632, 8243112DE6EE8635)
DJI Matrice 350 RTK + Zenmuse L2 (SN sensor: 6U3DM65005KR07)	Levantamiento LiDAR aerotransportado
LiGrip O2 Lite	Levantamiento LiDAR de mano (handheld / SLAM)

Para el levantamiento LiDAR aerotransportado se utilizó el sensor DJI Zenmuse L2 montado sobre la plataforma DJI Matrice 350 RTK, operada por piloto certificado AEROCIVIL. Para el levantamiento LiDAR de mano se utilizó el escáner portátil LiGrip O2 Lite, procesado en LiDAR360MLS.

Certificados de calibración incorporados

Receptor FOIF A90 S/N A90189405011 — Certificación AG Técnicos S.A.S. No. 2324 (27/02/2026): equipo verificado y funcionando conforme a la ficha técnica del fabricante. Receptor FOIF A90 S/N A90189405032 — Certificación No. 2327 (27/02/2026), mismo resultado. Receptor FOIF A90 S/N A90189405140 — Certificación No. 2325 (27/02/2026), mismo resultado. Los tres certificados reportan idénticos parámetros técnicos de fábrica (precisión estática Hz 2.5 mm + 0.5 ppm / Vt 5 mm + 0.5 ppm; RTK Hz 8 mm + 1 ppm / Vt 15 mm + 1 ppm), emitidos por AG Técnicos S.A.S. (NIT 900.821.960-3, Bogotá D.C.) el mismo día, como parte de una verificación conjunta de los tres equipos de la empresa. Receptores Emlid Reach RS2 S/N 8243C2262899D632 y 8243112DE6EE8635 — Certificado emitido por 3dMappingTools.com / Midsouth Drone Services (Tim Durham, Sales Manager) el 14/03/2026: ambos equipos operando correctamente conforme a especificaciones del fabricante (precisión estática Hz 3 mm + 0.1 ppm / Vt 5 mm + 0.5 ppm; RTK Hz 7 mm + 1 ppm / Vt 14 mm + 1 ppm).

Licencia AEROCIVIL y registro UAS incorporados

Piloto certificado: Mauricio Betancourt González, C.C. 16.073.356 de Manizales, Caldas. Certificado de Idoneidad Piloto UAS No. CIPU-100-24-1712, expedido por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC) el 27/11/2024 (Radicado 2024242030056582), con actualización de examen médico ocupacional vigente al 29/01/2026 (Radicado 2026242030005045) — condición exigida por el RAC 100.610(a)5 para la validez del certificado en categoría específica. El equipo DJI Matrice 350 RTK utilizado en el levantamiento se encuentra registrado ante la UAEAC bajo Constancia de Registro UAS No. RUAS-100-26-GEN8 (14/04/2026), Serie No. 1581F6GKXC255700407A1.

8. Levantamiento LiDAR Aéreo — Parámetros de Vuelo

El levantamiento LiDAR aerotransportado se ejecutó mediante el sensor DJI Zenmuse L2 (SN: 6U3DM65005KR07) sobre plataforma DJI Matrice 350 RTK, procesado en DJI Terra V5.3.0

8.1 Duración y datasets

Parámetro	Valor
Duración total de reconstrucción	5h 6min 52s
Preprocesamiento (AT)	11min 30s
Procesamiento 2D Map	1h 26min 55s
Procesamiento de nube de puntos	3h 28min 27s
Número de datasets	5 grupos
Cálculo de posición (POS)	Local PPK
Líneas de vuelo	5
Estado POS — Fix	100.00%
Estado PPK — Fix	100.00%

8.2 Precisión de franjas de vuelo (Flight Strip Accuracy)

Parámetro	Valor
Número de franjas de vuelo	5
Diferencia de elevación promedio	36.0841 m
Tasa de traslape promedio	21.71%
Tolerancia de altitud	57.5288 m
Consistencia de velocidad	0.36%
Curvatura de franja de vuelo	0.19°

8.3 Calibración LiDAR e IMU

Valores de calibración por defecto (boresight) del sensor DJI Zenmuse L2 (SN: 6U3DM65005KR07):

X	Y	Z	Roll	Pitch	Yaw
0.02667 m	0.0145 m	-0.04615 m	0.006419 rad	3.1404514 rad	3.14151 rad

8.4 Parámetros de vuelo por misión

Vuelo	Velocidad prom.	Altura de vuelo	Diámetro de haz	FOV	Tasa de pulso	Tasa de escaneo

1	3.44 m/s	75.22 m	90×30 mm	70°×75°	240 kHz	1200 kHz
2	3.13 m/s	67.09 m	80×26 mm	70°×75°	240 kHz	1200 kHz
3	3.37 m/s	127.11 m	152×50 mm	70°×75°	240 kHz	1200 kHz
4	2.87 m/s	118.34 m	142×47 mm	70°×75°	240 kHz	1200 kHz
5	3.81 m/s	143.86 m	172×57 mm	70°×75°	240 kHz	1200 kHz

Todos los vuelos se ejecutaron en modo de escaneo no repetitivo (Non-repetitive Scan Mode).

8.5 Procesamiento de nube de puntos (DJI Terra)

Parámetro	Valor
Método de cómputo	Standalone (Efficiency Mode: High Efficiency | Auto-Core)
Escenario	Point Cloud Processing
Puntos de control	10 GCP
Región de interés	No definida
Bloque	Automático (basado en desempeño)
Calibración LiDAR	Deshabilitada
Optimización de precisión (Optimize Accuracy)	Habilitada
Suavizado (Smoothing)	Deshabilitado
Densidad	Porcentaje — Alta (100%)
Formato de salida	PNTS | LAS 1.4
Clasificación de puntos de suelo	Steep Slope | Building Max Diagonal 20 m | Iteration Angle 10° | Iteration Distance 0.7 m

8.6 Densidad de la nube de puntos

Escala de referencia 1:500 (0.25 m de lado de grilla):

Nube	Densidad promedio	Ratio de grilla no conforme
Nube completa	1880.01 pts/m²	0.81%
Puntos de suelo	889.16 pts/m²	5.27%

8.7 Producto 2D y sistema de coordenadas

Parámetro	Valor
GSD	2.31 cm/px
Área de cobertura	0.395172 km²
Sistema de coordenadas de salida	MAGNA-SIRGAS / Origen-Nacional
Formato de salida — nube de puntos	PNTS | LAS 1.4
Formato de salida — mapa 2D	GeoTIFF

8.8 Equipo y software

Parámetro	Valor
CPU	Intel Core i7-12650H, 16 núcleos
GPU	NVIDIA GeForce RTX 4060 Laptop GPU
Memoria RAM	65 240 MB
Software	DJI Terra V5.3.0

9. Nube de Puntos y Control de Calidad

9.1 Transformación de altura elipsoidal a ortométrica

Las alturas de la nube fueron transformadas de elipsoidales (h) a ortométricas (H) mediante un ajuste de plano geoidal (Plane Fitting) calculado en LiDAR360, a partir del modelo GEOCOL2004 muestreado con interpolación bilineal en los 15 puntos de la red geodésica (GPS1–GPS5, GCP1–GCP10). El ajuste de plano obtuvo una precisión interna (Inner Precision) de 0.0091 m, con diferencias de anomalía de altura entre -1.7 cm y +1.1 cm respecto al valor interpolado directamente en cada punto.

El control de calidad final, comparando la nube ya transformada (H) contra los 10 GCP, arrojó un RMSE de 0.021 m — prácticamente idéntico al RMSE de 0.020 m obtenido en el control de calidad original en alturas elipsoidales (h), confirmando que la transformación vertical no introdujo error adicional a la nube.

Control	RMSE (m)	Promedio Dz (m)	Rango Dz (m)
Ortométrica (H) — GEOCOL2004	0.021	0.013	-0.011 a +0.036

9.2 Clasificación de suelo

La clasificación de puntos de suelo se realizó con el algoritmo de triangulación progresiva (TIN) de LiDAR360, ajustando los parámetros de iteración y aplicando el escenario "Steep Slope Terrain" en los tramos de pendiente pronunciada del corredor. La nube fusionada y clasificada presenta una densidad promedio de 1.664,02 puntos/m² sobre 542 282 m² de área cubierta, con densidad máxima de 28.150 puntos/m² en zonas de traslape entre franjas de vuelo.

Nube	N° de puntos	Área cubierta (m²)	Densidad máxima (pts/m²)	Densidad promedio (pts/m²)
cloud_merged.LiData	902.365.464	542.282	2.150	1.664,02

10. Productos de Terreno

10.1 Superficie y Modelo Digital del Terreno

La superficie del corredor en Civil 3D se construyó a partir del Modelo Digital del Terreno (DEM) generado en LiDAR360, importado directamente como datos raster a civil 3D

10.2 Curvas de nivel

Se generó una capas de curvas de nivel en formato DXF, a escala de referencia 1:500:

- Equidistancia 0.5 m — capa contractual, conforme a especificación del pliego.

10.3 Secciones transversales

Se generaron secciones transversales ortogonales al eje vial mediante civil 3d con espaciado según mejor visualización planimétrica

10.4 Inventario de estructuras de drenaje identificadas

Durante la revisión de la nube de puntos se identificaron y midieron las estructuras de drenaje transversal sobre el corredor, se incluyen en la cartografía DWG

11. Entregables Finales

Carpeta	Contenido
01_DATOS_GNSS	Archivos crudos de observación GNSS (RINEX) de mojones GPS1–GPS5 y puntos GCP1–GCP10; reportes de procesamiento FOIF Solutions, Emlid Studio y RTKLIB.
02_CARTERAS_DE_CAMPO	Registro de sesiones de observación (fecha, hora, duración, ratio) de cada punto, incluyendo las mediciones dobles y únicas documentadas en este informe.
03_HOJAS_DE_CAMPO	fichas de campo de los mojones GPS1–GPS5 y puntos GCP1–GCP10.
04_CALCULOS	Cálculo de coordenadas finales EPSG:9377, transformación de altura elipsoidal a ortométrica (GEOCOL2004), memorias de cálculo de la red, reporte de ajuste de red LTOP4GeoSuite.
05_ESQUEMAS	Rasters (DEM, ortofotomosaico GeoTIFF, GSD 2.31 cm/px); planimetrías en PDF; archivos DWG del corredor.
06_DESCRIPCIONES	Descripciones técnicas de los mojones y puntos de control (materialización, placa, referencias).
07_IMAGENES	Registro fotográfico de campo (mojones, equipo GNSS, estación CORS PLTR).
08_INFORME	Informe técnico en formato PDF, firmado por el profesional responsable (Olga Lucía Tello Cuéllar, CPNT 01-2390).
09_INFORMACION_ADICIONAL	Documento de responsabilidad de la topógrafa; certificados de calibración de equipos.

12. Conclusiones

- Se estableció una red geodésica de apoyo de 15 puntos (5 mojones GPS + 10 GCP) sobre el corredor Marulanda – San Félix, referenciada a EPSG:9377 y procesada contra la estación CORS PLTR, con precisiones de ajuste de red del orden de 13.7 mm (horizontal) y 11.7 mm (vertical) en los puntos ajustados por LTOP.

- La nube de puntos LiDAR aérea (DJI Zenmuse L2 / Matrice 350 RTK) demostró una precisión adecuada para el proyecto, con RMSE de 0.021 m en altura ortométrica (GEOCOL2004) contra los 10 GCP, validando la calidad del insumo principal del levantamiento.
- La superficie de terreno se entrega directamente en Civil 3D a partir del DEM, lo que garantiza una malla continua, sin irregularidades geométricas ni artefactos de triangulación, y facilita su uso.
- Se identificaron y clasificaron 26 estructuras de drenaje transversal sobre el corredor: 24 box culverts y 2 pontones.

- El presente informe cumple con toda la normativa aplicable y los términos de referencia del contrato MIC-SI-016-2026, para el tramo principal (4 km) del corredor San Félix – Marulanda – San Félix.

• RESPONSABLE TÉCNICO	
Elaboró	Olga Lucía Tello Cuéllar – Topógrafa responsable
Matrícula CPNT	01-2390
Revisó	Equipo Visión LiDAR S.A.S. — Especialistas en Geodesta / Piloto de dron Profesional / Especialista SIG
Fecha de emisión	Agosto de 2026
Firma	

VISIÓN LIDAR

APÉNDICE A

Vía Marulanda – San Félix | K8+181 – K8+612

Complemento al Informe Técnico Principal — Contrato MIC-SI-016-2026

Contrato	MIC-SI-016-2026 | Gobernación de Caldas – Secretaría de Infraestructura
Contratista	Visión LiDAR S.A.S. | NIT 901.781.518-1
Topógrafa responsable	Olga Lucía Tello Cuéllar (CPNT 01-2390)
Sector	Vía Marulanda – San Félix | Abscisas K8+181 – K8+612 (≈431 m)
Supervisor	Andrés Osorio Bermúdez — Secretaría de Infraestructura

1. Objeto

Este apéndice documenta la red geodésica, el procesamiento LiDAR aéreo y los productos generados para el sector K8+181 – K8+612 de la vía Marulanda – San Félix (≈431 m de longitud), uno de los dos tramos menores a 1 km de este levantamiento, complementarios al corredor principal San Félix–Marulanda (4 km, K10+970–K15+000), cuyo informe técnico se referencia como documento principal. La metodología, equipos y flujo de procesamiento aplicados en este sector son consistentes con los del corredor principal, ajustados a la escala menor del tramo. Referencia interna de campo de este sector: TramoHector, por la ubicación de la base de referencia junto a la vivienda de un habitante del sector llamado como Héctor.

2. Metodología General

La ejecución del levantamiento integró observación GNSS estática de precisión (para establecer la base de referencia y los puntos de control) con tecnología LiDAR aerotransportada mediante dron (para la nube de puntos y productos de terreno), replicando el mismo esquema metodológico validado en el corredor principal.

2.1 Procedimiento de campo

El 18 de julio de 2026 se materializó y observó la base local GPS2-TH ("Base Héctor") mediante ocupación estática de larga duración (2 h 53 min), simultánea con la observación de los cuatro puntos de control GCP1 a GCP4 mediante sesiones estáticas cortas (8-12 minutos cada una), todas amarradas a la base local recién establecida. La base, a su vez, quedó corregida en postproceso contra el punto GPS3 (K13+000) de la red del corredor principal, incorporando así el sector a un único marco de referencia consistente con el resto del levantamiento. El vuelo LiDAR aerotransportado del sector se ejecutó también el 18 de julio de 2026.

2.2 Equipos utilizados

Para las observaciones GNSS estáticas se emplearon receptores FOIF A90 y Emlid Reach RS2, ambos multiconstelación de doble frecuencia (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou), con capacidad de posicionamiento estático y RTK/PPK. Para el levantamiento LiDAR aerotransportado se utilizó el sensor DJI Zenmuse L2 montado sobre la plataforma DJI Matrice 350 RTK — el mismo binomio sensor/plataforma empleado en el corredor principal.

Equipo	Función en este sector
FOIF A90	Observación estática — Base GPS2-TH, GCP1, GCP2, GCP3

Emlid Reach RS2	Observación estática — GCP4
DJI Matrice 350 RTK + Zenmuse L2 (SN: 6U3DM65005KR07)	Levantamiento LiDAR aerotransportado

3. Red Geodésica

La red geodésica de este sector es una red local de dos niveles: una base de referencia (GPS2-TH) amarrada al corredor principal, y cuatro puntos de control (GCP1-GCP4) amarrados a esa base local. Este esquema en cascada, en lugar de amarrar cada punto directamente a una estación CORS externa, es más eficiente para sectores cortos, ya que reduce el tiempo de ocupación de cada punto individual sin sacrificar precisión, siempre que la base local quede bien determinada.

3.1 Base local — BaseH / GPS2-TH

La base local del sector se identificó en campo como "Base Héctor", por su ubicación junto a una vivienda del sector. La placa de materialización en campo está físicamente rotulada "GPS2"; en este documento se referencia como GPS2-TH para diferenciarla explícitamente del punto GPS2 de la red del corredor principal, con el cual no guarda ninguna relación física ni de coordenadas — son dos mojones distintos que coinciden solo en el nombre de placa.

GPS2-TH fue procesada como línea base estática contra el punto GPS3 (K13+000) de la red del corredor principal — es decir, se trató la observación de 2 h 53 min sobre GPS2-TH como el "rover" de una línea base cuyo extremo fijo es GPS3, cuya coordenada ya estaba validada en el informe principal. El resultado es una coordenada de GPS2-TH con precisión heredada de esa cadena de amarre.

Parámetro	Valor
Receptor	FOIF A90
Ocupación	18/07/2026, 14:15:38 – 17:08:39 GPST (2 h 53 min)
Base de referencia	GPS3
Distancia a GPS3	2428.0 m horizontal | Δh −81.3 m
Solución	Fixed | 12 satélites | Ratio 191.0
Coordenada resultante (WGS84)	Lat 5.286013701° | Lon −75.307104633° | h 2909.7073 m

El indicador Ratio (también llamado ratio de ambigüedad o AR ratio) mide qué tan seguro está el algoritmo de haber resuelto correctamente el número entero de ciclos de onda portadora entre el satélite y el receptor (la "ambigüedad") frente a la segunda mejor solución candidata. Un valor de 191.0 — muy por encima del umbral mínimo de aceptación de 3.0 usado en este proyecto — indica una resolución de ambigüedades extremadamente sólida, coherente con una línea base relativamente corta (2.4 km) y buena geometría satelital durante la ventana de casi 3 horas de observación.

3.2 Puntos de control (GCP1–GCP4)

Los cuatro puntos de control se procesaron como líneas base cortas (30-136 m) contra GPS2-TH ya determinada, con sesiones estáticas de 8 a 12 minutos cada una. Todos alcanzaron solución Fixed (Q=1) — es decir, en los cuatro casos el receptor logró resolver las ambigüedades de fase de forma entera y estable, la condición necesaria para alcanzar precisión centimétrica.

Punto	Equipo	Ratio	Satélites	Dist. a GPS2-TH
GCP1	FOIF A90	13.8	4	136.0 m

GCP2	FOIF A90	441.6	6	30.0 m
GCP3	FOIF A90	8.8	7	40.2 m
GCP4	Emlid RS2	4.8	5	110.2 m

4. Conversión de Alturas — Geoide

Todo receptor GNSS mide altura de forma nativa como altura elipsoidal (h): la distancia vertical entre el punto y la superficie matemática del elipsoide de referencia (WGS84 en este caso), que es una figura geométrica idealizada, no la forma real de la Tierra. Para uso en ingeniería civil —cotas de proyecto, pendientes, drenaje— se necesita en cambio la altura ortométrica (H), medida desde el geoide, la superficie equipotencial que aproxima el nivel medio del mar y sí refleja la forma física real del campo de gravedad terrestre. La diferencia entre ambas, llamada ondulación geoidal o N, varía de un punto a otro según la distribución de masas del terreno circundante.

Para este sector, las alturas elipsoidales obtenidas en el postproceso GNSS (FOIF solutions / Emlid Studio) se convirtieron a ortométricas mediante el modelo geoidal oficial GEOCOL2004 del IGAC, importado directamente a DJI Terra como archivo de malla GTG para que el software realizara la conversión automáticamente al ingresar los GCP al proyecto de reconstrucción LiDAR.

CONFIGURACIÓN DE SALIDA EN DJI TERRA	
Horizontal	MAGNA-SIRGAS / Origen-Nacional (EPSG:9377)
Geoide	Geocol2004 (EPSG-3900).tif — malla GTG importada

5. Levantamiento LiDAR Aéreo

El levantamiento LiDAR aerotransportado se ejecutó con el sensor DJI Zenmuse L2 (SN: 6U3DM65005KR07), el mismo equipo utilizado en el corredor principal, montado sobre plataforma DJI Matrice 350 RTK, procesado en DJI Terra.

5.1 Equipo y parámetros de vuelo

Dada la corta longitud del sector (≈431 m) frente a los 4 km del corredor principal, el vuelo se ejecutó en modo Terrain Follow (seguimiento de terreno) en vez de altitud fija, y con solo dos franjas de vuelo cubriendo el área de interés.

Parámetro	Valor
Sensor	DJI Zenmuse L2 (SN: 6U3DM65005KR07)
Plataforma	DJI Matrice 350 RTK
Modo de vuelo	Terrain Follow
Altura de vuelo	83.07 m sobre el terreno
Velocidad promedio	3.33 m/s
Franjas de vuelo	2
Traslape promedio	81.82 %
POS Status (Fix)	100.00 %
PPK Status (Fix)	100.00 %
Cálculo POS	Local PPK

Duración total de reconstrucción (DJI Terra)	22 min 5 s

Los indicadores POS Status y PPK Status en 100% de Fix significan que, durante la totalidad del vuelo, tanto la posición del dron calculada en tiempo real (POS) como su corrección de precisión en postproceso (PPK, contra la base GNSS en tierra) alcanzaron solución fija centimétrica sin interrupciones — condición necesaria para que la trayectoria del sensor LiDAR quede bien georreferenciada en todo momento. El traslape promedio de 81.82% entre franjas asegura cobertura completa sin vacíos y redundancia suficiente para el control de calidad cruzado entre pasadas.

5.2 Control de calidad de la nube — puntos de control

El control de calidad interno de DJI Terra compara, en cada uno de los 4 GCP, la altura reconstruida por la nube LiDAR contra la altura de control medida en campo (ya corregida a ortométrica según la sección 4), calculando el residual (diferencia) en cada punto y consolidando esos residuales en un único indicador estadístico, el RMSE (Root Mean Square Error o error cuadrático medio), que resume la magnitud típica del error de toda la nube frente al terreno real.

Métrica	Valor
Cantidad de GCP	4
Diferencia de altitud promedio	−0.000012 m
Diferencia de altitud mín. / máx.	−0.0115 m / +0.0103 m
RMSE	0.00944 m (≈ 9.4 mm)
Desviación estándar	0.00944 m

Un RMSE de 9.4 mm es un resultado excelente para un levantamiento de este tipo, comparable e incluso mejor que el RMSE de 2.08 cm validado en el corredor principal. La diferencia de altitud promedio prácticamente nula (−0.000012 m) confirma que no existe un sesgo sistemático (offset constante) entre la nube y el control — es decir, el error no está "corrido" hacia arriba o abajo de forma pareja, sino que se distribuye de forma aleatoria y pequeña entre los 4 puntos, la firma de un buen ajuste geométrico y una correcta conversión de alturas al geoide.

5.3 Densidad de nube de puntos

La densidad de puntos por metro cuadrado determina el nivel de detalle que puede extraerse de la nube. Sobre la nube final fusionada y recortada a los límites del proyecto en LiDAR360 (cloud_merged_CutResult_16_13_27.LiData), se obtuvo:

Parámetro	Valor
N° de puntos	49 630 309
Área cubierta	24 252 m²
Densidad máxima	18 127 pts/m²
Densidad promedio	2 046.44 pts/m²

Esta densidad corresponde a la nube ya recortada a los límites reales del sector (24 252 m², frente a los 47 540 m² del área bruta de vuelo reportada por DJI Terra), y supera ampliamente cualquier estándar mínimo exigido a las escalas de trabajo habituales del proyecto (16 pts/m² a 1:500).

5.4 Productos 2D

El GSD (Ground Sample Distance, o resolución de terreno) indica qué distancia real en el terreno representa cada píxel del ortomosaico, a menor valor, mayor nivel de detalle visual.

Parámetro	Valor
GSD (ortomosaico)	2.83 cm/px
Área cubierta	0.04754 km²
Formato ortomosaico	GeoTIFF
Formato nube de puntos	PNTS (visualización) | LAS 1.4 (entrega)

6. Procesamiento LiDAR360 — Post-Proceso de Nube

Sobre la nube exportada de DJI Terra —que ya sale en altura ortométrica GEOCOL2004, según la conversión descrita en la sección 4— se aplicó el mismo flujo estándar de post-proceso usado en el corredor principal, con dos operaciones:

- Suavizado (Smooth Points): sobre la clase 2 (terreno), tipo Elevación, con radio de búsqueda de 0.5 m y distancia máxima de ajuste de 0.1 m. Esta operación reduce el ruido vertical natural de la nube (pequeñas variaciones de pocos centímetros entre puntos vecinos que en realidad deberían estar sobre la misma superficie), mejorando la calidad de la clasificación de suelo sin desplazar la geometría real del terreno.
- Submuestreo (Subsampling): espaciado mínimo de puntos de 0.15 m, para homogeneizar la densidad de la nube y reducir el volumen de datos a un tamaño manejable, sin sacrificar el nivel de detalle necesario — valor ajustado para mantener consistencia con el resto de sectores del contrato, donde se usó el mismo espaciado.

Dado que el levantamiento consta de un único grupo de vuelo (las 2 franjas pertenecen al mismo dataset de captura, no a misiones separadas) con 100% de solución Fixed tanto en POS como en PPK, y un RMSE de control de apenas 9.4 mm, no se consideró necesario aplicar el proceso de Strip Alignment (alineación entre franjas de vuelo) ni una validación adicional de exactitud dentro de LiDAR360.

7. Entregables Generados

Esta sub-entrega se organiza en 5 carpetas:

Carpeta	Contenido — K8+181 - K8+612
DATOS_GNSS	BaseH/GPS2-TH + GCP1-4 (crudos y procesados, CSV, GPX)
ESQUEMAS	DEM (GeoTIFF) + Ortomosaico (GeoTIFF), EPSG:9377, superficie procesada en Civil 3D (cartografía de vía, drenajes, catastro).
HOJAS_DE_CAMPO	Hojas de campo de GPS2-TH y GCP1-4
IMAGENES	Registro fotográfico — materialización de GPS2-TH y GCP1-4
INFORME	Quality Report DJI Terra + este apéndice

9. Conclusiones

- La red geodésica del sector K8+181 – K8+612 (GPS2-TH + GCP1-GCP4) quedó amarrada al corredor principal a través de GPS3, con Ratio 191.0 en la línea base de la base local.
- La conversión de alturas elipsoidales a ortométricas se realizó con GEOCOL2004, consistente con el corredor principal.
- El vuelo LiDAR (18/07/2026) alcanzó 100% de solución Fixed en POS y PPK, con RMSE de control de 9.4 mm contra los 4 GCP.
- La nube final (LiDAR360) presenta densidad promedio de 2 046.44 pts/m² sobre 24 252 m², muy por encima de los estándares mínimos del proyecto.

• RESPONSABLE TÉCNICO	
Elaboró	Olga Lucía Tello Cuéllar – Topógrafa responsable
Matrícula CPNT	01-2390
Revisó	Equipo Visión LiDAR S.A.S.
Fecha de emisión	Agosto de 2026

VISIÓN LiDAR

APÉNDICE B

Vía Marulanda – San Félix | K5+654 – K5+913

Complemento al Informe Técnico Principal — Contrato MIC-SI-016-2026

Campo	Dato
Contrato	MIC-SI-016-2026 | Gobernación de Caldas – Secretaría de Infraestructura
Contratista	Visión LiDAR S.A.S. | NIT 901.781.518-1
Topógrafa responsable	Olga Lucía Tello Cuéllar (CPNT 01-2390)
Sector	Vía Marulanda – San Félix | Abscisas K5+654 – K5+913 (≈259 m)
Supervisor	Andrés Osorio Bermúdez — Secretaría de Infraestructura

1. Objeto

Este apéndice documenta la red geodésica, el procesamiento LiDAR aéreo y los productos generados para el sector K5+654 – K5+913 de la vía Marulanda – San Félix (≈259 m de longitud), uno de los dos tramos menores a 1 km de este levantamiento, complementarios al corredor principal San Félix–Marulanda (4 km, K10+970–K15+000), cuyo informe técnico se referencia como documento principal. La metodología, equipos y flujo de procesamiento aplicados en este sector son consistentes con los del corredor principal y con el sector K8+181–K8+612 (Apéndice A), ajustados a la escala menor del tramo. Referencia interna de campo de este sector: TramoVirgen.

2. Metodología General

La ejecución del levantamiento integró observación GNSS estática de precisión (para establecer el punto de red del sector y los puntos de control) con tecnología LiDAR aerotransportada mediante dron (para la nube de puntos y productos de terreno), replicando el mismo esquema metodológico validado en el corredor principal y en el sector K8+181–K8+612.

2.1 Procedimiento de campo

El 18 de julio de 2026 se materializó y observó el punto de red GPS1-TV ("GPSVirgen") mediante ocupación estática de media duración (36 min 29 s), simultánea con la observación de los puntos de control GCP2 y GCP4 mediante sesiones estáticas cortas (~8 minutos cada una), todas amarradas a la base GPS2-TH ("Base Héctor") ya establecida para el sector K8+181–K8+612. A diferencia de ese sector, este tramo no cuenta con una base local propia: todos sus puntos se procesaron como líneas base directas contra GPS2-TH, incorporando así el sector a la misma cadena de referencia (GPS3 → GPS2-TH → TramoVirgen). El vuelo LiDAR aerotransportado del sector se ejecutó también el 18 de julio de 2026.

Durante el levantamiento de campo se observaron dos puntos de control (GCP2 y GCP4), con GPS1-TV ubicado a 43.8–44 m de ambos. Dado el tamaño reducido del sector (≈259 m) y teniendo en cuenta que

estos dos puntos están bien determinados, es suficiente contar con ellos para un ajuste geométrico confiable a esta escala.

2.2 Equipos utilizados

Para las observaciones GNSS estáticas se emplearon receptores FOIF A90 y Emlid Reach RS2, ambos multiconstelación de doble frecuencia (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou), con capacidad de posicionamiento estático y RTK/PPK. Para el levantamiento LiDAR aerotransportado se utilizó el sensor DJI Zenmuse L2 montado sobre la plataforma DJI Matrice 350 RTK — la misma combinación sensor/plataforma empleado en el corredor principal y en K8+181–K8+612.

Equipo	Función en este sector
Emlid Reach RS2	Observación estática — GPS1-TV
FOIF A90	Observación estática — GCP2, GCP4
DJI Matrice 350 RTK + Zenmuse L2 (SN: 6U3DM65005KR07)	Levantamiento LiDAR aerotransportado

3. Red Geodésica

La red geodésica de este sector es una red local de un solo nivel: el punto GPS1-TV y los puntos de control GCP2 y GCP4 se amarraron directamente a la base GPS2-TH del sector vecino (K8+181–K8+612), en lugar de establecer una base local propia. Esta decisión es coherente con la corta longitud del tramo y la cercanía a GPS2-TH (~1.5 km), evitando una ocupación estática adicional de larga duración.

3.1 Punto de red — GPS1-TV ("GPSVirgen")

El punto de red del sector se identificó en campo como "GPSVirgen". La placa de materialización en campo está físicamente rotulada "GPS1"; en este documento se referencia como GPS1-TV para diferenciarlo explícitamente del punto GPS1 de la red del corredor principal, con el cual no guarda ninguna relación física ni de coordenadas — son dos mojones distintos que coinciden solo en el nombre de placa.

GPS1-TV fue procesado como línea base estática contra GPS2-TH ("Base Héctor"), ya determinada en el sector K8+181–K8+612:

Parámetro	Valor
Receptor	Emlid Reach RS2
Ocupación	18/07/2026, 16:18:40 – 16:55:09 GPST (36 min 29 s)
Base de referencia	GPS2-TH (BaseH)
Distancia a GPS2-TH	1,551.5 m horizontal | Δh −51.6 m
Solución	Fixed | 5 satélites | Ratio 5.0
Coordenada resultante (WGS84)	Lat 5.285389034° | Lon −75.293105819° | h 2858.1506 m

3.2 Puntos de control adoptados (GCP2, GCP4)

Ambos puntos se procesaron como líneas base directas contra GPS2-TH, con sesiones estáticas de ~8 minutos:

Punto	Equipo	Ratio	Satélites	Dist. a GPS2-TH
GCP2	FOIF A90	8.1	5	1,510.2 m
GCP4	FOIF A90	4.7	5	1,464.0 m

Ambos alcanzaron solución Fixed (Q=1). GCP4 presenta un Ratio más ajustado (4.7) que GCP2 (8.1), pero ambos están por encima del umbral mínimo del proyecto y fueron posteriormente validados mediante el control de calidad de la reconstrucción LiDAR (sección 5.2).

4. Conversión de Alturas — Geoide

Al igual que en el sector K8+181–K8+612, las alturas elipsoidales obtenidas en el postproceso GNSS se convirtieron a ortométricas mediante el modelo geoidal oficial GEOCOL2004 del IGAC. Para este sector, la ondulación geoidal (N) se verificó puntualmente mediante muestreo del raster GEOCOL2004 en las coordenadas de cada punto, confirmando un valor prácticamente constante en la zona (N≈30.43 m):

Punto	h elipsoidal WGS84 (m)	N — GEOCOL2004 (m)	H ortométrica (m)
GPS1-TV	**2858.1506**	**30.43284751**	**2827.717752**
GCP2	**2860.5234**	**30.43374523**	**2830.089655**
GCP4	**2863.5497**	**30.43676656**	**2833.112933**

Configuración de salida en DJI Terra (idéntica al sector K8+181–K8+612):

Campo	Valor
Horizontal	MAGNA-SIRGAS / Origen-Nacional (EPSG:9377)
Geoide	Geocol2004.tif — malla GTG importada

5. Levantamiento LiDAR Aéreo

El levantamiento LiDAR aerotransportado se ejecutó con el sensor DJI Zenmuse L2 (SN: 6U3DM65005KR07), montado sobre plataforma DJI Matrice 350 RTK, procesado en DJI Terra.

5.1 Equipo y parámetros de vuelo

Parámetro	Valor
Sensor	DJI Zenmuse L2 (SN: 6U3DM65005KR07)
Plataforma	DJI Matrice 350 RTK
Modo de vuelo	Terrain Follow
Altura de vuelo	95.22 m sobre el terreno
Velocidad promedio	4.12 m/s

Parámetro	Valor
Franjas de vuelo	2
Traslape promedio	80.78 %
POS Status (Fix)	100.00 %
PPK Status (Fix)	100.00 %
Cálculo POS	Local PPK
Duración total de reconstrucción (DJI Terra)	9 min 5 s

Los indicadores de vuelo (traslape, consistencia de velocidad 0.31 %, curvatura de franja 0.14°) están dentro de rango óptimo.

5.2 Control de calidad de la nube — puntos de control

El control de calidad interno de DJI Terra compara, en cada uno de los 2 GCP adoptados, la altura reconstruida por la nube LiDAR contra la altura de control corregida a ortométrica (sección 4):

Métrica	Valor
Cantidad de GCP	2
Diferencia de altitud promedio	0.000000 m
Diferencia de altitud mín. / máx.	−0.0125 m / +0.0125 m
RMSE	0.012506 m (≈ 12.5 mm)
Desviación estándar	0.017686 m

Un RMSE de 12.5 mm es un resultado sólido, comparable al del sector K8+181–K8+612 (9.4 mm). La diferencia de altitud promedio nula confirma ausencia de sesgo sistemático entre la nube y el control.

5.3 Densidad de nube de puntos

Sobre la nube final fusionada y recortada a los límites reales del sector en LiDAR360 (cloud_merged_CutResult_11_11_44.LiData), se obtuvo:

Parámetro	Valor
N° de puntos	27,292,234
Área cubierta	14,249 m²
Densidad máxima	17,967 pts/m²
Densidad promedio	1,915.38 pts/m²

Esta densidad corresponde a la nube ya recortada a los límites reales del sector, y supera ampliamente cualquier estándar mínimo exigido a las escalas de trabajo habituales del proyecto (16 pts/m² a 1:500).

VISIÓN LIDAR

6. Procesamiento LiDAR360 — Post-Proceso de Nube

Sobre la nube exportada de DJI Terra —que ya sale en altura ortométrica GEOCOL2004, según la conversión descrita en la sección 4— se aplicó el mismo flujo estándar de post-proceso usado en el corredor principal y en K8+181–K8+612, con dos operaciones:

- Suavizado (Smooth Points): sobre la clase 2 (terreno), tipo Elevación, con radio de búsqueda de 0.5 m y distancia máxima de ajuste de 0.1 m.
- Submuestreo (Subsampling): espaciado mínimo de puntos de 0.15 m, ajustado para mantener consistencia con el resto de sectores del contrato.

Dado que el levantamiento consta de un único grupo de vuelo con 100 % de solución Fixed en POS y PPK, y un RMSE de control de 12.5 mm, no se consideró necesario aplicar Strip Alignment ni una validación adicional de exactitud dentro de LiDAR360.

7. Entregables Generados

Esta sub-entrega se organiza en 5 carpetas:

Carpeta	Contenido — K5+654 - K5+913
DATOS_GNSS	GPS1-TV + GCP2, GCP4 adoptados (crudos y procesados, CSV, GPX). Se conservan también los crudos de GCP1 y GCP3, no adoptados, con nota de exclusión.
ESQUEMAS	DEM, ortomosaico y superficie Civil 3D, Cartografía
HOJAS_DE_CAMPO	Hojas de campo de GPS1-TV, GCP2 y GCP4
IMAGENES	Registro fotográfico — materialización de GPS1-TV, GCP2 y GCP4
INFORME	Quality Report DJI Terra + este apéndice

9. Conclusiones

- La red geodésica del sector K5+654 - K5+913 (GPS1-TV + GCP2, GCP4) quedó amarrada directamente a GPS2-TH, sin base local propia, con Ratio 5.0 en la línea base del punto de red.
- La conversión de alturas elipsoidales a ortométricas se realizó con GEOCOL2004 (N≈30.43 m, verificado puntualmente por muestreo de raster), consistente con el resto del proyecto.
- El vuelo LiDAR (18/07/2026) alcanzó 100 % de solución Fixed en POS y PPK, con RMSE de control de 12.5 mm contra los 2 GCP adoptados — una corrección respecto a una corrida previa donde los GCP se cargaron erróneamente en altura elipsoidal.
- La nube final (LiDAR360) presenta densidad promedio de 1,915.38 pts/m² sobre 14,249 m², muy por encima de los estándares mínimos del proyecto.

VISIÓN LiDAR

RESPONSABLE TÉCNICO	
Elaboró	Olga Lucía Tello Cuéllar – Topógrafa responsable
Matrícula CPNT	01-2390
Revisó	Equipo Visión LiDAR S.A.S.
Fecha de emisión	Agosto de 2026

VISION LiDAR S.A.S.

Levantamiento LiDAR y Monitoreo Geodésico de Grietas

INFORME TÉCNICO

Monitoreo de Grietas en Piso Urbano — Corregimiento de Arma

(evento sísmico, agosto de 2026)

Elaboró: Olga Lucía Tello Cuéllar – Matrícula CPNT 01-2390
Revisó: Visión LiDAR S.A.S. – Equipo técnico
Fecha de emisión: Agosto de 2026

Contenido

Contenido 2
1. Objetivo y Alcance 4
2. Descripción de Equipos 4
2.1 Equipos de posicionamiento satelital (GNSS) 4
2.2 Equipo LiDAR aéreo 5
2.3 Equipo LiDAR terrestre (SLAM) 5
2.4 Accesorios de campo 5
3. Metodología de Campo 5
3.1 Reconocimiento con supervisor 6
3.2 Planificación de la red de apoyo 6
3.3 Procedimiento de observación GNSS 6
3.4 Ejecución del vuelo LiDAR aéreo y del recorrido SLAM 7
3.5 Caracterización de grietas — testigos locales 7
3.6 Controles de calidad en campo 7
4. Red Geodésica de Apoyo (Mojones GPS y GCP) 8
4.1 Mojón de referencia — Naranjal2 8
4.2 Mojón de reocupación — GPS Arma 9
4.3 Puntos de apoyo terrestre — GCP1 a GCP6 10
4.4 Procesamiento y ajuste de la red en LTOP 12
5. Coordenadas Finales de la Red 13
5.1 Mojones principales 14
5.2 Puntos de apoyo — primera ocupación (día 1) 14
5.3 Comparación primera ocupación vs. ajuste final (control de calidad) 14
5.4 Coordenadas finales ajustadas (LTOP4GeoSuite) — MAGNA-SIRGAS / Origen Nacional 15
6. Levantamiento LiDAR Aéreo — Parámetros de Vuelo 16
6.1 Plan de vuelo 17
6.2 Parámetros del sensor LiDAR 18
6.3 Control de calidad de la trayectoria de vuelo 18
6.4 Procesamiento y tiempos de reconstrucción 18
7. Levantamiento LiDAR de Mano (LiGrip) 19
7.1 Corrección GNSS de la trayectoria (DGNSS / PPK) 19

7.2 Cadena de procesamiento SLAM 20
8. Nube de Puntos y Control de Calidad 21
8.1 Nube aérea (DJI Terra) 21
8.2 Nube terrestre (LiDAR360MLS) 22
9. Productos de Terreno 22
9.1 Productos cartográficos del levantamiento aéreo 22
9.2 Caracterización de grietas 23
10. Entregables Finales 24
10.1 Formatos y especificaciones técnicas 24
10.2 Estructura de entrega 24
11. Conclusiones 24

1. Objetivo y Alcance

El presente informe técnico documenta los trabajos de levantamiento geoespacial y monitoreo geodésico ejecutados por Visión LiDAR S.A.S. en el casco urbano del corregimiento de Arma, jurisdicción del municipio de Manizales (Caldas), a raíz de un evento sísmico ocurrido en agosto de 2026 que generó la aparición de grietas visibles en el piso (vías, andenes y superficies de concreto) del área urbana.

El objetivo principal es establecer una línea base geodésica y fotográfica de doce (12) grietas identificadas, con el fin de detectar y cuantificar posibles movimientos, aperturas o desplazamientos posteriores mediante una segunda visita de verificación programada ocho (8) días después de la primera. El alcance del trabajo comprende:

- Establecimiento de una red geodésica de apoyo (mojones de control y puntos de apoyo terrestre) para garantizar la trazabilidad espacial de las mediciones entre visitas.
- Caracterización individual de cada grieta mediante puntos de control locales (testigos) medidos con instrumentos de alta precisión (flexómetro de metal), que permiten detectar cambios milimétricos independientes de la precisión del posicionamiento satelital.
- Levantamiento LiDAR aéreo con dron para la generación de un modelo de elevación general de la zona urbana afectada.
- Levantamiento LiDAR terrestre mediante escáner láser portátil (SLAM) para la captura densa y detallada del entorno inmediato a las grietas.
- Documentación fotográfica y georreferenciada de cada punto de control y de cada grieta caracterizada.

Este documento corresponde al informe de la Visita 1 (día 1 y día 2 de campo). Los resultados de la Visita 2 (control de movimiento a +8 días) se documentarán en un informe complementario o en una actualización de este mismo documento, según se defina con el contratante.

2. Descripción de Equipos

Para la ejecución de los trabajos se emplearon los siguientes equipos, todos pertenecientes al inventario técnico de Visión LiDAR S.A.S.:

2.1 Equipos de posicionamiento satelital (GNSS)

Receptor GNSS: equipo que recibe señales de satélites (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou) para calcular una posición geográfica precisa. Se utilizaron dos modelos:

- Emlid Reach RS2 — receptor multibanda utilizado para la base geodésica principal (mojón Naranjal2) y para el primer establecimiento del mojón GPS Arma.
- FOIF A90 — receptor multibanda utilizado para la totalidad de los puntos de apoyo (GCP) y para la segunda ocupación del mojón GPS Arma.

2.2 Equipo LiDAR aéreo

- Dron DJI Matrice 350 RTK, plataforma multirrotor de uso profesional con posicionamiento RTK integrado.
- Sensor Zenmuse L2 — unidad LiDAR aérea que combina escáner láser y cámara RGB, montada en el dron para la captura de nubes de puntos de alta densidad.

2.3 Equipo LiDAR terrestre (SLAM)

SLAM (Simultaneous Localization and Mapping): tecnología que permite a un escáner láser portátil construir un mapa tridimensional del entorno mientras calcula su propia trayectoria en tiempo real, sin necesidad de GPS continuo. Es ideal para espacios donde el dron no puede volar con suficiente detalle (calles estrechas, bajo cubierta vegetal, interiores).

- LiGrip O2 Lite — escáner láser portátil tipo SLAM, utilizado para el recorrido peatonal de las calles del casco urbano de Arma.

2.4 Accesorios de campo

- Trípodes y bastones/bípodes con nivel esférico, para el montaje estable de las antenas GNSS sobre los puntos de control.
- Dianas de puntería en blanco y negro (targets), utilizadas como referencia visual y de centrado sobre cada mojón.
- Flexómetro de metal de precisión milimétrica, empleado para la medición local del ancho de cada grieta entre testigos fijos.
- Puntillas y tornillos de acero, utilizados como testigos fijos embebidos en el pavimento a lado y lado de cada grieta.

3. Metodología de Campo

La metodología aplicada busca separar dos problemas de naturaleza distinta que suelen confundirse en trabajos de monitoreo: la ubicación geográfica aproximada de cada grieta (para poder volver exactamente al mismo sitio en visitas futuras) y la medición de alta precisión de su posible movimiento (que no depende del GNSS, sino de una medición mecánica local). A continuación se describe el procedimiento paso a paso.

3.1 Reconocimiento con supervisor

Previo al inicio de las mediciones, se realizó un recorrido de reconocimiento por el casco urbano de Arma en compañía del supervisor asignado, con el fin de identificar visualmente la totalidad de las grietas existentes, priorizar su orden de intervención según accesibilidad y relevancia, y definir los sitios más adecuados para el establecimiento de los mojones de la red de control (zonas con buena visibilidad satelital y materiales estables donde anclar las puntillas de referencia).

3.2 Planificación de la red de apoyo

Red geodésica de apoyo: conjunto de puntos fijos y materializados en el terreno (mojones) cuyas coordenadas se determinan con alta precisión, y que sirven como referencia fija para amarrar (georreferenciar) el resto del levantamiento — tanto la nube de puntos LiDAR como la posición de cada grieta.

Se definió una red compuesta por una base geodésica externa (alejada de las grietas, en un mojón nuevo y estable), un mojón de reocupación cercano al casco urbano, y seis (6) puntos de apoyo terrestre (GCP) distribuidos estratégicamente en el área de trabajo. Se descartó la opción de utilizar exclusivamente el levantamiento LiDAR aéreo para el detalle de las grietas, dado que su resolución de punto no resulta suficiente para captar aperturas milimétricas; en su lugar, el detalle fino se obtuvo con el escáner SLAM (LiGrip) por su mayor densidad de puntos a corta distancia.

3.3 Procedimiento de observación GNSS

Estático rápido: método de observación GNSS en el que el receptor permanece inmóvil sobre un punto durante un periodo corto (minutos) para luego calcular su posición en oficina mediante post-proceso contra una base conocida. Se usa en puntos de apoyo (GCP) donde no se requiere la máxima precisión posible pero sí una posición confiable.

Estático (largo): misma técnica anterior, pero con sesiones de varias horas, empleada quIndo se busca la mayor precisión posible — típicamente para establecer mojones de la red principal.

RTK (Real-Time Kinematic): técnica de posicionamiento satelital que corrige la señal del receptor en tiempo real usando las correcciones transmitidas por una base cercana, entregando precisión centimétrica de forma instantánea en campo.

El procedimiento de observación aplicado fue el siguiente:

- Mojón Naranjal2: ocupado en estático largo durante toda la jornada del día 1 (~7 h) como base fija de referencia para el post-proceso de los demás puntos.

- Mojón GPS Arma: construido el día 1 (placa de centrado embebida en concreto fresco), ocupado inicialmente en RTK (5 min 30 s) y posteriormente en estático largo (3 h 36 min) contra Naranjal2. El día 2 se reocupó como base local, transmitiendo correcciones en tiempo real durante 3 h 12 min para las labores de esa jornada.
- Puntos de apoyo GCP1 a GCP6: cada uno ocupado en estático rápido (8 a 11 minutos) el día 1, procesado contra la base GPS Arma (o contra Naranjal2 en el caso puntual de GCP5, según se detalla en el numeral 4).
- Segunda ocupación de los GCP: siguiendo el criterio de control de calidad habitual de Visión LiDAR, cada punto de apoyo se volvió a ocupar en una sesión independiente el día 2 (estático rápido, 8 minutos), procesada contra la base GPS Arma del día 2. Esta doble medición permite detectar cualquier valor atípico (outlier) antes de fijar las coordenadas definitivas de la red.

Criterios de aceptación: se exige que cada solución de post-proceso alcance calidad fijada ("FIX", identificada como Q=1 en los archivos de resultado), con una relación de ambigüedad (ratio) preferiblemente superior a 3, indicador de la confiabilidad estadística de la solución entera. Soluciones en modo flotante ("FLOAT", Q=2) se consideran no aptas y se reprocesan contra una base alterna, como ocurrió en el punto GCP5 (ver numeral 4).

3.4 Ejecución del vuelo LiDAR aéreo y del recorrido SLAM

El vuelo LiDAR aéreo se ejecutó con el dron DJI Matrice 350 RTK y el sensor Zenmuse L2 sobre el área urbana de Arma, con despegue y aterrizaje controlado desde una vía interna del casco urbano mediante helipad portátil. El recorrido con el escáner terrestre LiGrip O2 Lite se realizó a pie por las calles del pueblo, en modalidad SLAM, procurando cerrar bucles (loop closure) en el recorrido para minimizar el error de deriva (drift) acumulado propio de esta tecnología.

3.5 Caracterización de grietas — testigos locales

Para cada grieta identificada se estableció un par de testigos fijos (puntillas o tornillos de acero) embebidos en el pavimento: uno en el extremo de apertura más angosta de la grieta y otro en el extremo de apertura más ancha. La distancia entre cada par de testigos se mide con flexómetro de metal de precisión milimétrica en cada visita, sin mover ni modificar los testigos de la visita anterior — en la siguiente visita se establece un nuevo par junto al anterior, conservando así un registro histórico completo de la evolución de cada grieta. Adicionalmente, se capturó la posición aproximada (geopoint) de cada grieta mediante formulario digital Survey123, y fotografías de cada extremo, con el único propósito de poder relocalizar el sitio exacto en visitas futuras — no de medir el movimiento, función que corresponde exclusivamente a la medición mecánica con flexómetro.

3.6 Controles de calidad en campo

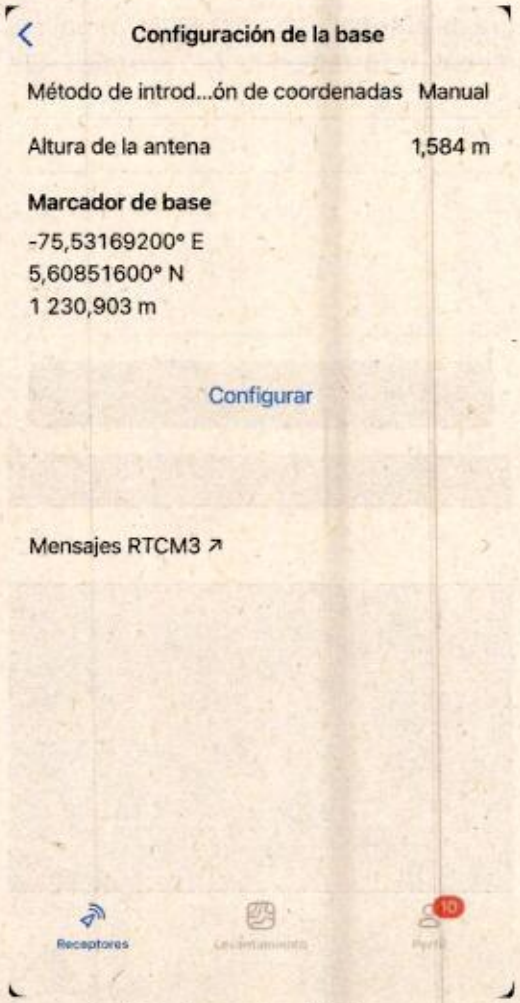
- Verificación de estado FIX sostenido durante las sesiones RTK antes de aceptar cualquier lectura como válida.
- Nivelación esférica de cada trípode/bastón antes de iniciar la observación en cada punto.
- Registro fotográfico de cada montaje (antena, diana, entorno) como evidencia de trazabilidad.
- Reprocesamiento contra base alterna en los casos donde la solución inicial no alcanzó calidad FIX (ver GCP5, numeral 4).

4. Red Geodésica de Apoyo (Mojones GPS y GCP)

La red de apoyo del proyecto está compuesta por ocho (8) puntos: un mojón de referencia externo (Naranjal2), un mojón de reocupación construido específicamente para este proyecto (GPS Arma), y seis (6) puntos de apoyo terrestre (GCP1 a GCP6) distribuidos en el área urbana de interés.

4.1 Mojón de referencia — Naranjal2

Naranjal2 es un mojón preexistente, ubicado a distancia prudente del área de grietas, seleccionado por su buena visibilidad satelital y estabilidad del terreno. Se ocupó en modo estático largo (~7 horas) durante toda la jornada del día 1, funcionando como base fija para el post-proceso diferencial de los demás puntos de la red (ver numeral 4.4 para la explicación del método diferencial).



Fotografía 1. Configuración de la base Naranjal2 en Emlid Flow — altura de antena 1,584 m, coordenadas del marcador de base.

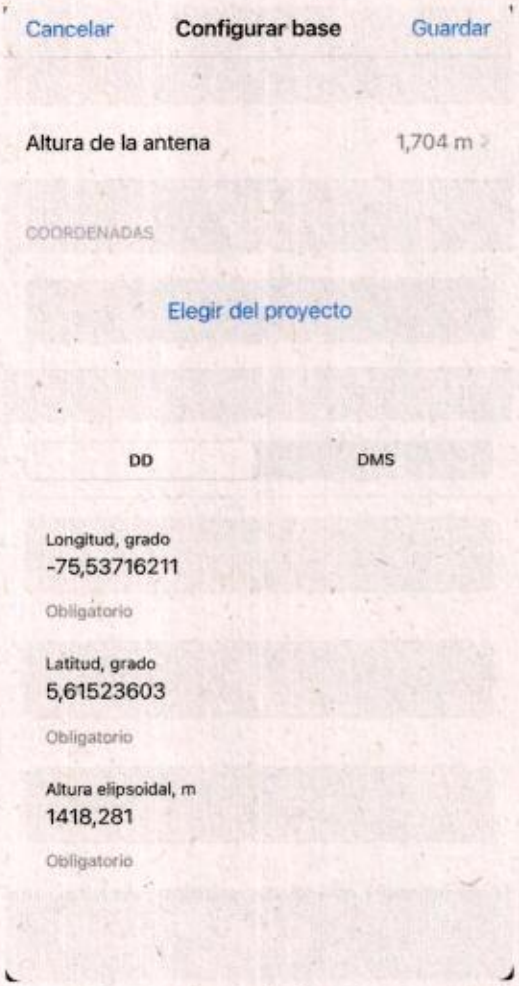
4.2 Mojón de reocupación — GPS Arma

Dada la distancia entre Naranjal2 y el casco urbano de Arma, se decidió construir un mojón nuevo más cercano al área de trabajo, que sirviera como punto de amarre intermedio y, en la segunda jornada, como base local propia transmitiendo correcciones RTK. El mojón se materializó mediante una placa metálica de centrado embebida en concreto fresco, ubicada junto a la vía de acceso al casco urbano de Arma.

El mojón GPS Arma fue ocupado en tres momentos:

- Día 1, RTK: sesión corta de verificación (5 min 30 s) con receptor Emlid RS2, altura de antena 1,501 m.
- Día 1, estático largo: sesión de 3 h 36 min con el mismo receptor y altura de antena, post-procesada contra Naranjal2 — solución oficial del mojón.

- Día 2, base local: reocupación con receptor FOIF, altura de antena 1,704 m (1,570 m medidos con flexómetro + 0,134 m de offset interno de antena), transmitiendo correcciones RTK durante 3 h 12 min para las labores de esa jornada.



Fotografía 3. Configuración de GPS Arma como base, día 2 — coordenadas y altura de antena (1,704 m) cargadas en Emlid Flow, coincidentes con la solución post-procesada del día 1.

4.3 Puntos de apoyo terrestre — GCP1 a GCP6

Los seis puntos de apoyo se distribuyeron por el casco urbano de Arma, cubriendo distintos sectores del área de interés: frente a la estación de Policía, junto a una institución educativa, en calles internas del pueblo y en zona rural de transición. Todos se materializaron con diana de puntería blanco y negro sobre trípode, y se ocuparon con receptor FOIF A90, altura de antena estándar de 2,000 m (2,0689 m según el delta de antena reportado en el archivo RINEX, que corresponde a la altura física más el offset interno del receptor).



Fotografía 6a. GCP3 — detalle del nivel esférico y sistema de sujeción de la antena FOIF.



Fotografía 6b. GCP3 — puntería sobre la marca en ajedréz de punto de control.



4.4 Procesamiento y ajuste de la red en LTOP

LTOP: software especializado de ajuste de redes geodésicas (compensación por mínimos cuadrados), utilizado de forma estándar en los proyectos de Visión LiDAR para consolidar observaciones GNSS redundantes en un único conjunto de coordenadas finales, con su correspondiente estimación de precisión estadística.

El procesamiento de la red geodésica de Arma se realizó en dos etapas: primero el post-proceso diferencial de cada observación individual (línea base) en el software del fabricante del receptor (Emlid Studio para las observaciones Emlid RS2, y el procesador del fabricante para las observaciones FOIF), y posteriormente el ajuste conjunto de toda la red en LTOP, siguiendo el flujo estándar aplicado en los demás proyectos de la compañía (por ejemplo, la red de 15 puntos del corredor San Félix–Marulanda).

Línea base (baseline): vector tridimensional que conecta dos receptores GNSS observando simultáneamente (una base fija y un punto móvil o rover), calculado mediante la diferencia de las señales satelitales recibidas por ambos equipos. Es la unidad fundamental de cálculo en el posicionamiento diferencial GNSS.

Cada punto de la red de Arma se procesó como una línea base independiente respecto a una base conocida (Naranjal2 o GPS Arma, según el caso), obteniendo para cada una un indicador de calidad (Q) y una relación de ambigüedad (ratio) que refleja qué tan confiable es la resolución entera de las ambigüedades de fase — el parámetro técnico central que distingue una solución centimétrica (FIX) de una solución solo aproximada (FLOAT).

El objetivo del ajuste en red mediante LTOP es aprovechar la redundancia introducida por la doble ocupación de los seis puntos GCP (una observación el día 1 y otra independiente el día 2) para:

- Detectar y aislar estadísticamente cualquier observación con error grosero (blunder) antes de fijar las coordenadas definitivas.
- Compensar las pequeñas discrepancias naturales entre observaciones repetidas, distribuyendo el error de forma óptima según la teoría de mínimos cuadrados.
- Obtener una estimación formal de la precisión de cada punto de la red (elipses de error), útil para respaldar técnicamente la confiabilidad del amarre entre las dos visitas de monitoreo.

A la fecha de este informe se cuenta con las coordenadas de la primera ocupación de los seis GCP (día 1) y con la segunda ocupación de GCP1 y GCP2 (día 2), cuya comparación preliminar se presenta en el numeral 5.3. El ajuste formal en LTOP4GeoSuite (v2023.1.0) se ejecutó sobre la red conformada por GCP1, GCP2, GCP4, GCP5, GCP6 y GPS Arma (24 observaciones planimétricas y 12 altimétricas), quedando resuelto con los siguientes resultados estadísticos:

Componente	Error medio máximo	Prueba estadística (Chi-cuadrado, 1σ)
Planimetría	7,5 mm	Pasado — todas las observaciones dentro de tolerancia
Altimetría	29,6 mm	Pasado — todas las observaciones dentro de tolerancia

Elipse de error: representación gráfica de la incertidumbre posicional de un punto ajustado, cuyos semiejes reflejan la desviación estándar máxima y mínima en el plano horizontal. Todos los puntos de la red arrojaron una elipse de error de 7,51 mm (semieje mayor y menor iguales, es decir, precisión uniforme en todas las direcciones) y un error de altura de 29,57 mm.

El punto GCP3 no fue incluido en este ajuste formal en red, dado que solo cuenta con una ocupación (día 1); su coordenada se reporta de forma independiente, sin compensación estadística, en el numeral 5.4.

5. Coordenadas Finales de la Red

A continuación se presentan las coordenadas obtenidas para cada punto de la red geodésica. Los puntos de apoyo (GCP1–GCP6) y GPS Arma ya cuentan con su coordenada definitiva ajustada, en MAGNA-SIRGAS / Origen Nacional con altura ortométrica (geoide GEOCOL2004) — ver numeral 5.4. Naranjal2, al ser únicamente el mojón de referencia externo utilizado para el post-

proceso diferencial (no un punto de entrega del proyecto), se reporta solo en WGS84 con altura elipsoidal.

5.1 Mojones principales

Punto	Rol	Receptor	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura elipsoidal (m)
Naranjal2	Base día 1	Emlid RS2	5,60851600	-75,53169200	1230,9035
GPS Arma	Rover d1 / Base d2	Emlid RS2 / FOIF	5,61523603	-75,53716212	1418,2810

5.2 Puntos de apoyo — primera ocupación (día 1)

GCP	Base usada	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura elip. (m)	Q	Ratio
GCP1	GPS Arma	5,61560012	-75,53979902	1437,2695	FIX	5.3
GCP2	GPS Arma	5,61515968	-75,53708172	1414,4697	FIX	999.7
GCP3	GPS Arma	5,61501388	-75,54057611	1436,9603	FIX	177.3
GCP4	GPS Arma	5,61244208	-75,53984403	1420,5112	FIX	44.3
GCP5	Naranjal2 *	5,61302541	-75,53840132	1404,3170	FIX	29.8
GCP6	GPS Arma	5,61397442	-75,53913686	1414,8861	FIX	3.0

** GCP5: la solución inicial contra GPS Arma resultó en calidad FLOAT (Q=2, ratio 1.1); se adoptó la solución reprocesada contra Naranjal2 (ver numeral 3.7).*

5.3 Comparación primera ocupación vs. ajuste final (control de calidad)

GCP	Día 1, bruto (m)	Día 2, bruto (m)	Δ Altura (cm)	Δ Horizontal aprox.
GCP1	1437,2695	1437,3570	+8,8	~1 cm
GCP2	1414,4697	1414,4960	+2,6	~0,3 cm



Fotografía 3b. Segunda ocupación de GCP1, día 2 — receptor FOIF sobre trípode.

5.4 Coordenadas finales ajustadas (LTOP4GeoSuite) — MAGNA-SIRGAS / Origen Nacional

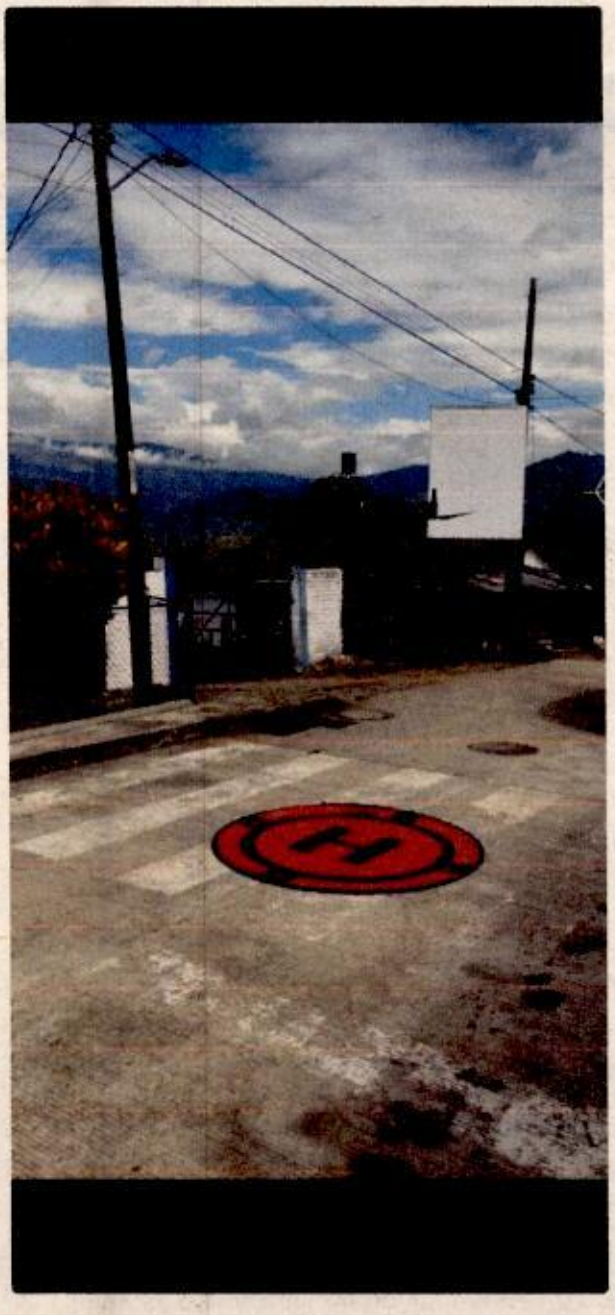
Las siguientes son las coordenadas definitivas de la red, resultado del ajuste formal por mínimos cuadrados en LTOP4GeoSuite (numeral 4.4), en el sistema de proyección MAGNA-SIRGAS / Origen Nacional, con altura ortométrica (geoide GEOCOL2004). GCP3 se reporta por separado al no haber sido incluido en el ajuste en red (única ocupación, día 1).

Punto	Este (m)	Norte (m)	Altura ortométrica (m)	Error planim. (mm)	Error altim. (mm)
GCP1	4719053,750	2179073,880	1387,9895	7,51	29,57
GCP2	4718752,858	2179123,880	1410,8240	7,51	29,57
GCP4	4718746,354	2178774,619	1394,0405	7,51	29,57
GCP5	4718906,500	2178838,448	1377,8650	7,51	29,57
GCP6	4718825,452	2178943,758	1388,4200	7,51	29,57
GPS Arma	4719044,876	2179082,349	1391,7880	—	—

Punto	Este (m)	Norte (m)	Altura ortométrica (m)	Observación
GCP3	4718666,473	2179059,420	1410,4677	Única ocupación (día 1) — no incluido en el ajuste formal en red

6. Levantamiento LiDAR Aéreo — Parámetros de Vuelo

Se ejecutó un vuelo con el dron DJI Matrice 350 RTK y sensor Zenmuse L2 sobre el casco urbano de Arma, con despegue y aterrizaje controlado desde una vía interna mediante helipad portátil. El propósito de este vuelo es generar una cobertura general de contexto del área afectada; dado que la resolución del LiDAR aéreo no resulta suficiente para el detalle milimétrico requerido en las grietas, este levantamiento se complementa con el escaneo terrestre SLAM descrito en el numeral 7.



Fotografía 10. Preparación del vuelo LiDAR aéreo en el casco urbano de Arma.

6.1 Plan de vuelo

AGL (Above Ground Level): altura de vuelo medida respecto al terreno directamente debajo del dron, en lugar de respecto al punto de despegue. Es el parámetro que determina la resolución y densidad de puntos que se puede alcanzar.

El vuelo se ejecutó en 17 líneas de vuelo distribuidas en dos sesiones (Flight 1 y Flight 2), con parámetros diferenciados:

Sesión	Altura AGL	Velocidad	Huella de haz (footprint)
Flight 1	92,3 m	5,63 m/s	110 × 36 mm
Flight 2	140,84 m	5,21 m/s	169 × 56 mm

Huella de haz (beam footprint): tamaño real que ocupa el rayo láser sobre la superficie del terreno en el momento del impacto; a mayor altura de vuelo, mayor huella y por tanto menor capacidad de resolver detalles finos.

6.2 Parámetros del sensor LiDAR

El sensor utilizado fue el Zenmuse L2 (número de serie 6U3DM65005KR07), con los siguientes parámetros de adquisición:

- Campo de visión (FOV): 70° × 75°
- Frecuencia de pulso: 240 kHz
- Frecuencia de escaneo: 1200 kHz
- Modo de escaneo: no repetitivo (non-repetitive scanning), que maximiza la cobertura del área al no repetir el mismo patrón de barrido en escaneos sucesivos.

6.3 Control de calidad de la trayectoria de vuelo

POS (Position and Orientation System): sistema que combina GNSS e IMU (unidad de medición inercial) para determinar de forma continua la posición y orientación exacta del sensor durante el vuelo — es la base para georreferenciar cada punto láser capturado.

- Estado POS: FIX 100% tanto en la solución de aerotriangulación (AT) como en el post-proceso cinemático (PPK), es decir, la totalidad de la trayectoria del dron se resolvió con precisión centimétrica, sin pérdidas de fijación.
- Traslape promedio entre líneas de vuelo: 27,02%.
- Consistencia de velocidad: 0,12% (variación mínima, vuelo estable).
- Curvatura de línea de vuelo: 0,38° (trayectorias rectas, sin desviaciones significativas).

6.4 Procesamiento y tiempos de reconstrucción

El procesamiento se realizó en DJI Terra v5.3.0, con un tiempo total de reconstrucción de 2 horas 25 minutos y 1 segundo, distribuido de la siguiente manera:

Etapa	Duración
Preprocesamiento / Aerotriangulación (AT)	13 min 20 s
Generación de mapa 2D	34 min 2 s
Generación de nube de puntos	1 h 37 min 39 s

7. Levantamiento LiDAR de Mano (LiGrip)

Se realizó un recorrido peatonal con el escáner láser portátil LiGrip O2 Lite (número de serie GVWHGO2L255007) por las calles del casco urbano de Arma, en modalidad SLAM, con el fin de obtener una nube de puntos densa y de alta resolución del entorno inmediato a las grietas caracterizadas. Este levantamiento constituye el insumo principal para la modelación de detalle fino del área afectada, dada su mayor densidad de puntos respecto al levantamiento aéreo.

Durante la planificación del recorrido se dio prioridad al cierre de bucles (loop closure) — es decir, procurar que la trayectoria del operador regrese sobre tramos ya escaneados — como estrategia para minimizar el error de deriva (drift) acumulado, inherente a la tecnología SLAM cuando no se cuenta con corrección satelital continua.

7.1 Corrección GNSS de la trayectoria (DGNSS / PPK)

PPK (Post-Processed Kinematic): técnica de corrección diferencial que, a diferencia del RTK, no requiere enlace de radio en tiempo real: el receptor móvil (en este caso, integrado al mochila/backpack del LiGrip) registra su propia observación cruda, la cual se corrige posteriormente en oficina contra los datos de una base fija, obteniendo una trayectoria de alta precisión.

La trayectoria del recorrido SLAM se corrigió mediante procesamiento DGNSS tipo PPK Backpack en el software LiNav v2.1.4, utilizando como base el mojón GPS Arma (día 2), con las siguientes características:

- Archivo RINEX de base: baseVL_raw_20260819133145.26O, con observaciones entre las 08:32 y las 11:44 (hora local) del 19/08/2026.
- Coordenada de base ingresada manualmente: Lat 5,615236031° N, Lon -75,537162117° E, altura elipsoidal 1418,281 m, altura de antena 1,570 m — coincide exactamente con la solución oficial de GPS Arma reportada en el numeral 5.1.
- Ventana procesada del equipo móvil (rover): aproximadamente entre las 10:42 y las 10:59 (hora local), completamente dentro de la ventana de cobertura de la base.
- Resultado: proceso exitoso, sin errores reportados.

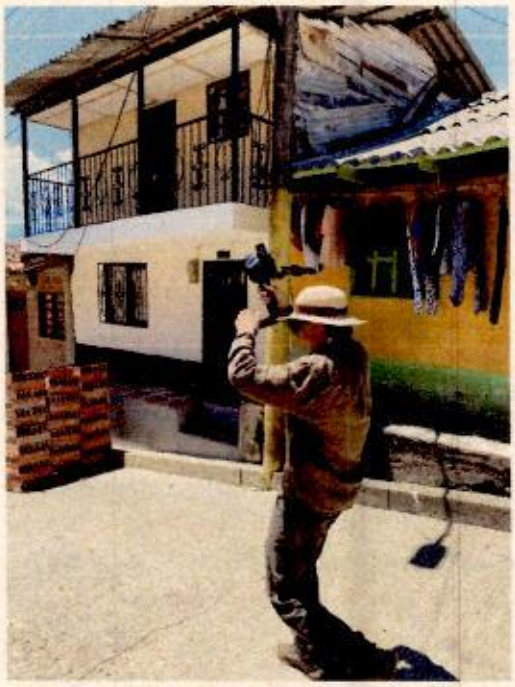
7.2 Cadena de procesamiento SLAM

Una vez corregida la trayectoria GNSS, se ejecutó la siguiente cadena de procesamiento en LiDAR360MLS:

1. Proceso DGNSS — aplicación de la corrección PPK descrita en el numeral 7.1 a la trayectoria completa del recorrido.
2. Cálculo SLAM — generación de la nube de puntos y ajuste de la trayectoria mediante el algoritmo SLAM propio del LiGrip (duración: 5 min 7 s).
3. Filtrado (Filter) — remoción de ruido (Denoising activado) y suavizado (Smoothing activado), sin densificación adicional (Densifying desactivado).
4. Colorización (Colorize) — asignación de color RGB a cada punto a partir del video panorámico capturado. Nota técnica: en la versión de software utilizada, este paso no es independiente, sino que ejecuta un reproceso completo del SLAM junto con la decodificación del video panorámico.



Fotografía 11a. Recorrido con LiGrip O2 Lite — daño estructural visible en cubierta de vivienda, casco urbano de Arma.



Fotografía 11b. Recorrido con LiGrip O2 Lite por calle del casco urbano, con grieta visible en el andén.

8. Nube de Puntos y Control de Calidad

Nube de puntos (point cloud): conjunto masivo de puntos tridimensionales (X, Y, Z), cada uno con su posición exacta en el espacio, generado por un sensor LiDAR. Es el producto base a partir del cual se derivan modelos de superficie, mediciones y planos.

8.1 Nube aérea (DJI Terra)

- Densidad total: 1030,31 pts/m²
- Densidad en clase terreno (ground): 488,96 pts/m²
- Ratio de puntos no conformes: 0,27%–1,29% (nube total) y 2,95%–8,7% (clase terreno), según la escala de grilla evaluada.

RMSE (Root Mean Square Error): raíz del error cuadrático medio; indicador estadístico estándar que resume, en una sola cifra, qué tan cerca están en promedio los valores predichos (en este caso, la altura de la nube LiDAR) respecto a los valores de control conocidos (los GCP medidos por GNSS).

Se utilizaron los seis (6) puntos de apoyo (GCP1 a GCP6) como control de calidad altimétrico de la nube aérea, obteniendo un RMSE global de 1,95 cm y una desviación estándar de 2,14 cm — resultado que confirma una excelente precisión vertical del levantamiento aéreo. Las diferencias individuales por punto fueron:

GCP	Diferencia altimétrica (nube − GNSS)
GCP1	−3,35 cm
GCP2	−1,58 cm
GCP3	+2,15 cm
GCP4	+1,02 cm
GCP5	+1,85 cm
GCP6	−0,09 cm

Adicionalmente, tras el suavizado MLS en LiDAR360 (capa "Smooth Points"), la nube aérea recortada al área de interés (archivo ArmaAerea_CutResult_18_8_2_Smooth Points.LiData) reporta 218.525.454 puntos sobre un área de cobertura de 150.153 m², con una densidad máxima de 10.431 pts/m² y una densidad promedio de 1.455,35 pts/m² — cifras post-proceso, no directamente comparables con la densidad reportada por DJI Terra antes del recorte y suavizado.

8.2 Nube terrestre (LiDAR360MLS)

Outlier (valor atípico): punto aislado que se aparta significativamente de sus vecinos, generalmente producto de ruido del sensor, reflexiones erróneas o interferencias — su remoción es un paso estándar antes de cualquier análisis de la nube de puntos.

Sobre la nube generada por el LiGrip se aplicaron los siguientes filtros de depuración:

- Remoción de valores atípicos (Remove Outliers): 10 puntos vecinos de referencia, con umbral de 5 veces la desviación estándar — un criterio conservador que evita eliminar puntos válidos por error.
- Suavizado (Smooth Points), aplicado sobre la clase terreno (Ground): radio de búsqueda de 0,5 m, distancia máxima de corrección de 0,1 m, en modalidad de suavizado por elevación (Elevation) — mismo criterio de suavizado MLS que Visión LiDAR aplica de forma estándar en sus demás proyectos.

9. Productos de Terreno

9.1 Productos cartográficos del levantamiento aéreo

- GSD (Ground Sample Distance — tamaño de píxel en terreno): 2,78 cm/px.
- Área de cobertura: 0,225387 km².
- Ortomosaico (TDOM — True Digital Orthomosaic): imagen aérea corregida geométricamente, en la que cada píxel refleja su posición real en el terreno.

- Modelo Digital de Superficie (DSM): rango de elevación de 1351 a 1458 m.

Sistema de referencia de salida: MAGNA-SIRGAS / Origen Nacional, con alturas referidas al modelo de geoide GEOCOL2004 — el mismo datum vertical aplicado a la red geodésica de apoyo (numeral 4), garantizando consistencia entre la nube de puntos, los productos cartográficos y la red de control.

9.2 Caracterización de grietas

Se caracterizaron doce (12) grietas en el piso urbano de Arma. Para cada una se estableció un par de testigos fijos (extremo angosto y extremo ancho de la apertura), se registró su posición aproximada mediante formulario digital Survey123, y se documentó fotográficamente. La distancia entre testigos, medida con flexómetro de metal, constituye la línea base de referencia para detectar movimiento en la segunda visita, programada a 8 días.

Testigo: en este contexto, marca física fija (puntilla o tornillo) instalada a lado y lado de una grieta, que permite repetir la misma medición exacta en visitas futuras sin depender de la memoria del operador ni de referencias visuales imprecisas.

Coordenadas definitivas de la posición aproximada de cada grieta (MAGNA-SIRGAS / Origen Nacional, altura ortométrica, geoide GEOCOL2004):

Grieta	Este (m)	Norte (m)	Altura ortom. (m)
grieta1	4718753,869	2179099,082	1410,3484
grieta2	4718727,304	2179087,292	1410,4698
grieta3	4718740,634	2179061,568	1406,7322
grieta4	4718719,901	2179005,578	1406,3050
grieta5	4718704,275	2178948,649	1408,0976
grieta6	4718772,866	2178954,124	1395,2527
grieta7	4718888,881	2178943,205	1384,3976
grieta8	4718890,739	2178931,077	1383,2429
grieta9	4718891,508	2178926,178	1382,7606
grieta10	4718893,484	2178913,227	1381,7478
grieta11	4718895,016	2178902,995	1380,8032
grieta12	4718896,060	2178895,761	1380,1618

10. Entregables Finales

10.1 Formatos y especificaciones técnicas

- Nube de puntos — intercambio técnico: formato LAS 1.4.
- Mapa / ortomosaico 2D: formato GeoTIFF.
- DEM
- Cartografía levantada DWG con superficie 3D

10.2 Estructura de entrega

De acuerdo con la estructura estándar de entrega de Visión LiDAR S.A.S., el proyecto se organiza en las siguientes nueve (9) carpetas:

N°	Carpeta	Contenido
01	DATOS_GNSS	Archivos RINEX de observación, navegación y resultados de post-proceso (.pos) de todos los puntos de la red
02	CARTERAS_DE_CAMPO	Registro cronológico de las observaciones realizadas en campo
03	HOJAS_DE_CAMPO	Fichas formales por punto de control y por grieta
04	CALCULOS	Ajuste de red LTOP, transformación de coordenadas, corrección geoidal
05	ESQUEMAS	Esquemas gráficos de ubicación de la red y de las grietas
06	DESCRIPCIONES	Fichas descriptivas de cada mojón (monografías)
07	IMAGENES	Registro fotográfico completo de campo
08	INFORME	Este documento y sus anexos
09	INFORMACION_ADICIONAL	Insumos complementarios (formularios, exportes Survey123, etc.)

11. Conclusiones

- Se estableció exitosamente una red geodésica de apoyo compuesta por ocho puntos (Naranjal2, GPS Arma y seis GCP), con coordenadas en calidad FIX en la totalidad de los casos, incluyendo la resolución exitosa de la incidencia de calidad presentada en GCP5 mediante reprocesamiento contra base alterna.

- El ajuste formal de la red en LTOP4GeoSuite fue completado exitosamente, con error medio máximo de 7,5 mm en planimetría y 29,6 mm en altimetría, superando ambas componentes las pruebas estadísticas de tolerancia (Chi-cuadrado, 1σ) — resultado que confirma la solidez geodésica del amarre entre las dos visitas de monitoreo.
- La metodología de testigos locales con flexómetro para la medición de las grietas es independiente de la precisión GNSS, lo cual garantiza que el monitoreo de movimiento real del piso urbano se realice con la máxima precisión posible, mientras que el posicionamiento satelital cumple únicamente la función de relocalización entre visitas.
- El procesamiento de la nube aérea (DJI Terra) y de la nube terrestre SLAM (LiDAR360MLS) fue completado, con un RMSE altimétrico global de 1,95 cm en la nube aérea contra los seis puntos de control — resultado que confirma una excelente precisión vertical del levantamiento.